

Chapitre IV : Transformation

Les traitements de transformation (Opérations Unitaires) des matières premières visent à obtenir des produits désirables et d'augmenter la durée de conservation. L'ensemble des traitements dans l'usine constitue le schéma de fabrication ou le diagramme technologique (flow sheet). On peut diviser les opérations unitaires en quelques groupes fondamentaux :

- ✚ Le transfert (transports) de matières ;
- ✚ Le transfert de chaleur ;
- ✚ Le mélange de matières ;
- ✚ La séparation de matières ;
- ✚ La réduction de la taille des matières ;
- ✚ L'agrandissement de la taille des matières ;
- ✚ L'emballage.

La figure suivante présente le diagramme technologique de production d'une boisson à base de maïs fermenté. Dans ce diagramme on trouve aussi les opérations unitaires les plus importantes.

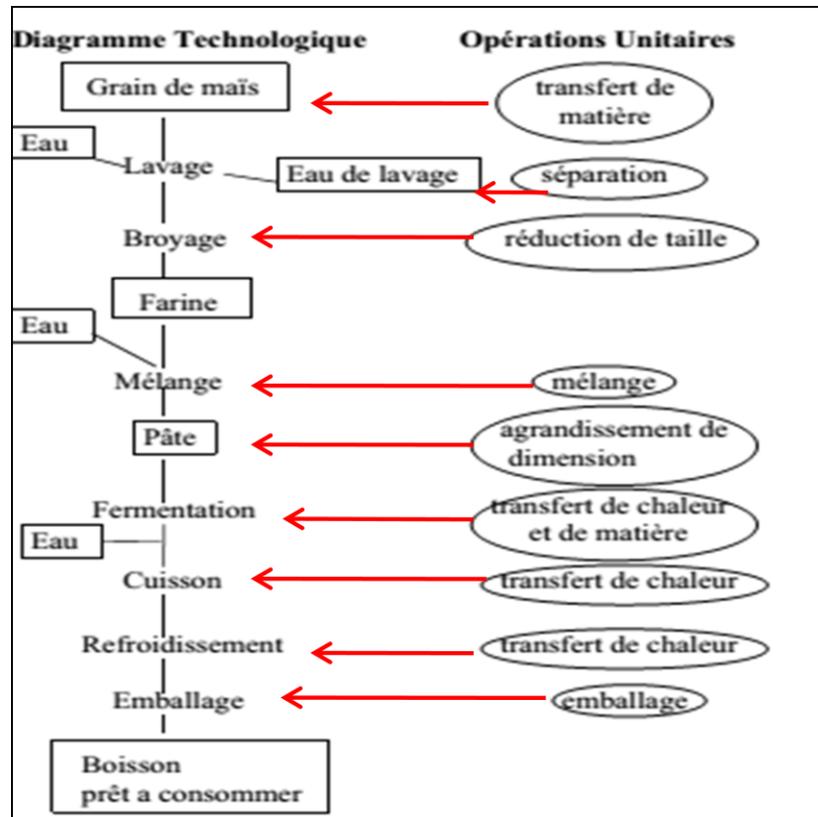


Figure () : Diagramme technologique d'une boisson a base du maïs avec ces opérations unitaires

1. Transfert de la matière

Le transfert (ou le transport) de matière est d'une grande importance dans les fabrications, la distribution, etc. Ce transport constitue la connexion entre les opérations unitaires. Selon leurs propriétés, on utilise différents appareils pour le transfert des solides, des liquides ou des gaz.

1.1. Transfert de la matière solide

Le transport des matières solides peut être effectué par charges (d'une façon discontinue) ou d'une façon continue (un courant de matière sans arrêt).

Pour le transport discontinu on utilise : des chariots, des élévateurs, des grues, des palans, etc.

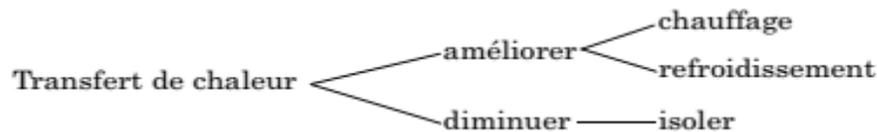
Pour le transport continu, on utilise par exemple : le ruban roulant, les transporteurs à chaîne ou à vis, les rigoles secouant ou vibrantes, etc.

