

Introduction

L'aliment est un besoin fondamental pour la vie. L'agriculture, l'élevage et la pêche fournissent à l'homme une variété de produits qui doivent être conservés pour être consommés sur une plus longue période. Cependant, il existe de grandes disparités en matière de disponibilité alimentaire, particulièrement en Afrique.

Différentes stratégies ont été mises en œuvre pour remédier à cette situation, notamment l'augmentation de la production agricole à travers des paquets technologiques plus productifs. Cependant, la sécurité alimentaire ne peut être garantie uniquement par l'augmentation de la production.

La transformation et la conservation des produits alimentaires nécessitent des opérations destinées à leur assurer une bonne qualité en les rendant attractifs, comestibles, délicieux et nutritifs pour le consommateur. Le stockage, la distribution et le commerce des aliments nécessitent que ceux-ci aient une durée de vie commerciale relativement longue et soient d'une bonne innocuité pour les consommateurs.

Il est alors important de développer des savoir-faire technologiques et des infrastructures adéquats pour satisfaire la demande d'aliments de bonne qualité. Cette nécessité de développement technologique revêt une importance toute particulière.

L'homme a fait depuis très longtemps de nombreux efforts pour conserver ses produits agricoles. Tout au long de son histoire, l'homme a été confronté à la nécessité de disposer de ressources alimentaires sous forme de réserves. On distingue cinq motivations :

1. D'abord sa préoccupation est de garantir sa survie pendant la période annuelle où la production agricole n'est pratiquement pas possible (la saison sèche en pays tropicaux et subtropicaux, la saison froide en pays tempérés). Ce sont en premier lieu ses aliments de base que tout groupe humain a cherché à conserver : les céréales, les légumineuses, les racines et tubercules, ainsi que les viandes et les poissons.

2. En second lieu, l'homme a toujours cherché à disposer d'aliments variés, autant par nécessité biologique que par plaisir et aussi pour des raisons de sécurité : en étendant la gamme de produits comestibles, les populations réduisent leur dépendance et de ce fait le risque de famine.

3. Tous les aliments récoltés à certaines saisons (par exemple les fruits) ou de façon périodique (produits de pêche ou de chasse) ont donné lieu à la mise au point de techniques de conservation en vue de leur stockage. Exemples : séchage à l'air libre ou à l'abri des oiseaux et insectes, fermentation, salage, fumage,..... Le souci de conserver la viande, en particulier le gros gibier obtenu par la chasse collective et le poisson pour les consommer plus tard ou les exporter vers d'autres régions, est depuis des siècles une préoccupation de bien des peuples.

4. Par ailleurs, l'homme a peu à peu élaboré des méthodes de préparation qui rendent l'aliment consommable, plus digestible ou de meilleur goût. Il a ainsi pu utiliser des espèces ou variétés inconsommables en l'état en faisant disparaître les composés toxiques : par exemple les variétés amères de manioc dont l'acide cyanhydrique est éliminé par rouissage, la pomme de terre dont les alcaloïdes sont détruits au cours du trempage associé à une fermentation. Les différents modes de cuisson mis au point par l'homme permettent parfois une augmentation de la digestibilité par la gélatinisation de l'amidon ou la dénaturation des protéines.

5. La saveur, la texture et l'appétence des aliments sont aussi le plus souvent améliorées par la cuisson et on peut constater que tous les groupes humains connus pratiquent la cuisson sur le feu.

Ce module traite des aliments, leur transformation, conservation et qualité. Par ordre de présentation, ce document est arrangé avec les chapitres suivants:

1. Composition des aliments et leurs ingrédients primaires ;
2. Facteurs de détérioration ;
3. On traitera de quelques méthodes de transformation ;
4. Discussion sur la conservation ;

5. On abordera les aspects de qualité. Tout au long de la chaîne de production depuis la matière première jusqu'au produit fini, la qualité des produits et la sécurité hygiénique sont essentielles.

