

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 8 Mai 1945 Guelma

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
de l'Univers**

Département: Sciences de la Nature et de la Vie



POLYCOPIE DE COURS

Aliments et Base de la Technologie Alimentaire

Destiné aux étudiants de Deuxième année Licence

Filière : Sciences Alimentaires

Réalisé par :

Dr. AISSAOUI Ryadh

2024

Syllabus

Semestre : 4ème Semestre

U.E : Unité d'Enseignement Fondamentale 2

Matière 2 : Aliments et Bases de la technologie alimentaire

Objectif de l'enseignement :

Initiation aux définitions de base de l'aliment et à la multitude des groupes alimentaires et des degrés et processus de transformation. A l'issue de cet enseignement l'étudiant sera capable de différencier les groupes alimentaires et d'en connaître les caractéristiques ainsi que les bases de leurs fabrication et de transformation de la matière première agricole.

Connaissances préalables recommandées (descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes).

L'étudiant doit avoir des notions élémentaires sur le système immunitaire.

Contenu de la Matière

- 1. Les groupes alimentaires**
- 2. Caractères généraux des aliments**
- 3. Introduction aux technologies de transformation et de production des aliments**
- 4. Les opérations unitaires des procédés alimentaires**
- 5. Effet de la transformation sur la qualité des aliments**

Personnel : Lecture obligatoire et facultative de ressources et supports de cours indiqués par l'enseignant

Proposition de sorties sur terrains : Visite d'unité de production d'aliments.

Mode d'évaluation : Contrôle continu, examen, etc...(La pondération est laissée à l'appréciation de l'équipe de formation)

Références :

Aliments et Base de Technologie Alimentaire

- Benjamin K. Simpson & collaborators: Food biochemistry and food processing. WileyBlackwell. 2012.
- Arnold Bender : Food processing and nutrition. Academic press. 1978.

Chapitre 01. Aliment et groupe d'aliments

1. Définition de la notion d' « Aliment »

L'aliment est toute substance ingérée par voie orale afin de permettre la croissance, le développement, l'entretien ainsi que l'apport de l'énergie indispensable au bon déroulement des processus vitaux de l'être humain.

Cette alimentation est la base du fonctionnement de l'organisme qui nécessite en permanence d'être approvisionner en aliments de diverses natures et origines qui sont appelés communément dans le domaine des Sciences alimentaires « nutriments ».

2. Définition d'un « Nutriment »

Un nutriment est toute substance d'origine organique ou minérale qui soit directement assimilable dans les différents compartiments des tubes digestifs tels qu'elles sont composées sans pour autant les processus de dégradation lors de la digestion.

Les principaux nutriments sont classés selon leurs nature biochimiques en :

- ✓ glucides,
- ✓ lipides
- ✓ et protéines.

3. Les constituants alimentaires

3.1. Les protéines

Premièrement, les protides sont des substances organiques composées principalement en atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Les acides aminés sont les unités de molécules de base qui forment exclusivement les protides. Parmi les 20 acides aminés qui existent dans la nature, 8 d'entre eux sont dits des acides aminés essentiels ou indispensables pour le bon déroulement de la physiologie humaine et doivent être apportées par l'alimentation à des proportions bien déterminées.

Les protides peuvent être rencontrés dans les aliments d'origine animale et même végétale. Par contre, les protides d'origine animale contiennent beaucoup plus les acides aminés indispensables. La combinaison des aliments en provenance animale et végétale assurera

l'établissement de l'équilibre en acides aminés.

Pour leurs part, les protides possèdent un rôle fonctionnel, font partie de la construction des hormones, les enzymes et les anticorps, ainsi comme constituants des éléments du sang...

L'apport journalier en protides est d'environ 1 gramme par kilogramme de masse corporelle (1 g/kg). Il change plus ou moins avec l'âge, le sexe et de l'état physiologique des individus. Il est à noter que l'organisme humain renouvèle continuellement les protéines qui sont des éléments constitutifs de base rentrant dans la composition de l'organisme humain.

