



Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen, Algérie
Faculté de SNV - Département de Biologie
Master 1 (SAAQ) et Master 2 (AACQ)



Prof. Dr. ZENASNI Mohamed Amine

Procédés de transformation et de conservation

Introduction

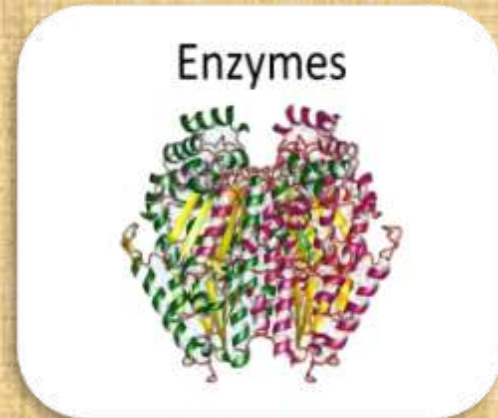
Le **secteur de la transformation et de la conservation des produits agricoles et alimentaires** est un **secteur industriel primordial** dont l'activité touche toute la société,

Les matières premières de cette industrie sont majoritairement des produits végétaux ou animaux. Produits d'origine biologique, ils sont par nature variables, quels que soient les efforts du producteur pour les homogénéiser. Pourtant, l'industriel se doit comme dans tous les autres secteurs de mettre sur le marché des produits ayant des caractéristiques constantes afin de satisfaire les attentes des consommateurs.

Introduction

Ces matières premières sont des denrées périssables. **Leur conservation est le problème majeur que doit résoudre l'industrie alimentaire.** On entend par **conservation le maintien des propriétés chimiques et physiques des aliments**, ce qui permet, en conséquence, la **conservation de leurs propriétés fonctionnelles, nutritionnelles et organoleptiques.**

La détérioration des produits alimentaires est causée par des agents biologiques (petits animaux, micro-organismes, activités enzymatiques de la matière première...), chimiques (contamination), ou physiques (chaleur, rayonnement...)



Techniques de conservations

1. Application de la chaleur

- Cuisson
- Séchage
- Fumage
- Pasteurisation
- Stérilisation
- Appertisation

2. Application du froid

- 2.1. Réfrigération
- 2.2. Congélation et Surgélation
- 2.3. Lyophilisation

3. Méthodes Physiques

- Irradiation
- Ozonisation

4. Méthodes Chimiques

- Salaison
- Acidification
- Autre

Application de la chaleur

Le traitement des aliments par la chaleur (ou traitement thermique) est aujourd'hui la plus importante technique de conservation de longue durée. Il a pour objectif de détruire ou d'inhiber totalement ou partiellement les enzymes et les microorganismes, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer la denrée considérée ou la rendre impropre à l'alimentation humaine.

L'effet d'un traitement thermique est lié au couple temps/température. De manière générale, plus la température est élevée et plus la durée est longue, plus l'effet sera important. Cependant, il faut aussi tenir compte de la résistance thermique des micro-organismes et des enzymes et qui est très variable.

Application de la chaleur

Cuisson

La cuisson est un traitement thermique qui vise à transformer plus ou moins fortement l'aliment pour le rendre assimilable, nourrissant ou plus savoureux.

La cuisson va modifier les qualités organoleptiques de l'aliment (le goût, la saveur, l'aspect, la couleur, la texture, le volume, le poids), sa toxicité et ses qualités nutritives.

La cuisson va aussi améliorer l'hygiène alimentaire : selon les températures atteintes à cœur, la cuisson a un effet pasteurisateur : elle va détruire les microorganismes pathogènes et les parasites présents dans l'aliment.

Il s'agit d'une opération unitaire très utilisée dans de nombreux process de fabrication.

Il y a d'autres techniques de cuisson telles que les procédés infra-rouge, micro-onde et enfin la cuisson extrusion.

Application de la chaleur

Cuisson

But

- **Transformer et ramollir les aliments** afin de les rendre aisément absorbables et plus facilement assimilables. Elle constitue une pré-digestion.
- **Développer, réduire ou transformer leurs principes odorants** pour les rendre plus appétissants et plus agréables au goût.
- **Extraire les sucs et saveurs des substances alimentaires** ou les concentrer.
- **Détruire les propriétés nocives de certains aliments** (parasites, acides, éthers, agents de décompositions, microbes, ferments) qui pourrait les altérer.

Application de la chaleur

Cuisson

Moyens

- 1 - Exposition à une chaleur sèche ou humide
- 2 - En immersion avec un liquide ou un corps gras
- 3 - Par une combinaison des deux moyens précédents

Application de la chaleur

Cuisson

Températures à retenir

100°C

↳ Hydrolyse de la cellulose

90°C

↳ Cuisson des légumes

↳ Hydrolyse des pectines

↳ Solubilisation et hydrolyse de l'amidon

80°C

70°C

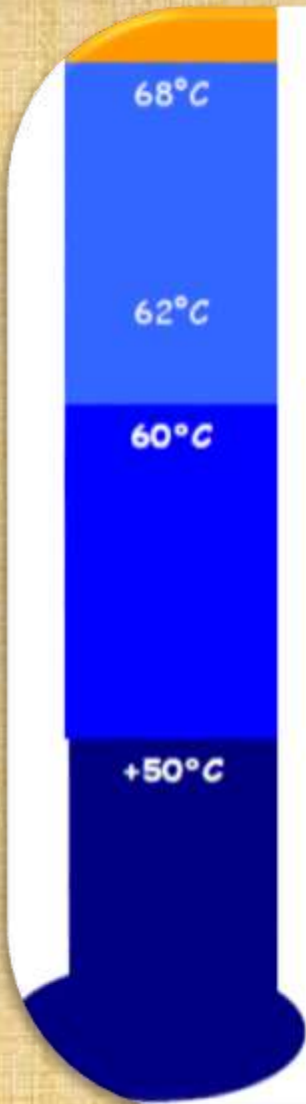
↳ Dénaturation des protéines myofibrillaires
Perte du pouvoir de rétention d'eau

