

## 1. Opération unitaire

Toute opération unique de nature physique commune à plusieurs procédés. Chaque opération unitaire est basée sur des propriétés physiques définies.

En plus des opérations unitaires «de nature physique», les opérations chimiques et biochimiques sont également importantes dans la transformation de plusieurs aliments... Il s'agit des :

- Réactions enzymatiques et des fermentations
- Additions chimiques (conservateurs, arômes, colorants, etc.).

## 2. Les opérations unitaires utilisées dans les procédés industriels

Six opérations unitaires utilisées généralement dans les procédés industriels : Mélange, Séparation, Transfert de chaleur, Transfert de matière, Ajustement de la taille, Ecoulement.

### 2.1. Le mélange

Production d'une masse homogène à partir de deux composants ou plus. Deux objectifs principaux du mélange sont l'incorporation d'ingrédients et le transfert de chaleur.

L'efficacité du mélange dépend entre autres de la conception du mélangeur et de la vitesse. Différentes configurations de mélangeurs sont employées selon le but recherché../..

### 2.2. Le Transfert de chaleur

Mouvement d'énergie sous forme de chaleur à partir ou vers un produit

#### 2.2.1. Les facteurs influençant le transfert de chaleur

Conception de l'échangeur de chaleur

Propriétés de transfert de la chaleur du produit (conductivité thermique)

Densité

Méthode du transfert thermique (conduction, Radiation, convection)

Viscosité

#### 2.2.2. Le chauffage est utilisé pour :

- détruire des germes et donner un produit sain ;
- prolonger la durée de conservation par la destruction de certaines enzymes ;
- améliorer l'acceptabilité organoleptique du produit.

#### 2.2.3. Le refroidissement a principalement une fonction de conservation.

### 2.3. Le transfert de matière (ou de masse)

- Le transfert de matière vers ou à partir d'un milieu
- Le transfert d'un composé chimique d'une phase à une autre

\* Diffusion : concentration élevée concentration faible

\* Evaporation : liquide @gaz

- Intervient principalement dans des techniques de séparation ou de séchage...

Exemples: Absorption, Cristallisation, distillation, lyophilisation.../..

## 2.4. La séparation

Séparation de composants sur la base d'une propriété physique : Taille, densité, Point d'ébullition...

### —Densité

Exemples: Séparation de la crème du lait, Dépôt de solides dans une suspension, Elimination de bactéries des fluides

### —Taille

Exemples: Filtration sur membrane, Gel filtration, Tamisage

### —Point d'ébullition

Exemple: Distillation

## 2.5. L'ajustement de la taille

Changement de la taille d'un produit ou de l'un de ses composants :

—**Réduction de la taille du produit** Hachage, broyage, moulage—Découpage, tranchage—Emulsification

—**Augmentation de la taille** par agrégation, agglomération ou gélatinisation —Ex. Lait @Caillé @fromage

## 2.6. L'écoulement

Transfert d'un fluide d'un point à un autre.

## 3. Un procédé unitaire

Etape simple, spécifique et identifiable dans la fabrication d'un produit

Tout système de production nécessite une combinaison de procédés unitaires pour transformer la matière première en produit fini.

**Exemples :** •Filtration •Nettoyage •Epluchage •Tranchage •Râpage •Concentration

•Séchage •Enrobage

Plusieurs procédés unitaires consistent en une combinaison de plus d'une opération unitaire et/ou des opérations chimiques ou biochimiques .../...

### 3.1. Procédés unitaires combinant plusieurs opérations unitaires

• **Filtration** —Ecoulement—Séparation

• **Evaporation**—Transfert de chaleur—Transfert de matière

- **Pasteurisation**–Ecoulement –Transfert de chaleur
  - **Caillage en fromagerie**–Mélange (enzyme ou bactéries) –Transfert de chaleur–Réactions enzymatiques ou fermentation–Augmentation de taille–Transfert de masse–Séparation

## **4. Procédés des industries agro-alimentaires**

### **4.1. Changements induits par le chauffage**

#### **4-1-1- Désirables**

- Destruction des microorganismes
- Inactivation des enzymes
- Amélioration de la couleur, de l’arôme, du goût, de la texture
- Amélioration de la digestibilité

#### **4-1-2-Indésirables**

- Dégradation des nutriments
- Dégradation des attributs sensoriels

### **4-2-Procédés thermiques par ajout de chaleur**

#### **4-2- 1-Blanchiment**

##### *Définition et effets*

- Traitement thermique destiné à inactiver les enzymes susceptibles de provoquer une détérioration au cours du stockage
- Principalement contre le brunissement et le développement d’arômes indésirables
- Les traitements varient d’un produit à l’autre

##### *Avantages*

- Le séchage de la plante ne suffit pas nécessairement à inactiver les enzymes qui peuvent être réactivées par simple réhydratation.
- La congélation n’arrête pas les réactions enzymatiques.
- Dans un produit non blanchi, l’activité enzymatique peut avoir lieu même dans des conditions de réfrigération, de congélation ou de déshydratation. Cette activité peut aussi avoir lieu durant la montée en température des conserves.