1.2. Transfert de la matière liquide ou gaz

En raison de leur nature, les liquides et les gaz sont transportés par le courant à travers des tuyaux, des rigoles, des cuves, etc. Les courants sont créés par des pompes, soit de façon mécanique, soit par des gradients de pression.

2. Transfert de la chaleur

Le transfert ou transport de chaleur est très important pour le chauffage (transfert de chaleur à l'intérieur du produit), le refroidissement (transfert de chaleur du produit vers l'environnement) mais aussi pendant le stockage (quand on désire maintenir une température constante dans un produit inert, il faut éviter le transfert de chaleur). Par conséquent, dans certains cas on désire améliorer ou minimaliser ce transfert, comme l'illustre le schéma ci-dessous :



Le transfert de chaleur s'effectue toujours des zones de température élevée aux zones de température basse. On distingue 3 différents mécanismes de transfert :

- ✚ La conduction (surtout dans les matières solides),
- ✚ La convection (dans les liquides et les gaz) ou
- ✚ La radiation (ondes électromagnétiques, surtout à travers les gaz).

3. Mélange des matières

3.1. Matière sèche en poudre

On rencontre les poudres rarement dans l'industrie alimentaire, sauf quelques exemples comme le lait en poudre, les farines, le mélange de thé, le potage sec, ou les concentrés de vitamines. En principe, il existe deux types de mélangeurs :

✚ *Les mélangeurs à rotation* ; dans lesquels les poudres sont mélangées par le mouvement du vaisseau;

✚ *Les mélangeurs stationnaires avec vis rotative* ; dans ce cas le vaisseau est stationnaire et les poudres sont mélangées par la vis.

3.2. Deux ou plus de deux matières, dont ou moins un liquide ou un gaz

Cette situation est très répandue et donc très importante. L'opération de mélanger peut avoir divers buts :

- ✚ Moyen pour divers traitements : dissoudre, extraire, distiller, sécher ;
- ✚ Améliorer le transfert de chaleur ;
- ✚ Accélérer les réactions chimiques ;
- ✚ Préparation d'émulsions, pâtes, etc.

Le mélange de diverses matières peut être réalisé par deux principes : par courant ou soit par agitation.

4. Séparation des matières

Comme le mélange, la séparation est une opération très importante dans les procédés de transformation et de conservation alimentaire. Le tableau suivant résume les catégories de séparations des phases gazeuses, liquides ou solides.

Tableau () : Catégories de séparations des phases

	Gaz	Liquide	Solide
Gaz	Condensation	//////////	//////////
Liquide	Sédimentation	Centrifugation séparation par membrane distillation	//////////
Solide	Sédimentation	Sédimentation Filtration Centrifugation pressage séparation par membrane évaporation concentration séchage cristallisation	Tamisage Sédimentation pneumatique

Dans cette section, on fera la distinction entre les séparations mécaniques et les séparations faites par transfert de chaleur.

4.1. Séparation mécanique

A. Tamisage

Séparation solide-solide selon la grandeur des particules (grandeur minimale 50 μm). Deux types de tamis ; *Tamis à rotation* (Cylindrique) et *Tamis à plats* ; mouvement soit horizontal ou vertical.

B. Sédimentation

Séparation des particules solide-solide selon la grandeur des particules ou selon le poids spécifique, la séparation se réalise à l'aide d'eau ou l'air.

C. Filtration

Séparation solide-liquide à l'aide d'un milieu de filtration poreux. On adapte la porosité du milieu de filtration à la grandeur des particules qu'on veut filtrer.

D. Centrifugation

En créant des forces centrifuges, on accélère la sédimentation des particules solides. En fait, il ne s'agit pas d'une vraie méthode de séparation; on utilise la centrifugation pour accélérer par exemple la filtration et la sédimentation. Cependant, c'est une technique que l'on utilise fréquemment dans l'industrie alimentaire.