3.2. Les glucides

Les glucides sont des substances organiques comportant dans leurs composition de carbone, d'hydrogène ainsi que et de l'oxygène. Cet aliment est surtout rencontré dans les végétaux.

Les glucides sont classés suivant le nombre d'atomes de carbone et la longueur de la chaîne moléculaire, en glucides simples, glucides doubles et en glucides complexes.

En l'occurrence, les sucres sont des glucides simples ou doubles et disposent d'un pouvoir sucrant plus ou moins important.

Alors que les amidons sont des glucides complexes qui ne sont pas vraiment douée d'un pouvoir sucré et sont rencontrés dans les féculents et surtout dans les céréales.

Afin d'être utilisés par l'organisme humain, les glucides doubles et complexes doivent obligatoirement subir une dégradation biochimique. Il faut savoir que plus la molécule est longue, plus la dégradation sera lente. Cette destruction des glucides complexe libère dans la circulation sanguine des molécules simples comme le glucose qu'est directement utilisé après sa dégradation ou sinon il sera stocké sous forme de réserve de glycogène dans les muscles et le foie.

Le rôle principale des glucides est surtout énergétique : 1 g de glucide dégradé procure à l'organisme une quantité d'énergie équivalente à égale à 17 kJ (4 kcal). Cette énergie est utilisée par toutes les cellules de l'organisme assurant leurs bons fonctionnements.

La ration énergétique apportée par les glucides représente la moitié (50 %) de la ration énergétique quotidienne.

Le taux de glucose contenu dans le sang est couramment appelé « glycémie ». Chez un adulte sain, la glycémie se situe autour de 1g/l. l'index glycémique nous renseigne sur l'aptitude d'un aliment à hausser le taux de glucose sanguin. Il dépend étroitement de la composition de l'aliment en glucides et des autres constituants comme les graisses et les

protides, ainsi que du mode de cuisson et des traitements industriels employés. Il dépend aussi de la présence la quantité d'aliment consommé.

3.3. Les lipides

Les lipides, fréquemment appelés graisse ou encore corps gras, sont des hydrocarbures formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. L'unité de base des lipides est les acides gras qui rentrent dans leurs compositions. Il existe des acides gras saturés et des acides gras insaturés. (mono-insaturés ou polyinsaturés). Comme pour les acides aminés, il existe des acides gras essentiels, polyinsaturés dans la plupart des cas.

Les lipides possèdent un rôle énergétique : 1 g de lipide dégradé dans le corps fournit 38 kJ. Outre leurs rôles essentiels de thermorégulation. Ils ont rôle plastique puisque ils entrent dans la constitution des membranes cellulaires. Les lipides sont également une bonne source de vitamines liposolubles (surtout A, D, E et K) et sont mis en réserve dans les tissus adipeux. La ration énergétique apportée par les lipides représente 35 % de la ration énergétique quotidienne qui n'est pas utilisée instantanément par l'organisme. Si c'est le cas, elle va être stockée dans les tissus adipeux.

La surconsommation abusive des aliments riches en acides gras saturés d'origine animale provoque l'augmentation du taux de cholestérol sanguin responsable de l'apparition des maladies cardiovasculaires. L'apport alimentaire excessif en aliments riches en lipides induit le surpoids qui est fréquemment associé à d'autres facteurs de risque tels que la sédentarité, les pathologies, les facteurs génétiques... aboutissant sans équivoque à l'installation de l'obésité.

Il est noté que la proportion des calories apportée par les lipides ne doit nullement dépasser les 35%.

Les denrées alimentaires d'origine animale ou végétale renferment des quantités variables en lipides, d'une manière générale :

- Les fruits oléagineux (ou secs) contiennent 45% ;
- Les fromages fermentés contiennent entre 15 et 35% ; de lipides.
- Les viandes renferment 3 à 25% de lipides.
- Les poissons contiennent de 1 à 20% de lipides.

3.4. Les vitamines

Les vitamines sont définies comme des substances azotées d'origine protéique, indispensables à l'organisme humain à des quantités bien déterminées (de l'ordre du mg ou µg) par jour. Sauf le cas de la vitamine D, les vitamines ne sont jamais synthétiser par le corps humain.