JUTEUX

Application de la chaleur

Cuisson

Températures à retenir



☞ Cuisson : - Viandes braisées, bouillies, viandes blanches rôties

☞ Dénaturation des protéines sarcoplasmiques

MI-CUIT

☞ Cuisson : - Viandes rouges rôties, grillées
- Poissons rosés à l'arête

CRU

☞ Début de la destruction des formes végétatives des bactéries

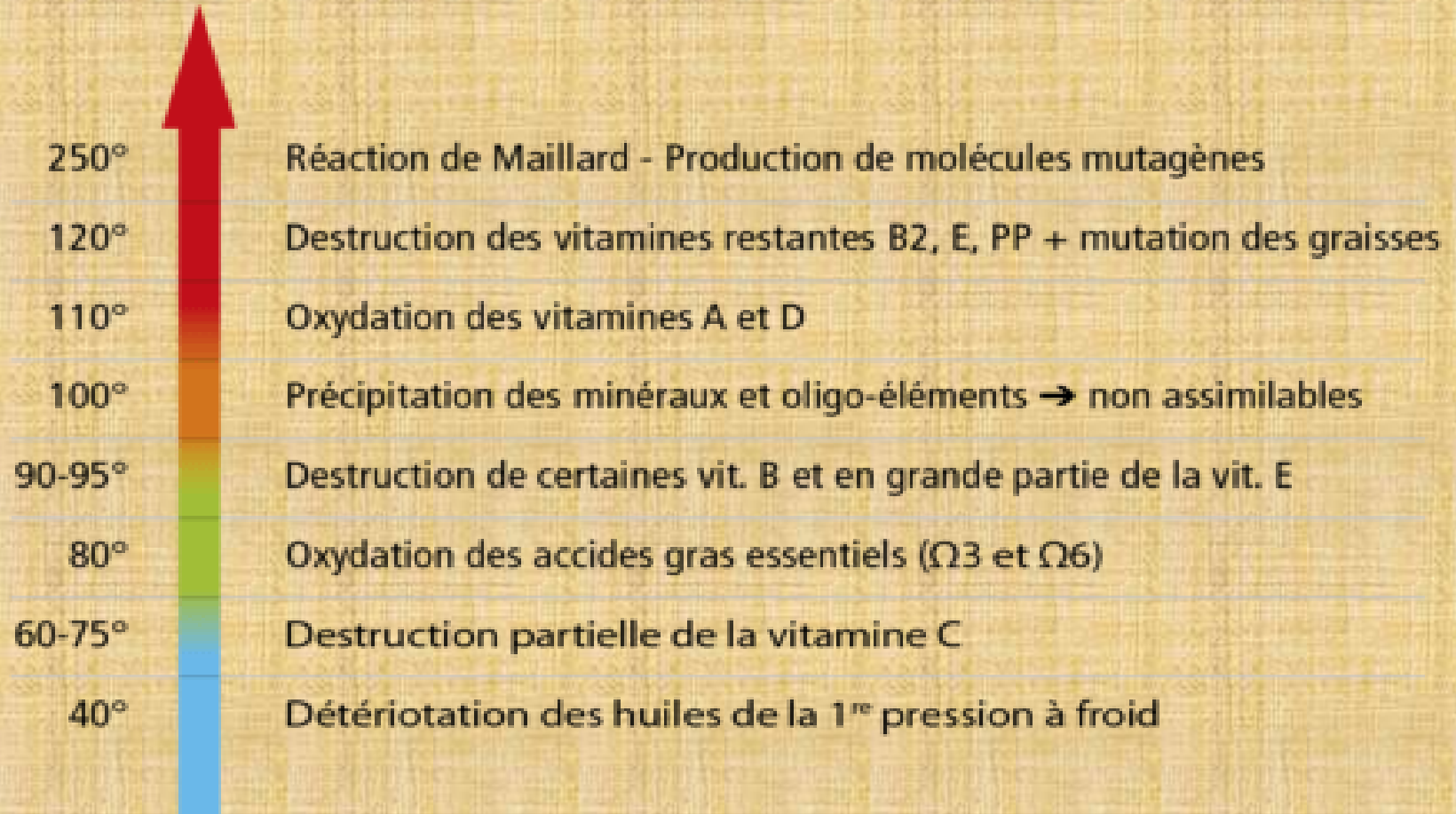
DANGER

CROISSANCE MICROBIENNE REVIVIFICATION DES SPORES

Application de la chaleur

Cuisson

Températures à retenir



Application de la chaleur

Combinées

Cuisson

Avec
brunissement

Brunissement
de surface des
aliments :

- Température élevée
- Coagulation des protéines en surface.

Rôtir, sauter, griller, frire, poêler
Cuisson moderne : Wok, plancha, salamandre

Sans
brunissement
départ à chaud

Le but culinaire est une coagulation de surface et une modification de la texture sans brunissement.

Pocher – départ dans un liquide bouillant, cuisson à l'anglaise, cuisson vapeur, en papillote, sous-vide

Sans
brunissement
départ à froid

Echange de saveurs important entre l'aliment traité et le milieu dans lequel il cuit sans brunissement de surface.

Un seul mode de cuisson : La cuisson dans un liquide départ à froid

Combinaison entre une cuisson avec brunissement suivie d'une cuisson départ à froid. Dans un premier temps on recherche le maximum de brunissement et dans un deuxième temps on mouillera avec un liquide.

Rissolage des aliments, puis mouillement par un liquide froid : Ragoût, braiser

Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
GRILLER	Exposer un aliment à la chaleur des radiations directes ou indirectes d'un foyer	<ul style="list-style-type: none">➤ Mariner➤ Enrober les denrées d'un corps gras➤ Quadriller➤ Finir au four pour les pièces épaisses



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
ROTIR	<p>Cuire un aliment sans eau par chaleur directe</p> <p>Obscure : Fours</p> <p>Rayonnante : Broche</p>	<p>Muscles de 1ère catégorie</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Barder ou Piquer ou Larder➤ Introduire l'aliment enrobé de matière grasse dans une atmosphère chaude➤ Assaisonner pendant la cuisson➤ Arroser pendant la cuisson➤ Confectionner un jus avec sucs de cuisson➤ Laisser reposer la pièce rôtie le même temps que la cuisson a duré.



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
SAUTER	<p>Cuire des petites pièces dans un récipient avec un corps gras.</p> <p>Sur une plaque : Plancha marinées avant</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Mettre l'aliment à sauter dans un corps gras chaud.➤ Possible de fariner auparavant➤ Saler au moment de cuire➤ Ne jamais mouiller➤ Possible finir avec un ½ couvercle ou au four si pièce épaisse.



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
POELER	Cuire dans un récipient à couvert avec un corps gras et une garniture aromatique	<ul style="list-style-type: none">➤ Garnir le fond d'un récipient avec une garniture aromatique➤ La taille est fonction du temps de cuisson (grosceur et nature de la pièce)➤ Poser l'aliment rissolé ou non sur la GA riche en eau (tomates) et parures arroser de matière grasse couvrir.➤ Oter le couvercle en fin de cuisson pour la coloration.➤ Confectionner un fond de poêlage sans dégraisser au préalable mais après le déglacage.➤ Glacer la pièce sur grille sur la porte du four.



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
BRAISER RAGOUT	Cuire longuement des aliments en alternant un rissolage + ou – poussé suivit d'un mouillement. Ragoût = Petits morceaux Braiser = pièce entière	<ul style="list-style-type: none">➤ Mariner les pièces quelques jours avant avec G.A. plus liquide généralement vins➤ Rissoler les pièces puis la GA➤ Singer➤ Mouiller avec marinade réduite + fond➤ Couvrir hermétiquement➤ Cuire longuement au four.➤ Confectionner fond de braisage➤ Glacer la pièce sur la porte du four.



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
FRIRE	Cuire un aliment en l'immergeant dans un corps gras chaud	<ul style="list-style-type: none">➤ Mariner rapidement les aliments ou les tremper au lait ou les envelopper d'une pâte ou les fariner au préalable. Immerger dans le corps gras chaud 160 à 180°C➤ Eponger➤ Dresser sur papier ou serviette avec du persil frit



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
POCHER	Les aliments subissent l'action de la chaleur par l'intermédiaire d'un liquide chaud ou froid au départ	Suivant le but recherché plonger l'aliment dans un liquide neutre ou aromatisé chaud ou froid.



Application de la chaleur

Cuisson

Type de Cuisson	Définition	Techniques
VAPEUR	Les aliments sont cuits à basse pression entre 60° et 100°C ou en haute pression 120°C	Placer les aliments dans les récipients adéquats et saler assez fortement car la cuisson à la vapeur dessale énormément.



Application de la chaleur

Fumage

Cette opération consiste à soumettre une denrée alimentaire à l'action des composés gazeux qui se dégagent lors de la combustion de végétaux. Le fumage permet de conserver les viandes et poissons grâce à l'action combinée de la dessiccation sous l'effet de la chaleur, et des antiseptiques contenus dans la fumée. Il donne aux denrées ainsi traitées un goût de feu de bois.