E. Pressage

Quand on a beaucoup de solide et peu de liquide, la pression peut être avantageuse. Par exemple on utilise la pression pour l'extraction des jus de fruits. Quand on applique des pressions élevées, une déformation des cellules peut avoir lieu ; dans ce cas on sépare le contenu des cellules des parois cellulaires.

4.2. Séparation à l'aide de transfère de la chaleur

A. Evaporation et Concentration

Séparation solide dissout du solvant liquide. Exemple, pour la fabrication du lait concentré ou la purée de tomates.

B. Séchage

Le but du séchage est d'obtenir la matière solide pour avoir une plus longue durée de conservation et des produits qui sont plus faciles à emballer, avec un transport bon marché.

C. Cristallisation

Séparation solide-liquide par retrait de chaleur. C'est rarement appliqué dans l'industrie alimentaire, sauf la sucrerie.

D. Distillation et Condensation

Séparation liquide-liquide. On l'applique pour la purification des substances volatiles comme les arômes, les alcools, etc.

E. Extraction

Séparation d'une matière bien soluble d'une matière peu soluble à l'aide d'un solvant. C'est une opération appliquée pour la préparation de l'extrait de café, pour l'extraction d'huile d'arachide ou de palme, et pour l'extraction de sucre à partir des cannes.

5. Réduction de taille

La plupart des aliments et des ingrédients alimentaires sont hétérogènes et contiennent des particules de tailles diverses. La réduction de taille des matières est pratiquée pour de nombreuses raisons. Par exemple :

- ✚ Les dimensions de la matière ne conviennent pas à la consommation ;
- ✚ Pour obtenir un produit homogène, on le réduit en petits morceaux ou en pâte ou en émulsion ;

- ✚ Pour mieux mélanger avec d'autres ingrédients ;
- ✚ Pour mieux faire l'extraction, etc. etc.

6. Emballage des aliments

Tout au long de la filière, au cours des étapes de transport, de stockage, de commercialisation, les aliments sont le plus souvent protégés par un conditionnement qui les met à l'abri des chocs mécaniques, de la contamination microbienne ambiante, parfois de l'air, de la chaleur, de la lumière, etc. L'emballage donne une présentation valorisante.

Les matériaux utilisés pour l'emballage des aliments sont extrêmement divers. Ils sont choisis en fonction du problème à résoudre, de l'aliment lui-même et des contraintes locales. Le choix de l'emballage en fonction du produit et de son environnement nécessite la prise en compte de données telles que :

- ✓ Les risques d'altération et les conditions de stockage (exigences du point de vue microbiologique, organoleptique, biochimique, physique, a_w , sensibilité à l'oxydation);
- ✓ Les interactions entre le produit et son contenant (passage dans l'aliment de certains composés de matériaux d'emballage, ou passage de composés volatils à travers l'emballage);
- ✓ La composition chimique des matériaux d'emballage et leur perméabilité (à l'humidité, à l'oxygène);
- ✓ Les demandes spécifiques pour le produit et l'emballage (ayant pour cible les consommateurs).

Quelques exemples d'emballages utilisés fréquemment sont les L'emballage des aliments caisses en bois ou les paniers tressés pour les fruits, les jarres en terre pour le stockage des olives, les feuilles de bananier ou de maïs pour envelopper le fromage ou la pâte de manioc, les bocaux en verre, etc. Tous ces emballages remplissent leur fonction depuis fort longtemps. Le développement plus récent des boîtes de conserves métalliques, puis des matières plastiques et des matériaux complexes a permis de nouvelles fonctions : conserves appertisées, briques de lait UHT, boîtes de boissons gazeuses, etc.

On peut généralement diviser les matériaux d'emballage en 2 groupes :

✓ L'emballage qui a pour but de former des unités de transport sans fournir une protection contre la détérioration. Exemples : caisses en bois, caisses en carton, sacs en tissu, etc. ;

✓ L'emballage qui protège le produit contre la détérioration et qui forme la plus petite unité de vente.

Nous nous limiterons à l'étude du deuxième groupe, qui comporte comme emballages les plus importants :

- Les boîtes de conserve en fer blanc,
- Les récipients en verre,
- Les emballages qui sont utilisés pour les produits séchés.