La classification des vitamines est établie en fonction de leurs solubilités dans les lipides ou dans l'eau.

3.4.1. Les vitamines liposolubles (A, D, E et K) sont solubles dans les lipides. Elles sont rencontrées dans les aliments riches en lipides.

3.4.2. Les vitamines hydrosolubles (B1, B2, B3 à B12, C et P) sont solubles dans l'eau ; et sont abondants dans les aliments riches en eau, en particuliers les fruits et les légumes.

Les vitamines possèdent un rôle fonctionnel en favorisant l'utilisation de constituants alimentaires (glucides, lipides, protides, minéraux) par l'organisme. A cause de la particularité que l'organisme ne peut jamais stocker ces substances indispensables, il est impératif de renouveler quotidiennement l'apport par une alimentation diversifiée.

3.5. Les éléments minéraux

Les éléments minéraux sont des substances non organiques non destructibles par la chaleur et représente 4 % de la masse corporelle. Ils sont divisés en deux catégories : les macroéléments et les oligoéléments.

3.5.1. Les macroéléments dont l'apport quotidien se situe entre le dixième du gramme au gramme.

Ce sont le calcium, le phosphore, le potassium, le magnésium, le sodium... ; Le calcium est l'élément le plus présent en quantité dans l'organisme humain.

3.5.2. Les oligoéléments qui sont présent en très faible quantité (centième de gramme ou microgramme). Ce sont surtout le fer, le fluor, le cuivre, le zinc, l'iode, le soufre...

Ces éléments minéraux possèdent un rôle à la fois plastique et fonctionnel et doivent être apportés par l'alimentation quotidienne puisque chaque élément minéral dispose d'un rôle bien précis et selon l'état physiologiques, par exemple, le rôle du calcium dans l'ossification.

3.6. L'eau

En général, l'eau représente environ 70 % du poids du corps humain où les 2/3 deux tiers de l'eau se situent dans les cellules qui composent les organes. Le 1/3 restant est réparti dans les différents liquides du corps comme le sang, la lymphe et le liquide interstitiel.

L'eau joue le rôle de transporter les substances nutritives dans toutes les cellules de l'organisme et de contribuer à l'élimination des déchets produits. Chaque jours, l'eau est éliminée principalement par les urines (1,5 litre), la transpiration et la respiration (0,9 litre), ainsi que les selles (0,1 litre).

L'eau garantit également le bon déroulement de la thermorégulation en maintenant le corps humain à une température constante de 37 °C.

3.7. Les fibres

Les fibres sont de natures glucidiques complexes mais non dotées de pouvoir énergétique et hydrolysés par les enzymes du tube digestif.

Les fibres possèdent un rôle fonctionnel en facilitant le transit intestinal par l'augmentation du volume des selles. Les fibres sont éliminées par le côlon où elles sont partiellement lysées par la flore intestinale. Par contre, l'excès de fibres favorise le passage des aliments dans l'intestin grêle et induit l'élimination de certains éléments minéraux qui n'ont pas eu le temps nécessaire d'être absorbés.

La ration quotidienne en fibres est équivalente à 30 grammes par jour. Les légumes, les fruits et les céréales, sont de bonnes sources de fibres. L'alimentation équilibrée et non abusive peut largement satisfaire à fournir la ration de fibres.

4. Classification des aliments

La classification des aliments permet de ranger selon un ordre rationnel, et simplifier des milliers d'aliments, selon des critères bien choisis :

4.1. Selon leurs origines

4.1.1. Les aliments végétaux

- ✓ Selon la systématique: (graminées, légumineuse, algue, champignons) ;
- ✓ Selon l'anatomie des plantes: (feuilles, fruits, graine, tubercule).

4.1.2. Les aliments animaux

- ✓ Suivant la systématique : mammifères, oiseaux, poissons.
- ✓ Suivant le tissu : muscle, foie, lait.