Application de la chaleur

Fumage

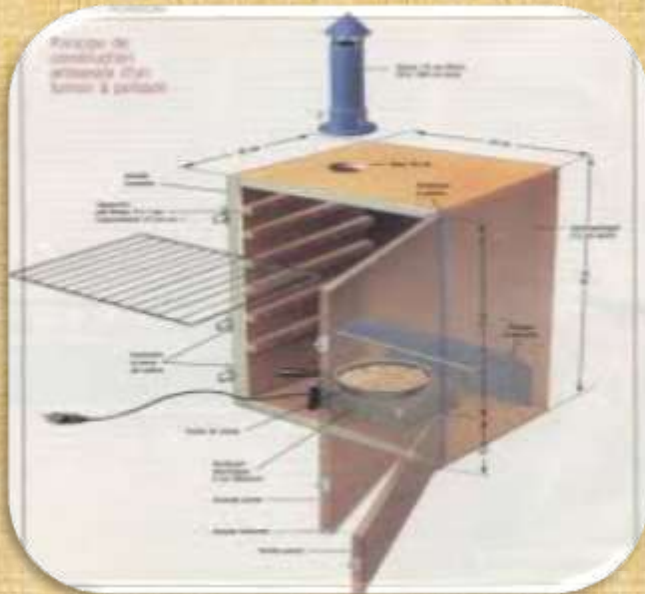
- Le fumage ou fumaison consiste à soumettre la viande à l'action directe ou indirecte de la fumée issue de la combustion de certains végétaux ou bois
- La méthode de fumage la plus simple consiste à traiter la viande au dessus d'un feu ouvert.
- Les particules de fumée ont un effet favorable sur la saveur et la couleur du produit
- Cette pratique comporte un triple avantage: séchage partiel, conservation due aux composés phénoliques de la fumée et empêchement de l'infestation par les insectes.
- Les morceaux de viande doivent avoir une **faible épaisseur** (inférieure à 2 cm), pour assurer un fumage à coeur. • Avant le fumage, la viande est parfois salée. C'est le **séchage et la cuisson du produit pendant le fumage qui jouent le principal rôle de conservation**

Application de la chaleur

Fumage

On distingue différents types de **fumage** :

- le **fumage** à chaud ; les températures élevées ($> 30^{\circ}\text{C}$) conduisent à des produits fumés et cuits.
- le **fumage** traditionnel à froid ($< 30^{\circ}\text{C}$) : le poisson, après **fumage** à une température inférieure à 30°C , reste cru.



Application de la chaleur

Séchage

Le séchage est une des opérations unitaires les plus communes dans l'industrie, tout secteur confondu. Il apparaît sous de multiples techniques, en fonction de la diversité des produits traités.

Devant la diversité des produits à sécher et des procédés industriels, avec chacun leurs contraintes spécifiques, une multiplicité de techniques industrielles de séchage a été développée.

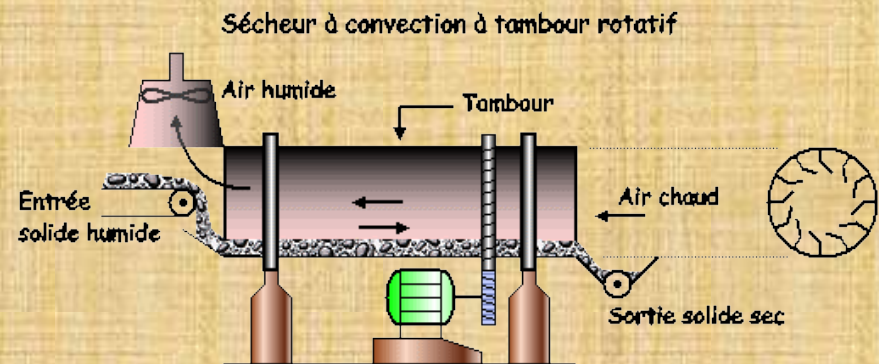
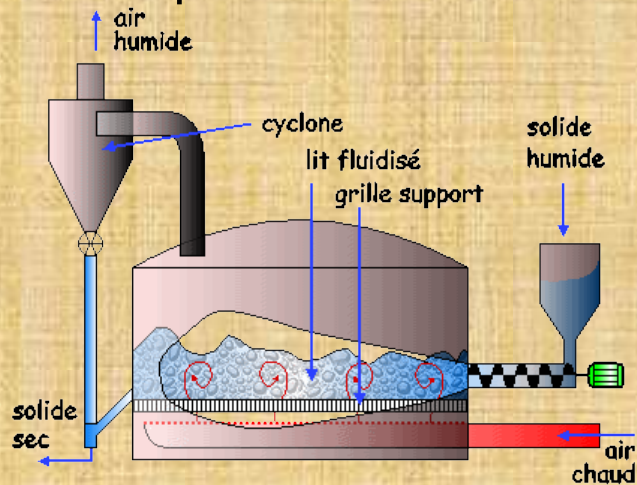
Le procédé de séchage a la particularité d'être l'un des plus forts consommateurs d'énergie, car il s'effectue dans la majorité des cas par voie thermique

Application de la chaleur

Séchage

Le séchage est l'opération ayant pour but **d'éliminer, par évaporation, l'eau d'un corps humide** (solide ou liquide), le produit finale obtenu étant toujours un solide. C'est une opération de formulation plus que de fabrication, et elle intervient à titre d'accessoire au cours de nombreuses opérations: cuisson, torréfaction, congélation, etc).

Deux mécanismes peuvent être mis en œuvre pour extraire par évaporation l'eau d'un produit: **l'ébullition et l'entraînement**.



Application de la chaleur

Séchage

Séchage par entraînement

Lorsqu'un produit humide est placé dans un courant de gaz (air ou autre gaz) suffisamment chaud et sec, il s'établit un **écart de température et de pression partielle** tel que:

- le gaz apporte au produit une partie de l'énergie nécessaire à la vaporisation;
- l'eau est évaporée sans ébullition sous l'effet du gradient de pression partielle d'eau.

La vapeur d'eau est alors transférée par conduction et convection du produit vers le milieu ambiant et est ensuite entraînée par le gaz.

Application de la chaleur

Séchage

Séchage par ébullition

L'ébullition a lieu lorsque la température du produit est élevée à une valeur telle que la pression de vapeur d'eau de ce produit est égale à la pression totale ambiante: $P_r = P$.

Il découle de cette définition que:

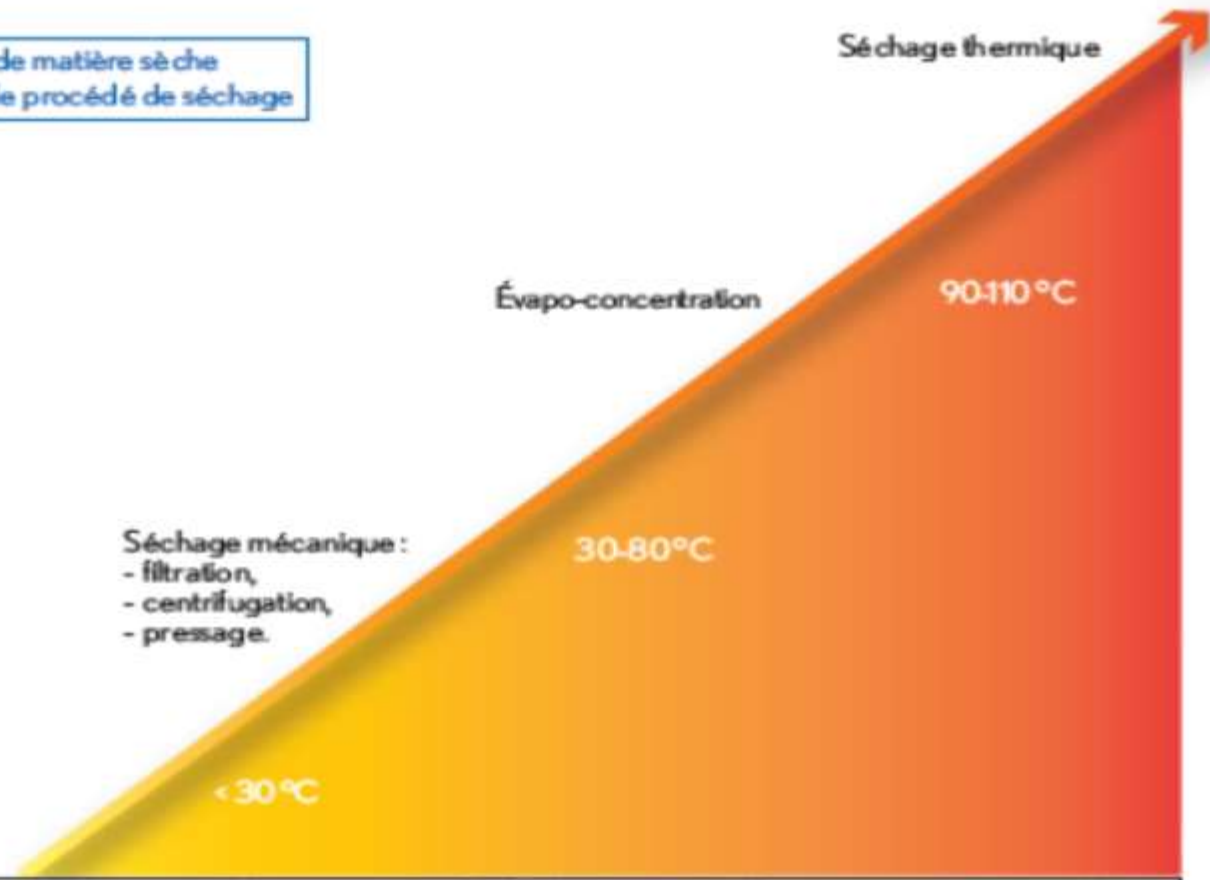
- la température d'ébullition dépend de la pression totale (elle est plus basse sous vide qu'à pression atmosphérique);
- le gaz en contact avec la surface du produit est de la vapeur d'eau pure.