6. Quelques exemples des procédés de transformation de produits spécifiques seront discutés dans ce chapitre (TD).

Chapitre I : Composition chimiques des aliments et leur importance technologique.**1. Eau**

La teneur en eau des produits alimentaires joue un rôle déterminant durant leur conservation. En effet, les micro-organismes ne peuvent pas se multiplier en absence d'eau. La teneur en eau disponible est un facteur primordial ; il représente l'activité (chimique) de l'eau, ou a_w . On peut déterminer l'activité de l'eau a_w par la formule suivante :

$$a_w = \frac{\text{nombre des moles de l'eau}}{\text{nombre des moles de l'eau} + \text{nombre des moles des substances en solution}}$$

En effet, une partie de l'eau contenue dans le produit alimentaire n'est pas disponible pour des réactions. En réduisant la teneur en eau disponible, c'est-à-dire en abaissant son a_w , on améliore la stabilité microbienne du produit. Pour ce faire, on peut procéder de deux façons : soit éliminer une partie de l'eau libre par séchage ou augmenter la teneur en solutés en ajoutant du sel, du sucre, etc. (l'équation).

Par ailleurs, il faut remarquer que la teneur en eau d'un aliment (%) et l'activité de l'eau du même aliment ne sont pas liées directement, comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau 1 : Teneur en eau et activité d'eau de quelques aliments.

Produit	Teneur en eau(%)	Activité de l'eau (a_w)
Lait	87	0.994
Viande fraîche	65	0.985
Fruits frais	90	0.97
Pain	40	0.96
Confiture	35	0.86
Farine de blé	15	0.75
Lait en poudre	03	0.12

2. Protides

Les protides sont des polymères composés de divers acides aminés. Les acides aminés sont couplés par des liaisons peptidiques, en formant des polypeptides. 20 acides aminés sont présentés dans le monde alimentaire.

Les protides se trouvent dans la plupart des aliments en taux très divers. Dans les produits d'origine végétale, les protides se présentent comme une source de nutriments de réserve dans le cytoplasme des cellules. Dans les viandes et les poissons, on trouve les protides surtout dans les muscles. Du point de vue de la nutrition humaine, les protides sont une source essentielle d'acides aminés. La teneur en protides des aliments se diffère d'un aliment à autre (Tab.).

Tableau 2 : Teneur en protide de quelques aliments (% poids frais)

Poisson sec	45%	Haricot	22%
Arachide	27%	Blé	10 à 12%
Poisson frais	19%	Mil	11%
Viande	17%	Riz	08%
Lait	3,5%	Manioc	1,5%

Quelques propriétés des protides d'importance dans le cadre de la transformation sont :

1. Solubilité dans l'eau : elle est influencée par la salinité et le pH. En principe, la solubilité augmente la valeur nutritive. En addition, les protides solubilisés influencent le comportement physico-chimique des aliments.

2. Coagulation : elle est provoquée par la chaleur (dénaturation), la salinité et la présence de diverses enzymes. La coagulation est d'importance par exemple pour la fabrication du fromage qui est constituée de caséine coagulée.

3. Décomposition par hydrolyse : quand les protides sont hydrolysés, les peptides et les acides aminés formés auront une plus forte solubilité dans l'eau. Ceci

augmente la valeur nutritive et la saveur des produits peut être améliorée par certains acides aminés libres.

4. Les réactions de **Maillard** se réalisent entre les groupes aminés des protides, peptides, acides aminés, et les sucres réducteurs. L'importance de ces réactions est la formation des substances de couleur et de goût, mais aussi la perte de valeur nutritive.

Réactions de Maillard (Maillard réaction) : le brunissement non-enzymatique. C'est une réaction de condensation entre les acides aminés ou protides et les saccharides réducteurs. Dans les protides ce sont surtout les groupes amines libres de la lysine qui réagissent avec les saccharides. Cela cause une perte de lysine disponible, parce que le complexe "lysine-saccharide" n'est pas digestible.

3. Lipides

Du point de vue chimique, la plupart des lipides sont des glycérides et des acides gras. Les glycérides se présentent souvent comme des triglycérides. Les lipides sont importants dans la nutrition comme une source d'énergie et d'acides gras essentiels (ce sont les acides gras que l'organisme n'est pas capable de fabriquer et qu'il doit impérativement trouver dans l'alimentation ou les compléments alimentaires. Les **acides gras essentiels** sont au nombre de deux).