6.1. Boîtes de conserve

La plupart des boîtes de conserves sont fabriquées à partir du fer étamé. Le fer étamé consiste en une plaque d'acier, couverte des deux côtés d'une mince couche d'étain.

Les ressources mondiales d'étain devenant limitées, on a cherché à produire du fer blanc sans utiliser de l'étain. Maintenant, on produit du fer blanc couvert de chrome. Contrairement au fer étamé, il faut toujours couvrir le fer chromé d'une couche de laque, L'emballage des aliments et ce, afin de protéger le chrome de la corrosion causée par les produits acides. L'autre raison de la couverture obligatoire du chrome est due à la toxicité du chrome.

Une autre matière métallique utilisée beaucoup est l'aluminium. L'aluminium est cependant assez cher et peu solide. A cause de cela, on utilise de préférence des alliages d'aluminium plus résistants.

6.2. Récipients en verre

Le verre est une substance amorphe ; cela veut dire que le verre liquide ne s'est pas cristallisé pendant la solidification. La composition du verre la plus utilisée pour la fabrication des récipients est donnée au tableau suivant :

Tableau () : Composition du verre

Matériaux de base	Composition	
Sable	SiO ₂	72%
Pierre à chaud	CaO	11%
Soude	Na ₂ O	14%
Terre blanche	Al ₂ O ₃	1.7%
Provenant d'impuretés	MgO	0.3%
	K ₂ O	0.3%

Le plus souvent, on utilise du verre non coloré. Lors de la fonte des matériaux de base, on peut colorer le verre par addition de charbon, de soufre ou d'oxyde de magnésium, ce qui donne une couleur verte au verre. Quelques unes des propriétés du verre sont :

- ✚ La transparence,
- ✚ La stabilité à la corrosion,
- ✚ La possibilité d'ouvrir et de refermer le récipient en verre,
- ✚ La dureté,
- ✚ L'imperméabilité aux gaz et à la lumière ultraviolette.

6.3. Emballage des produits séchés

Les facteurs jouant un rôle important contre la détérioration des produits séchés emballés sont la perméabilité à l'eau et à l'air. On cherche toujours des matériaux d'emballage qui soient imperméables à l'air et à l'humidité. Bien que l'on utilise dans certains cas des boîtes de conserve lors de l'emballage (lait en poudre, café en poudre), l'emploi de sachets en plastique est souvent meilleur marché. Avant d'utiliser un certain matériel pour l'emballage, on détermine sa durabilité ainsi que sa perméabilité. On n'a toujours pas trouvé de substances alliant à la fois une grande imperméabilité et

une grande solidité. Voilà pourquoi on utilise souvent des alliages, c'est-à-dire une gamme de matériaux composée de couches collées. L'une des couches fournit la solidité (souvent en plastique) et l'autre l'imperméabilité (souvent une mince couche d'aluminium). Les produits sont emballés en sachets, soit sous vide (café moulu dans des sacs plastiques), soit sous un gaz inerte (N₂) comme les potages instantanés.

6.4. Matériaux d'emballage et l'environnement

Etant donné que les matériaux d'emballage jetés sont assez résistants, ils ne seront pas détruits par le temps comme les autres déchets. Cela implique que ces débris portent préjudice à l'environnement. D'ailleurs, dans les usines transformant les ordures domestiques en compost, les emballages difficilement dégradables posent des problèmes. Un autre aspect négatif de ces types d'emballages est qu'ils favorisent l'épuisement des ressources naturelles par l'usage unique de l'emballage. Afin d'essayer de résoudre ces problèmes, on centralise la collecte des ordures et l'on effectue le tri au centre de collecte. Tout le fer étamé est enlevé magnétiquement et on peut le réutiliser dans la production de fer étamé. L'aluminium est aussi enlevé et réutilisé. De la même façon, on peut collecter le verre, le moudre et l'introduire dans les fours afin de le fondre.

La quantité d'emballage en plastique, soit collectée, soit jetée sur les abords des routes, augmente rapidement. Cependant, il n'est pas profitable de réutiliser les différents types de plastiques. On a inventé récemment des plastiques qui sont détruits lentement par la lumière solaire ou qui peuvent être décomposés par les micro-organismes du sol (les plastiques biodégradables).