Application de la chaleur

Séchage

Séchage et consommation d'énergie

Le pourcentage de matière sèche augmente selon le procédé de séchage



Séchage mécanique :
- filtration,
- centrifugation,
- pressage.

Grandeurs estimatives :	< Chaleur latente de vaporisation	Chaleur latente Nombre d'effets	2 à 4 x Chaleur latente
-------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-------------------------

Application de la chaleur

Séchage

Avantages du procédé

Le séchage permet:

- de conserver les produits et amortir le caractère saisonnier de certaines activités agricoles ou industrielles.
- de diminuer la masse et le volume des aliments, pour réduire leur encombrement et faciliter leur transport.
- donner une présentation, une structure ou une fonctionnalité particulière au produit (flocons de purée de pomme de terre, café lyophilisé, etc)

Application de la chaleur

Séchage

Inconvénients du procédé

Les deux principaux problèmes techniques attachés au séchage sont:

- le risque d'altération énergétique de la forme, de la texture et des qualités nutritionnelles et organoleptiques du produit;
- la consommation énergétique considérable. On estime que le secteur agroalimentaire consacre 60% de sa consommation d'énergie au séchage.

Application de la chaleur

Séchage

Type de séchoir

Il existe une très grande diversité de séchoir, aussi grande que la diversité des produit à sécher!

Ils peuvent être choisi selon le principe de séchage (entraînement/ébullition), le mode d'apport de la chaleur, le temps de séjour du produit, le mode de manipulation du produit (solide, liquide, pâteux), etc.

Application de la chaleur

Séchage

Type de séchoir



Application de la chaleur

Séchage

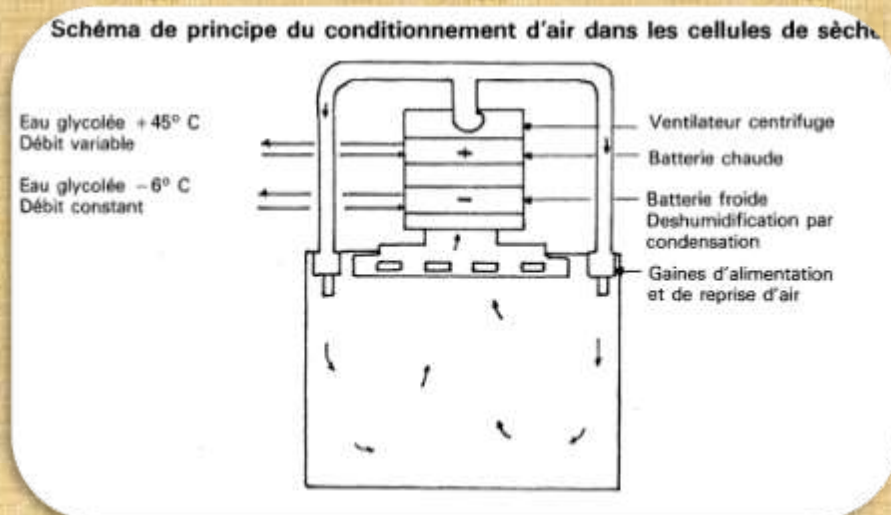
Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs

Etuve:

Température: <math><70-80^{\circ}\text{C}</math>

Temps de séjour: 30min à qq.heure, voire qq.jours

Applications: Fruits, légumes, viandes et poissons.



Application de la chaleur

Séchage

Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs

Tapis:

Température: 30 à 250°C, refroidissement en fin de séchage

Temps de séjour: qq. secondes à qq.heures

Applications: Fruits & légumes, herbes et plantes médicinales, biscuits



Application de la chaleur

Séchage

Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs

Tambour rotatif:

Température: 600 à 900°C

Temps de séjour: 10 à 60min

Applications: Pulpe de betterave, fibres de maïs, sucre, pâtes alimentaires (autres que spaghettis).



Application de la chaleur

Séchage

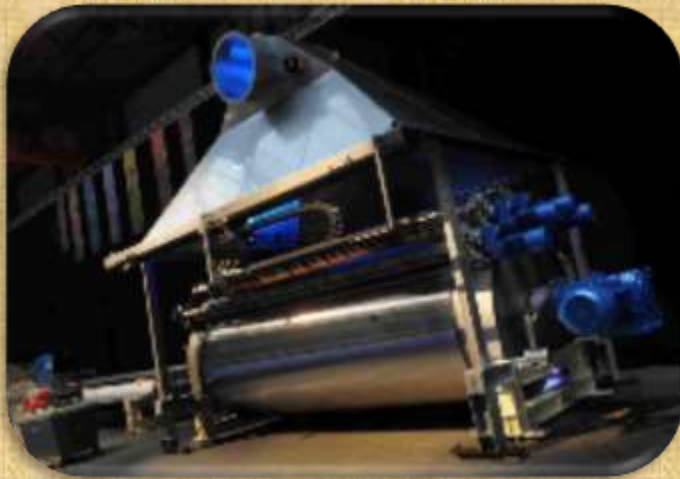
Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs

Cylindre chauffant:

Température 100 à 180°C

Temps de séjour: 3 à 30s

Applications: Flocons de pomme de terre, farines infantiles, soupes.



Application de la chaleur

Séchage

Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs

Silo vertical:

Température: 30 à 90°C

Temps de séjour: 6h à 4jours

Applications: Maïs, blé tendre, orge, riz, pois, protéagineux.



Application de la chaleur

Séchage

Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs

Séchage au soleil:

Le séchage au soleil s'est largement développé dans les zones arides ou semi-arides qui présentent des conditions climatiques optimales : une saison sèche avec un fort ensoleillement, une faible pluviométrie, une hygrométrie peu élevée.



Application de la chaleur

Pasteurisation

Cette technique consiste à chauffer le produit à des températures un peu inférieures à 100°C (en général 70 à 80°C selon les bactéries) puis à le refroidir rapidement. La chaleur importante permet de détruire une grande partie des bactéries. Il en reste cependant quelques-unes ayant résisté sous forme de spores. Le fait de ne pas chauffer à des températures trop élevées permet de ne pas altérer les arômes et la qualité gustative du produit, et de ne pas dénaturer totalement les protéines qu'il contient. Enfin, il est important de réfrigérer (à environ 4°C) le produit pasteurisé afin d'éviter la multiplication des bactéries qui n'auraient pas été détruites.



Application de la chaleur

Pasteurisation

La Pasteurisation n'élimine donc pas tous les germes mais permet tout de même une **conservation plus longue de l'aliment**. Ce dernier a donc une Date Limite de Consommation (DLC).

La pasteurisation est une technique utilisée très fréquemment en agroalimentaire. L'objectif est d'allonger de façon significative la durée de conservation des aliments. La pasteurisation **réduit au maximum les activités biologiques d'un produit tout en évitant de modifier ses caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles**.

Application de la chaleur

Pasteurisation

PASTEURISATEURS



Conception & fonctionnement

Application de la chaleur

Pasteurisation

Quels sont les aliments concernés par la pasteurisation ?

La pasteurisation peut être effectuée pour assurer la bonne conservation :

- des confitures et compotes ;
- du miel ;
- du cidre ;
- des jus de fruits et notamment les jus de pommes ;
- des fruits en sirops et des concentrés de légumes ;
- de certaines viandes.