4.1.3. Aliments minéraux ou synthétique

Eau, chlorure, mélange d'acides aminés, triglycérides de synthèse.

4.2. Selon la technologie

4.2.1. Frais : normalisés ou de terroir ;

4.2.2. Conserves : Fumés, salés, irradiés, déshydratés, congelés, appertisés, pasteurisés.

4.2.3. Niveau d'élaboration : Près à l'emploi, épluchés, précuire, composés.

4.3. Selon leurs rôles

Les groupes d'aliments peuvent être arrangés selon le rôle majeur qu'ils exercent sur le corps :

4.3.1. Les aliments fonctionnels : ce sont qui apportent les fibres, les minéraux et les vitamines et sont protecteurs et nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme humain. Ces aliments sont représentés par le groupe des fruits et légumes.

4.3.2. Les aliments bâtisseurs : qui sont nécessaires à la formation de l'ossature et au développement de la masse musculaire de l'organisme. Ils sont représentés par les groupes des féculents et des viandes/poissons/œufs.

4.3.3. Les aliments énergétiques procurent de l'énergie pour les cellules de l'organisme et servent également de substances de réserve. Ils sont représentés par les groupes des produits céréaliers, des produits sucrés et les matières grasses.

L'aliment vital est l'eau. Elle appartient au groupe des boissons.

4.4. Selon la teneur en nutriments

Les groupes ou parfois familles d'aliments sont en nombre de 7 groupes d'aliments. Cette classification simplifiée des aliments est établie selon leurs teneurs en nutriments (protéines, lipides, glucides), minéraux (fer, calcium, magnésium...) et vitamines (liposolubles : A, D, E, K et hydrosolubles : B, C...).

4.4.1. Groupe des fruits et légumes

Ce groupe d'aliments constitue un rôle fonctionnel et légèrement énergétique. Les fruits et à un degré moindre les légumes, apportent du fructose. Ce sucre simple à **C6** procure un goût sucré à ces aliments et égale énergétiquement au glucose. Néanmoins, les fruits et les légumes sont particulièrement riches en eau (de 80 à 95 % de leur poids) et en éléments nutritifs dont l'organisme humain est incapable de synthétiser tels que :

Les fibres : qui accélèrent le transit intestinal, provoquent une sensation de satiété et favorisent le développement de la flore intestinale (protection contre les attaques, diminution de l'absorption des graisses, limitation de l'élévation de la glycémie dans le sang...). Les fibres possèdent la particularité d'être le seul élément indigestible.

Les minéraux :

- Potassium K et Sodium Na : régularisant la répartition de l'eau dans l'organisme.
- Magnésium Mg : équilibre le système nerveux, régularise le rythme cardiaque...
- Calcium Ca : rentre dans la construction et le maintien osseux. Néanmoins, la teneur en Ca des fruits et légumes est inférieure par rapport à celle des produits laitiers.

Vitamines :

- La vitamine C : impliquée dans la stimulation du système immunitaire et l'assimilation du fer, en plus d'une action antioxydante scientifiquement prouvée...
- La vitamine B9 (acide folique) : qui joue un rôle fondamental dans le métabolisme des protéines et le matériel génétique.
- La bêta-carotène : la protection des tissus (antioxydant) et transformation dans l'organisme en vitamine A.

Une consommation diversifiée et régulière des fruits et des légumes permettra de satisfaire aux besoins en fibres, vitamines et minéraux.

4.4.2. Groupe des viandes, poissons et œufs

Ce groupe d'aliments sont particulièrement recommandés pour leur contenance en protéines. La quantité de protéines apportée par la viande, le poisson ou les œufs est semblable. En revanche, leurs teneurs en lipides, vitamines et minéraux sont très variables selon l'animal et de la partie de la viande consommée.

Les nutriments de ce groupe sont les suivants :

- **Les protéines** : composées d'acides aminés permettant la construction et le renouvellement des organes vitaux et des tissus, essentiellement les muscles.

- **Les lipides** (matières grasses) : apportent principalement de l'énergie en quantités et qualités variables selon l'origine de l'animal.