Il y a des acides gras insaturés et des acides gras saturés. Les acides gras insaturés sont sensibles à l'oxydation.

Le taux des lipides peut varier; par exemple le manioc est très pauvre (1-2%) en lipides, tandis que les arachides contiennent environ 45% de leur poids sous forme d'huile.

Quelques propriétés générales importantes des lipides

1. Qu'elles sont hydrophobes (non-miscibles avec l'eau), et ont la capacité de former des émulsions avec la phase aqueuse;
2. On peut extraire les lipides des aliments en utilisant des solvants organiques; les lipides eux-mêmes sont des solvants pour certaines vitamines;

3. Leur poids spécifique est inférieur au P.S. de l'eau, causant la flottation des lipides à la surface de l'eau (par exemple l'écémage du lait est causé par la différence de poids spécifique);

4. Leur point de fusion dépend de la composition des acides gras présents dans les glycérides : le point de fusion est d'autant plus bas que la chaîne de carbone des acides gras est plus courte. Mais surtout, le point de fusion est d'autant plus bas qu'il y a de liaisons insaturées par acide gras (Tab. 3).

Tableau 3: Relation entre le point de fusion et le nombre des liaisons insaturées des triglycérides.

Acide gras	Formule C H COOH ↓ ↓	Nombre des liaisons insaturées	Point de fusion (°C)
Stéarique	17 35	0	+ 69
Oléique	17 33	1	+ 14
Linoléique	17 31	2	- 5
Linoléique	17 29	3	- 11

En addition des lipides il y a d'autres matières grasses comme par exemple la lécithine, qui est un phospholipide. La lécithine a une grande importance technologique; elle est utilisée comme produit de stabilisation des émulsions.

Détérioration des matières grasses : peut avoir lieu de 2 manières :

1. Par l'hydrolyse causée par des enzymes (lipases) : les acides gras libres formés sont assez volatiles et causent une odeur de rancidité,

2. Par oxydation catalysée par des enzymes (par exemple les lipoxygénases) ou des traces de métaux (par exemple Cu, Fe); les cétones et les aldéhydes formés causent une odeur piquante. On peut éviter ou freiner l'oxydation par l'addition des produits antioxydants. Ce thème est traité dans le chapitre 2.

4. Saccharides

Les saccharides sont très répandus dans les produits d'origine végétale; les produits d'origine animale contiennent de faibles taux de saccharides.

Du point de vue chimique, les saccharides sont composés de C, H et O. Les unités les plus petites sont les monosaccharides, dont les plus importants sont le glucose, le galactose, et le fructose. Couplés, 2 monosaccharides constituent un disaccharide. Les disaccharides les plus importants sont le saccharose, le lactose et le maltose. Ainsi, on connaît les trisaccharides, les tétrasaccharides, etc.

Les molécules les plus grandes sont les polysaccharides contenant quelques centaines d'unités de monosaccharides. Les polysaccharides les plus importants sont l'amidon (dont l'amylose et l'amylopectine), le glycogène, la cellulose, l'agar-agar, les gommés et les matières pectineuses.

Du point de vue technologique, l'importance des saccharides est énorme. Comme les polysaccharides ont leurs fonctions de fibres (par exemple la cellulose et les matières pectineuses) qui donnent la fermeté aux tissus végétaux, leur décomposition changera la texture des produits. En plus, l'amidon et le glycogène ont une fonction de réserve de saccharides. L'amidon peut être gélatinisé par la chaleur en présence de l'eau. L'amidon est une nourriture très importante pour les populations du monde entier. L'amidon peut être décomposé par l'action des enzymes pour la fabrication de maltose et de glucose, que l'on peut transformer en plusieurs produits importants.