Le lait fait partie des denrées alimentaires les plus concernées par les principes de pasteurisation et de stérilisation. Il est ainsi possible de consommer du lait pasteurisé, également appelé lait UHT, du lait pasteurisé ou encore du lait biologique n'ayant subi aucune transformation par la chaleur.

Application de la chaleur

Stérilisation (ou appertisation)

Contrairement à la Pasteurisation, la stérilisation est une technique visant à éliminer toute forme microbienne vivante, y compris les spores, grâce à des températures supérieures à 100°C (120°C en moyenne).

Ces températures sont beaucoup plus élevées que pour la Pasteurisation, la valeur nutritive et le goût du produit sont donc susceptibles d'être altérés.

Il est alors important de choisir un traitement adapté selon la sensibilité du produit.

Application de la chaleur

Stérilisation (ou appertisation)

La stérilisation d'un aliment ne suffit pas, à elle seule, pour sa conservation à long terme. Pour en remédier, on procède à la stérilisation du contenant (récipient) et du contenu (le produit alimentaire).

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**.

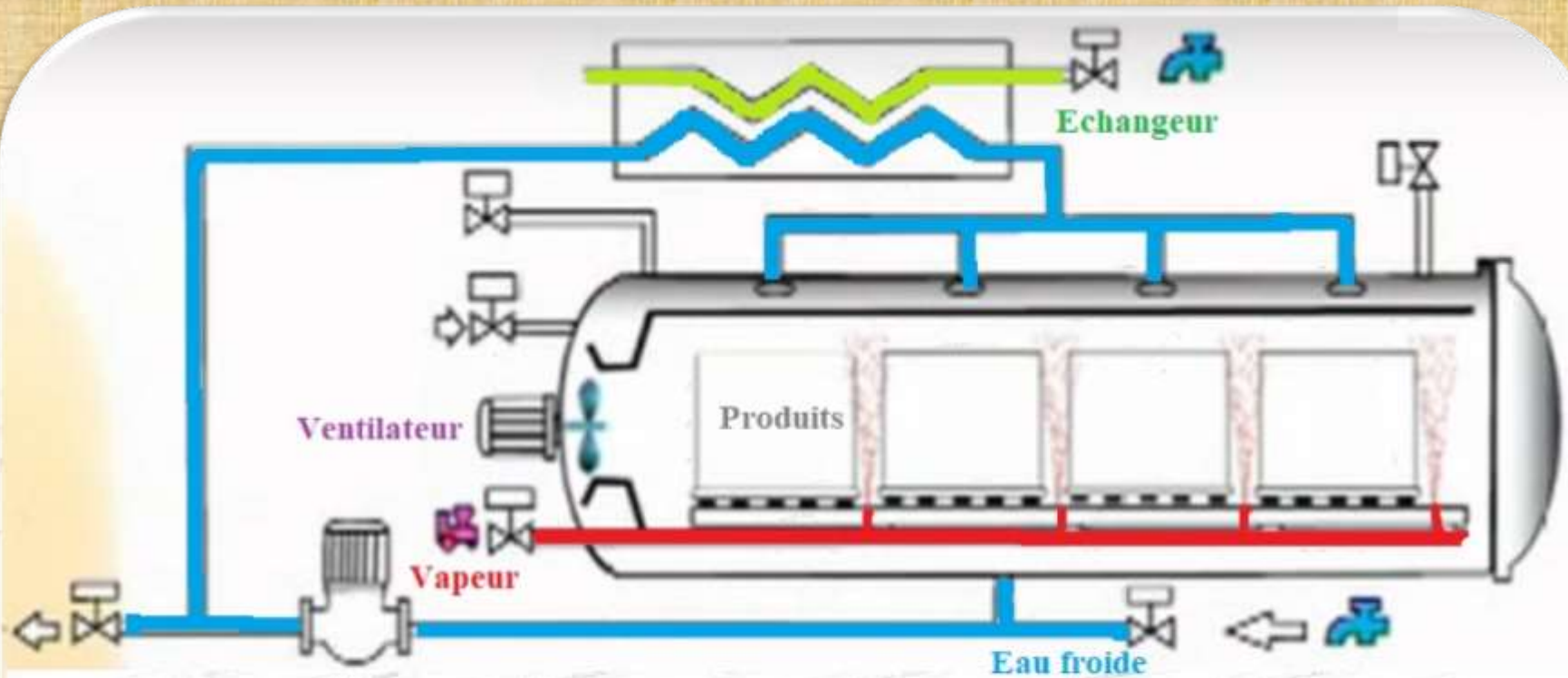
Application de la chaleur

Stérilisation (ou appertisation)



Application de la chaleur

Stérilisation (ou appertisation)



Vapeur: injection de vapeur pour le chauffage et le maintien en température

Eau froide : circulation et pulvérisation d'eau pour le refroidissement

Echangeur: échangeur de chaleur réfrigérant pour la phase de refroidissement

Principe de fonctionnement de l'autoclave vapeur LAGARDE

Application de la chaleur

Stérilisation (ou appertisation)



Application de la chaleur

Traitement UHT

Le traitement à UHT (« **ultra haute température** ») est une méthode de conservation consistant à **chauffer instantanément le produit à une température très élevée (en général 140 à 150°C) pendant 1 à 5 secondes, puis à le refroidir tout aussi rapidement.**

Ce procédé, **qui est une stérilisation**, tue tous les micro-organismes.

La courte durée du traitement permet de **n'altérer que faiblement le goût et la valeur nutritive du produit.** Le lait est le principal produit qui est conservé par un traitement à UHT.

Application du 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°C . Certains, tels que les bactéries coliformes, sont même inactivés.



Application du froid

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°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.

Application du froid

Réfrigération

Il existe trois règles fondamentales à respecter dans l'application de froid:

- La réfrigération doit s'appliquer à des aliments sains au départ.



- Le refroidissement doit être fait le plus tôt possible.



- La réfrigération doit être continue tout au long de la filière de distribution: la chaîne de froid ne doit pas être interrompue



Application du froid

Congélation

La congélation est une technique qui consiste à abaisser lentement (jusqu'à 24h) la température transformant l'eau contenu dans les produits en gros cristaux de glace. Cette technique est utilisée par les particuliers pour conserver leurs denrées au congélateur

Inconvénients : Les arêtes des cristaux finissent par perforer la paroi cellulaire des aliments. Une partie de l'eau et des arômes les plus volatiles s'évapore. La désorganisation des tissus structurels peut conduire à des réactions enzymatiques et non enzymatiques qui altèrent la texture et la saveur des produits. Ils ont tendance à se dessécher.



Application du froid

Surgélation

La surgélation est une technique industrielle qui consiste à refroidir rapidement et brutalement (quelques minutes à une heure) des aliments en les exposant intensément à des températures allant de -30°C à -50°C , jusqu'à ce que la température à cœur du produit atteigne les -18°C .

Grâce à ce procédé, l'eau contenue dans les cellules se cristallise finement limitant ainsi la destruction cellulaire et empêchant la prolifération de microorganismes qui sont mis en sommeil à basse température.

Les produits ainsi traités conservent leur fraîcheur, leur texture, leur saveur tout en figeant l'essentiel des nutriments et vitamines.

Application du froid

Surgélation

Pour garantir une efficacité optimum, les équipements de surgélation (surgélateurs, cellules de surgélation à plaques ou chariots et tunnels de surgélation), doivent donc être dimensionnés en fonction des aliments à surgeler. Il est donc indispensable de respecter la capacité de surgélation indiquée sur la fiche technique de l'appareil de surgélation.



Application du froid

Surgélation

Tunnels de surgélation



Application du froid

Congélation et Surgélation

CONGÉLATION

l'eau contenu dans les produits se transforme en **gros cristaux de glace**.

Les arêtes des cristaux finissent par perforer la paroi cellulaire des aliments. La désorganisation des tissus structurels peut conduire à des réactions enzymatiques et non enzymatiques qui altèrent la texture et la saveur des produits. Ils ont tendance à se dessécher.

SURGÉLATION

l'eau contenue dans les cellules se cristallise finement limitant ainsi la destruction cellulaire et empêchant la prolifération de micro-organismes qui sont mis en sommeil à basse température.