##### *Limites*

- Applications limitées aux fruits/légumes et quelques fruits de mer
- Simple réduction de la population de cellules végétatives
- Nécessité d’une seconde barrière
- La sécurité dépend de la seconde barrière

### 4-2-2- Pasteurisation et stérilisation

*En fonction de leur intensité et de leurs objectifs, trois principaux types de traitements*

#### La stérilisation

• Traitement thermique à haute température, supérieure à 100°C, capable de détruire toutes les formes microbiennes présentes, y compris les endospores bactériennes

#### La pasteurisation

- Traitement modéré à basse température permettant de maintenir la qualité du produit
- La pasteurisation réduit la population microbienne dans le lait et autres aliments sensibles à la chaleur (jus, bière, sauces)
- Action sur les formes végétatives
- Les endospores bactériennes peuvent, si le pH le permet, germer et altérer le produit...
- Si le pH est acide : pasteurisation stabilisatrice

### 4-2-3- Concentration et séchage

**Séchage:** *Déshydratation totale:* élimination presque entière de l'eau • Lait en poudre, café instantané

**Concentration:** *Déshydratation partielle* • Lait concentré, sirops

#### Objectifs

Pourquoi sécher des produits agricoles et alimentaires?

- Stabiliser les produits et accroître leur durée de conservation,
- Produire des ingrédients ou des additifs pour une seconde transformation,
- Réduire le poids et le volume.

Pourquoi concentrer des produits agricoles et alimentaires?

- Accroître la durée de conservation des produits (probablement),
- Réduire le poids et le volume.

### 4-2-4-Distillation

#### Définition

Séparation par voie physique des divers constituants d'un mélange liquide, liquéfiable ou fusible. La phase vapeur est produite par évaporation en fournissant de la chaleur au système.

### 4-2-5- Cuisson-extrusion

#### Définition

• Extrusion signifie : **pousser dehors**, procédé unitaire de transformation consistant à forcer un produit à travers un orifice de petite dimension : la filière.

### 4-3- Procédés thermiques par soustraction de chaleur

#### Fonctions du froid dans l'industrie agroalimentaire

##### Froid-maintien

- Stabilité des caractéristiques physiques, biologiques et chimiques
- le maintien-stockage (associé à l'entreposage frigorifique);
- le maintien-vente (associé à la vente et distribution);
- le maintien-mobile (associé au transport).

##### Froid-procédé

- Traitement des produits
- Ex.: le refroidissement en fin de cuisson, la production de glaces alimentaires, la cristallisation du sucre, la distillation, ou la lyophilisation.

### 4-4-. Procédés à température ambiante

#### 4-4-1-réparation de la matière première

##### a- Etapes pré-procès

Manipulations (exemples) : Récolte manuelle/mécanique, Transport, Convoyage, Pompage, Stockage

##### *Considérations*

- Maintenir des conditions sanitaires
- Minimiser les pertes
- Maintenir la qualité du produit cru
- Minimiser la croissance bactérienne

**b. Nettoyage** : Lavage, Brossage, Soufflage, Filtration, Vapeur, Aimants, Criblage

##### **c. Séparation**

##### *Exemples*

- **Triage, criblage, tamisage...**
- Triage manuel d'unités individuelles
- Triage mécanique selon calibre
- Triage photoélectrique selon couleur
- **Epluchage, désossage, plumage...**
- Séparation peau du fruit
- Séparation feuilles abimées

#### 4-4-2- Procédés d'ajustement de la taille

**4-4-2-1- Réduction de la taille** : Les matières premières se présentent souvent dans des tailles trop grandes pour être employées.

##### Deux catégories

##### **A-aliments solides**

±Coupage, tranchage (viandes, légumes, fruits)

±Hachage, broyage, râpage (viandes, fromages)

±Moulage (céréales)

±Réduction en pulpe (fruit)

##### **B- liquides**

##### ±Emulsification et homogénéisation

**Les émulsions** sont des suspensions plus ou moins stables de fines gouttelettes d'un liquide dans un autre, les deux liquides étant non-miscibles. Généralement d'apparence laiteuse ou trouble.

##### Exemple d'émulsification

°**Matière grasse dispersée dans l'eau**: Lait, crème fraîche, jaune d'œuf...

°**Eau dispersée dans la matière grasse**: Beurre, margarine, crème glacée...

##### Exemples de produits concernés par l'homogénéisation

°**Laits**: Entier, plus ou moins écrémé, UHT, concentré...

°**Crèmes**: Glacées, pâtissière, fouettée, fraîche <20%, >20% MG

°**Autres produits laitiers**: Fromages blancs, à tartiner, yaourts à boire,

°**Purées**: Tomate, banane, pomme...

°**Boissons**: Boissons chocolatées, jus de tomate, jus épais et nectar, au soja...

°**Autres**: Sauces, soupes, mayonnaise, ketchup, aliments pour bébés

#### 4-4-2-2- Augmentation de la taille (*agrégation, agglomération, gélatinisation*)

**Un gel**: Un fluide piégé dans une structure rigide ·dans les deux sens (fluide dans gel, gel dans fluide)· polymères (chaînes) liés les uns aux autres, obtenu par hydratation ou gélatinisation et épaississement

#### 4-4-3- Techniques séparatives et de concentration

##### **Pourquoi séparer?**

°Concentrer une fraction utile dans un mélange

°Isoler une fraction utile à partir d'un mélange

°Éliminer une fraction indésirable d'un mélange

**Fraction**: solutés, particules ou portions du mélange

##### **Nature des séparations**

Solide de solide: épluchage, dénoyautage...

Solide de liquide: centrifugation, filtration...

Liquide de solide: centrifugation, filtration...

Liquide de liquide: extraction, filtration...

#### **4-4-4- Procédés de mélange**

**Facteurs affectant les mélanges** : les produits, les quantités, la solubilité, la température, le type de mélangeur, la vitesse du mélangeur, le temps de mélange, l'ordre d'ajout des composants.

#### **4-4-5- Procédés biologiques** comme les techniques fermentaires et enzymatiques