Les di- et monosaccharides ont des propriétés très importantes qui déterminent la qualité des produits alimentaires. Par exemple, ils ont un goût sucré. Ce pouvoir édulcorant varie selon les saccharides. En plus, les saccharides sont caramélisés en présence de la chaleur et de l'acide. Cette réaction influence la couleur et le goût. Ensuite, les saccharides peuvent être fermentés par les microorganismes. La fermentation peut être indésirable dans certains cas : on la considère comme une détérioration. Mais on connaît aussi des fermentations désirables (la fermentation alcoolique du vin, de la bière et du dolo, la fermentation lactique du yaourt et du fromage) pour lesquelles le glucose, le maltose et le lactose sont des ingrédients indispensables.

Autres produits édulcorants :

Un édulcorant est un produit ou substance ayant un goût sucré. Le plus souvent, le terme « édulcorant » fait référence à des ingrédients destinés à changer le goût d'un aliment ou d'un médicament en lui conférant une saveur sucrée.

Pour les applications diététiques (science de l'hygiène alimentaire) on utilise des produits édulcorants de base non-saccharide parce qu'ils ne représentent pas d'énergie métabolisable. Quelques exemples de ces produits sont la saccharine et la thaumatine. La saccharine (acide benzoïque-o-sulfimide) est très utilisée dans les régimes diabétiques. La thaumatine est un protide/peptide d'origine végétale, que l'on peut produire aussi par voie biotechnologique.

5. Minéraux

Les minéraux se trouvent soit sous la forme inorganique comme des sels (par exemple dans l'eau potable et dans le lait), soit sous la forme organique comme constituants de complexes organiques (par exemple le magnésium se trouve dans la chlorophylle, le fer dans l'hémoglobine, le cuivre dans le sang des mollusques, le phosphore dans le phytate ($C_6H_{18}O_{24}P_6$), le soufre dans quelques acides aminés, le calcium et le phosphate dans la caséine.)

6. Vitamines

Les vitamines sont des micro-nutriments indispensables pour le métabolisme humain. On les distingue par leur solubilité soit dans l'eau (la vitamine C, et celles du complexe-B), soit dans les lipides (les vitamines A, D, E, et K). En général, les vitamines sont sensibles à la chaleur, à l'oxydation et à la lumière.

7. Enzymes

La plupart des aliments frais d'origine végétale ou animale contiennent une multitude d'enzymes. Ce sont des protides que l'on peut définir comme biocatalyseurs des réactions du métabolisme. Les enzymes ont une action spécifique. Souvent, ils sont thermolabiles.

La thermolabilité est la propriété d'une substance à être détruite, décomposée ou à changer de propriétés lorsqu'elle subit une élévation de température.

Quelques exemples sont les amylases (décomposant l'amidon), les protéinases (décomposant les protides), les lipases (décomposant les lipides), et les oxydases (catalysant les réactions d'oxydation).

8. Divers Composants

Selon l'origine du produit, il y a une multitude de composants chimiques qui se présentent à des taux faibles mais qui peuvent donner des propriétés caractéristiques. Quelques exemples sont les acides organiques, les colorants, les huiles essentielles et les composants d'odeur et de la saveur.

Table de composition

Du point de vue de la nutrition, la connaissance de la composition des aliments et leurs ingrédients est très importante. On fait la distinction entre les macro-nutriments et les micro-nutriments.

Les macro-nutriments comprennent les protéines, les lipides et les saccharides ou glucides, tandis que les micro-nutriments sont les sels minéraux, les vitamines et d'autres composants de teneur faible mais importants pour la santé du consommateur.

Du point de vue de la technologie des transformations, la connaissance de la composition est essentielle pour mieux ajuster les conditions de transformation aux sensibilités des composants. Par exemple, plusieurs vitamines sont perdues aisément par des traitements à l'eau, ou par chauffage.

La documentation professionnelle fournit des « tables de composition » qui offrent l'information sur les macro- et micro-nutriments. Dans ces tables, les aliments sont groupés selon leur origine (céréales, fruits, poissons, etc.).

En général on distingue la « composition approximative » qui spécifie les pourcentages d'eau, de protéines, de saccharides, et les valeurs énergétiques, et la composition plus spécifique en minéraux, vitamines, acides aminés, etc.