Les produits ainsi traités conservent leur fraîcheur, leur texture, leur saveur tout en figeant l'essentiel des nutriments et vitamines.

Produit frais



Surgélation



Congélation



Résultat après décongélation

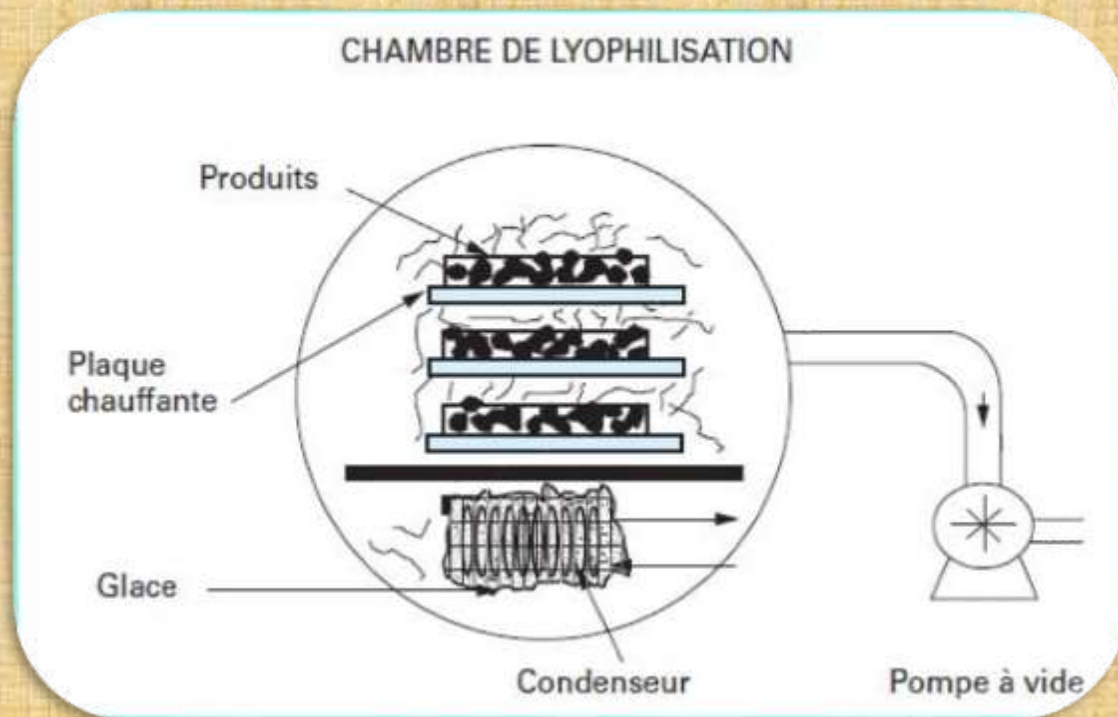


Application du froid

Lyophilisation

La **lyophilisation**, autrefois appelée **cryodessiccation**, est un procédé de séchage à froid permettant de retirer l'eau contenue dans un produit.

Ce procédé est notamment utilisé par l'industrie agro-alimentaire pour la conservation du café, des herbes et aromates ou encore des soupes instantanées.



Application du froid

Lyophilisation

Principe de la lyophilisation

- **La congélation.** Les produits sont réfrigérés et l'eau est transformée en glace.
- **Le séchage primaire ou sublimation ou lyophilisation.** Consiste à sublimer la glace interstitielle. Il provoque l'évaporation de la vapeur d'eau qui est fixée sur un serpentín qui a une température comprise entre -60° et -70°C .
- **Le séchage secondaire.** Est une opération de chauffage où la température maximum est de $+50^{\circ}\text{C}$.

Cette technique de lyophilisation nous permet d'obtenir des produits déshydratés avec un taux humidité très bas (compris entre 1 et 5 %). Le fonctionnement des lyophilisateurs s'effectue en deux phases très importantes :

- **La congélation** : cette phase doit permettre de bloquer l'eau sous forme de glace solide et non sous forme de glace en petits cristaux.
- **Le vide** : la qualité du vide est la phase la plus importante de la lyophilisation. Les lyophilisateurs doivent être parfaitement étanches (structures, valvules, etc). Les pompes à vide doivent avoir un débit d'air suffisant pour maintenir un vide parfait.

Application du froid

Lyophilisation



Application du froid

Lyophilisation



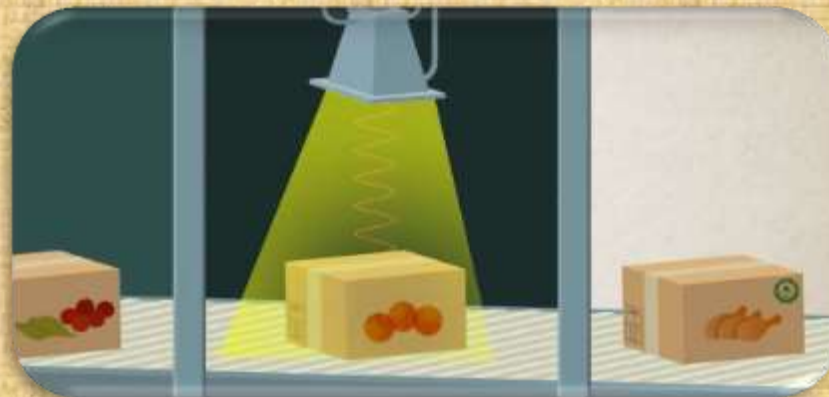
Le café fraîchement filtré et concentré est surgelé, concassé en granulés et lentement séché sous vide.

Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

L'irradiation a les mêmes objectifs que les autres méthodes de traitement des aliments, à savoir la réduction des pertes dues à l'avarie et à la détérioration et la lutte contre les microbes et autres microorganismes responsables de taxi-infections alimentaires.

Mais les techniques et l'appareillage employés pour l'irradiation des aliments, les normes à respecter en matière de santé et de sécurité et divers autres problèmes particuliers à ce mode de traitement en font une technique à part.



Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

Un rayonnement est dit ionisant s'il possède une énergie suffisante pour créer des ions au sein de la matière irradiée.

L'atome ou la molécule en perdant ou en gagnant des charges n'est plus neutre électriquement, l'atome est alors transformé en ion (positif), c'est l'ionisation.

L'ionisation entraîne une absorption d'énergie qui induit une rupture des liaisons atomiques ou moléculaires.

Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

La ionisation permet :

- L'augmentation de la durée de conservation par le ralentissement de la maturation, de la germination, par réduction du nombre de microorganismes responsables de détériorations
- L'élimination des insectes nuisibles dans les denrées stockées
- L'assainissement bactérien par destruction des microorganismes pathogènes.

C'est un procédé continu et sûr qui permet de traiter un aliment dans son emballage final même si celui-ci est étanche

Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation



Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

La matière est composée d'atomes qui se composent d'un noyau et d'un nuage électronique. Il faut apporter une énergie suffisante pour arracher un électron

Deux procédés de rayonnement sont utilisés :

- Le rayonnement par radio éléments:
 - ❖ irradiation par rayon gamma du cobalt-60 ou du césium-137.
 - ❖ irradiation par rayons X
- Le rayonnement par accélérateur de particules : irradiation par électrons accélérés

L'énergie des rayonnements ionisants doit être suffisamment importante pour posséder un pouvoir de pénétration raisonnable, mais doit rester en dessous des limites d'activation : afin d'éviter d'induire dans le matériau rencontré le phénomène de radioactivité.

La dose d'irradiation ou de ionisation est la quantité d'énergie absorbée par la masse de l'aliment. L'unité officielle de dose est le gray : 1 gray absorbe une énergie de 1 joule par kg

Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

PROCEDE –DOSE

ANTIGERMINATION : inhibition de la germination des bulbes et tubercules

0.05-0.15 kGy

DESINSECTISATION : élimination des insectes qui détruisent les céréales, les fruits et légumes ainsi que certains vers parasites des viandes (*Trichinella spiralis*)

0.15-3 kGy

DESTRUCTION DES PARASITES

1-3 kGy

MATURATION DIFFEREE : amélioration de la qualité et allongement de la durée de conservation des fruits et légumes frais, des poissons frais par ralentissement du processus de décomposition

1-3 kGy

HYGIENISATION (destruction des micro-organismes pathogènes)

PASTEURISATION

2 à 5 kGy **RADURISATION**

conservation des viandes prédécoupées, poissons et crustacés

5 à 10 kGy **RADICIDATION**

traitement des charcuteries, semi-conserves, plats cuisinés, épices, aromates....

STERILISATION RADAPPERTISATION (stérilisation industrielle)

10-50 kGy

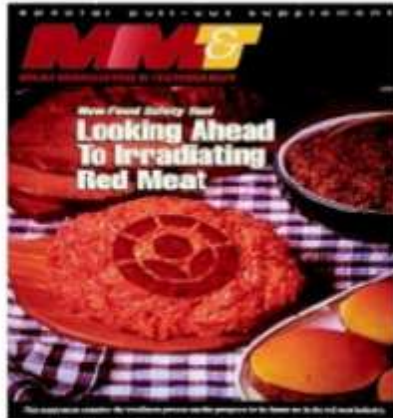
Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

IRRADIATION DES ALIMENTS



Irradiated fresh fruits and vegetables on sale in USA.



Courtesy of Meat Marketing & Technology Magazine



Most commonly used food packaging materials are suitable for irradiated fish.



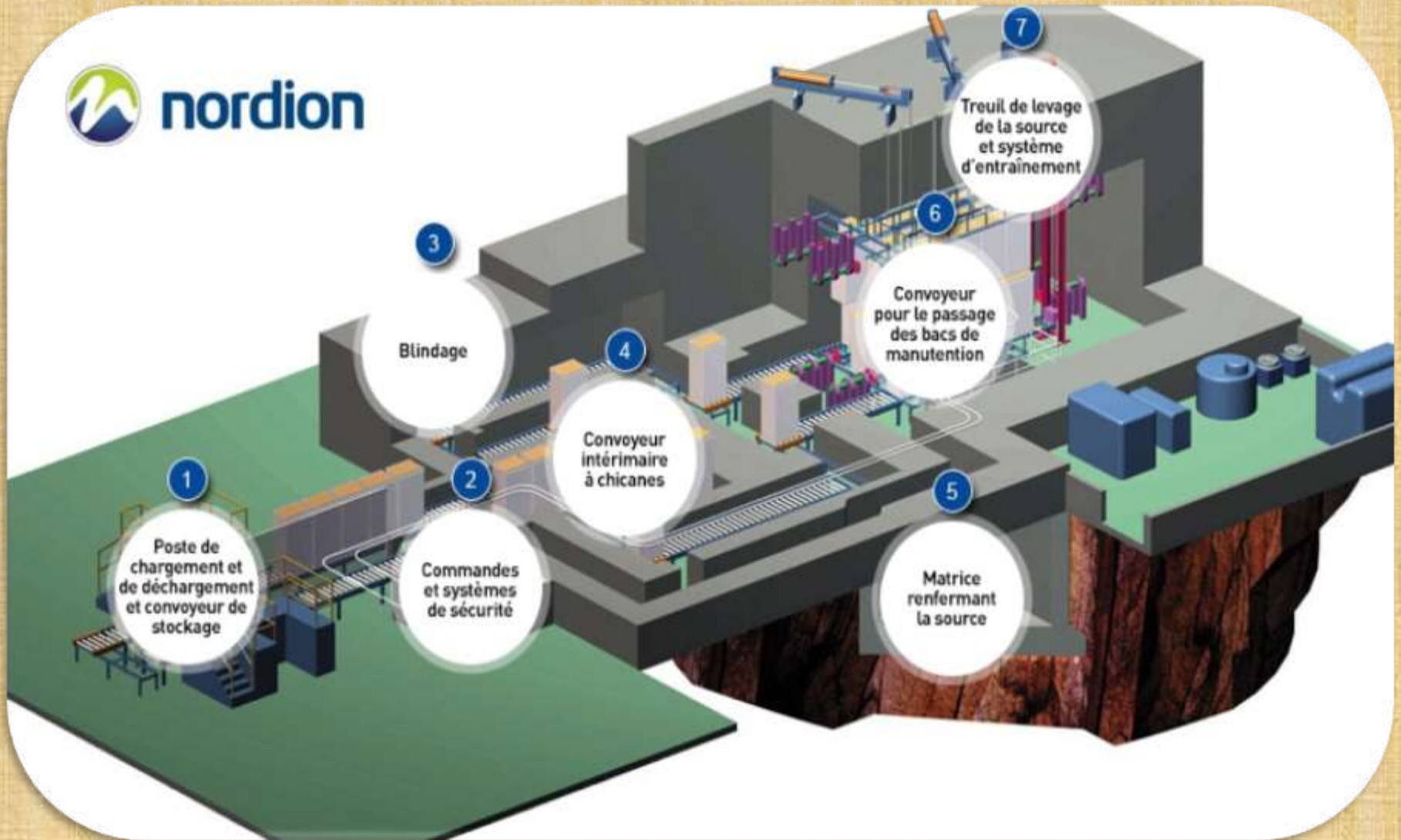
alamy stock photo



alamy stock photo

Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation



Méthodes physiques

Irradiation ou Ionisation

Pertes en vitamines

Irradiation des aliments



Pommes de terre

40% de
vitamine C



Pommes

70% de
vitamine C



Viande

60% de
vitamine E



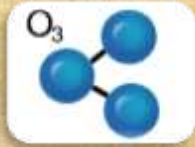
Lait

100% de
vitamine E



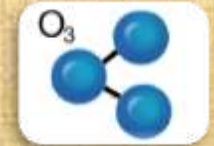
Céréales

50-70% de
vitamine A
20-70% de
vitamine B₁



Méthodes physiques

Ozonisation



Il y a dans l'industrie alimentaire un grand intérêt pour l'utilisation de l'ozone de manière à améliorer le stockage de produits alimentaires tels que fruits, légumes, fleurs, viande, poisson, fromage, etc.

Les applications les plus fréquentes de l'ozone dans l'industrie agro-alimentaire sont :

- Extension de de la durée maximum de stockage (conservation)
- Contrôle de germes pathogènes (désinfection)
- Ralentissement du processus de maturation des fruits et des légumes

Le plus souvent, l'ozone est utilisé pour remplacer le chlore. L'ozone est un oxydant fort, qui ne laisse aucun reste ou dérivé nuisible et il agit sur une large gamme de micro-organismes.

Méthodes physiques

Ozonisation



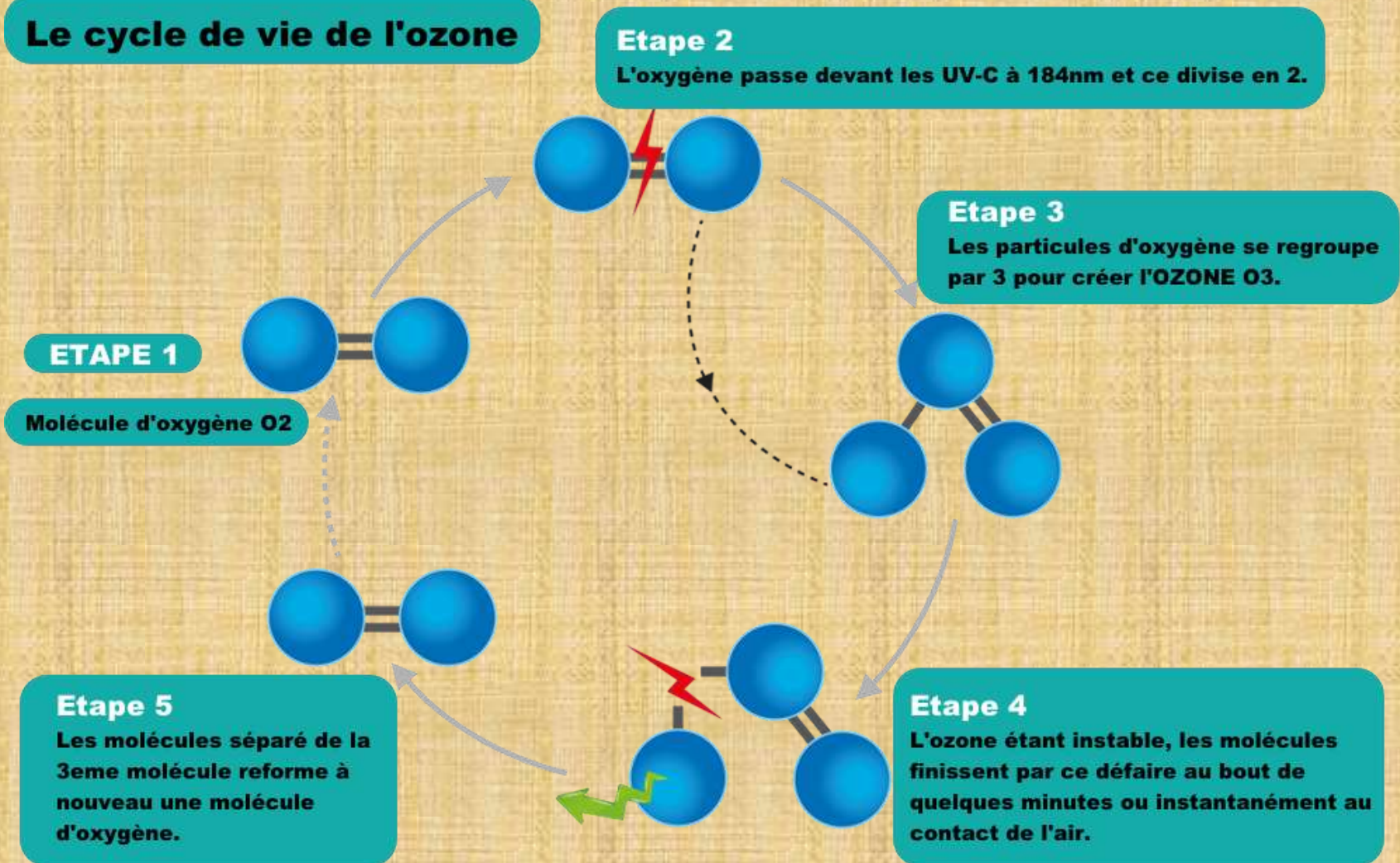
Les concentrations de l'ozone typiques utilisées pour le traitement d'aliments par l'air ambiant, comme par exemple dans des chambres froides, sont de l'ordre de 2 à 7 ppm.

Les niveaux élevés d'ozone peuvent abîmer des fruits avec des taches noires, etc.

Méthodes physiques

Ozonisation

Le cycle de vie de l'ozone



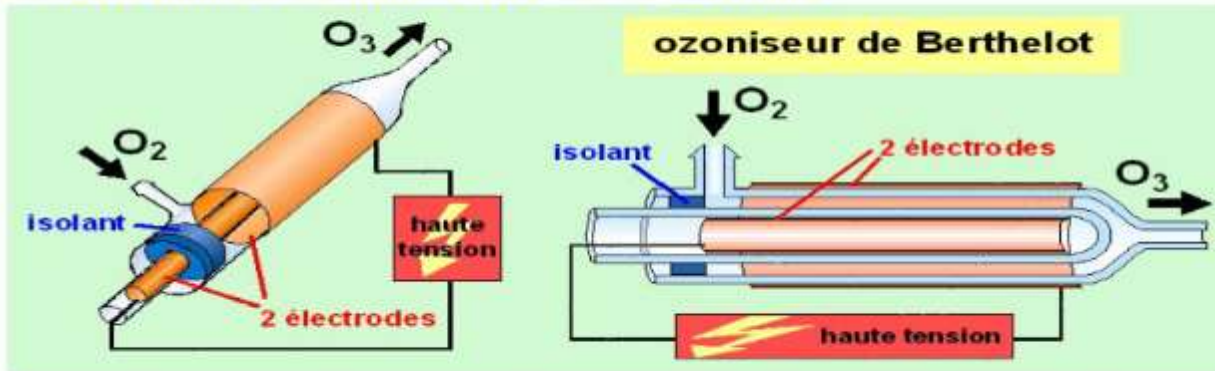
Méthodes physiques

Ozonisation

La seule technique permettant la production d'**ozone** en quantité industrielle ($> 2 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$) est la décharge électrique de type décharge couronne (corona) dans un gaz sec contenant de l'oxygène.

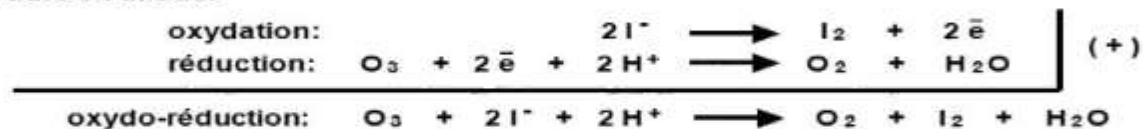
Préparation de O_3 au laboratoire

Passage d'effluves électriques à travers le dioxygène



Mise en évidence de l'ozone:

On fait barboter le gaz à travers une solution d'iodure de potassium (KI) acidulée et additionnée d'empois d'amidon: la solution se colore en bleu par oxydation de l'anion iodure en diiode.



Méthodes Chimiques

Salaison

le salage ou **salaison** : la **conservation** de l'aliment se fait à l'aide d'un sel sec. On répand directement du sel sur la surface de l'aliment (salage à sec). Pour obtenir une bonne déshydratation et ainsi empêcher le développement de bactéries il faut compter environ 15 % de sel selon le poids du produit à traiter.



Méthodes Chimiques

Salaison

- l'incorporation de sel, associé à d'autres ingrédients, dans la viande. Généralement suivi d'un séchage, d'un fumage ou d'une cuisson;
- Le salage à sec est pratiqué en frottant la viande avec du sel. La viande est découpée en lamelles; celles-ci sont empilées en intercalant une couche de sel entre deux lamelles. La pile est défaits et refaits périodiquement en renouvelant les couches de sel et en retournant les tranches de viande, de façon à remonter celles qui étaient au fond.
- Au sel sec, on ajoute parfois des épices séchées.
- Le salage provoque la stabilité microbienne en empêchant leur prolifération.
- Valoriser la qualité en utilisant le sel iode

Méthodes Chimiques

Salaison

- Contrairement au salage à sec, le saumurage consiste à tremper la viande dans une saumure composée d'eau, de sel et de divers ingrédients,
- La durée du séchage est variable selon l'épaisseur des tranches de viande, le mode de salage (à sec ou par saumurage), la concentration et la température de la saumure ou du local.
- C'est souvent l'expérience qui détermine le degré d'imprégnation de la viande et donc le temps d'arrêt du salage.
- Le salage permet notamment de freiner pendant le séchage le développement des micro-organismes à la surface du produit et d'éloigner les insectes et autres parasites
- Effets positifs, à la fois sur les qualités organoleptiques, hygiéniques et nutritionnelles de la viande et de ses dérivés (goût, effet bactériologique et solubilité des protéines musculaires)

Méthodes Chimiques

Salaison



Méthodes Chimiques

Acidification

La fermentation est la transformation naturelle d'un ou plusieurs ingrédients alimentaires sous l'action de levures, ou de bactéries. Les plus importantes transformations de denrées alimentaires par la fermentation sont au nombre de trois ; la fermentation alcoolique (vin), la fermentation lactique (choucroute, cornichons, fromages) et la fermentation acétique (vinaigre).

Méthodes Chimiques

Acidification

Les bactéries se multiplient bien vers pH 7. Chaque bactérie a un pH optimal (entre 4.5 et 9).

Même les pathogènes relativement acido-tolérants (Staphylocoques et Listeria, pH minimum de croissance 4.3), poussent très mal sous pH 4.5. Les bactéries lactiques, non pathogènes, ont un pH optimal de 5.

La réglementation dit que **Les aliments acides pH < 4.5 sont stables** (ou considérés comme tels : pas de croissance bactérienne). Les moisissures (pH 1.5 à 10) et les levures (pH 2 à 9) ont des pH optimaux plus bas que les bactéries: les aliments acides moisissent facilement (pensez aux oranges)