- **Les Minéraux** :

- Fer : fabrication d'hémoglobine et myoglobine qui permettent le transport et le stockage de l'oxygène. Le fer d'origine animale est plus assimilable (deux fois et demi) par l'organisme que le fer d'origine végétale.

- Zinc : renforce le fonctionnement du système immunitaire et joue un rôle antioxydant (protection contre le vieillissement).

- Sélénium : possède un rôle antioxydant (protection contre le vieillissement).

Les vitamines :

- Vitamines du groupe B : elles sont variées et leurs richesses dépendent de la quantité de matières grasses.

- Vitamine E : qui est antioxydante (protection des tissus).

- Vitamine K : intervient dans la coagulation du sang.

4.4.3. Groupe des produits laitiers

Ces aliments « constructeurs » possèdent un rôle très important durant la puberté puisqu'ils contribuent au développement de la masse osseuse qui peut doubler pendant l'adolescence.

Les produits laitiers sont des aliments qui apportent la plus grande diversité d'éléments.

Les nutriments qui rentrent dans la composition de ce groupe sont :

- **Les protéines** : sont composées d'acides aminés qui permettent la construction et le renouvellement des organes vitaux et des tissus (particulièrement les muscles).

- **Les lipides** : en plus de procurer de l'énergie, les matières grasses des produits laitiers se décomposent facilement en acides gras saturés, acides gras mono-insaturés et acides gras polyinsaturés en équilibre parfait.

- **Les Minéraux** :

- Calcium : constitution du squelette et des dents (développement de la masse osseuse de 7 à 8 % par an pour un adolescent), contraction musculaire... Les teneurs en calcium sont variables selon les produits.

- Phosphore : associé au calcium, il est un constituant des cellules et participe à la mise en réserve de l'énergie.

- **Les vitamines :**

- Vitamine A : nécessaire pour la croissance, la vision, le renouvellement de la peau...
- Vitamine D : facilite l'utilisation du calcium par l'organisme.
- Vitamines du groupe B : qui sont variés et leurs richesses dépendent de la quantité des matières grasses.

4.4.5. Groupe de féculents

Ce groupe d'aliments englobe une grande catégorie qui regroupe les pommes de terre, les céréales, le pain et les légumes secs... Ce groupe est exclusivement la première source d'énergie et représente globalement la moitié de la ration alimentaire quotidienne. Ce groupe des féculents apporte les éléments suivants :

- **Les fibres** : rencontrés essentiellement dans les céréales complètes et les produits non raffinés, les fibres participent au bon fonctionnement digestif (régulation du transit intestinal, sensation de satiété...).

Nutriments :

- **Les glucides complexes** : la dégradation de l'amidon, donne naissance au glucose qui est l'ultime source d'énergie pour l'organisme humain. Le glucose provenant de l'absorption de l'amidon, est distribué graduellement dans l'organisme et permet de garantir un état de satiété et un bon fonctionnement des activités physiques ainsi que des fonctions cérébrales à long terme.

- **Les protéines** : éléments « constructeurs » de nos cellules, les protéines végétales apportent des acides aminés en faible quantité.

- **Les minéraux :**

- Magnésium : équilibre le système nerveux, régularise le rythme cardiaque...

- **Les vitamines :**

- Vitamine E : pouvoir antioxydant (protection des tissus).
- Vitamines du groupe B : intervenant dans l'utilisation des nutriments.

Les teneurs en vitamines et minéraux sont très variables en tenant compte du type de la céréale

ainsi que le mode de raffinage.

4.4.6. Groupe des matières grasses

Les matières grasses regroupent des aliments qui ont subi une transformation tels que le beurre, la crème fraîche, les huiles et les margarines. Les nutriments essentiels de ce groupe sont les suivants :

- **Les lipides** : ils sont repartis principalement en acides gras (saturés, mono-insaturés et polyinsaturés) et sont une source d'énergie « de réserve », composent une partie des cellules, freinent la digestion et transportent les vitamines liposolubles. Chaque aliment contient des quantités variables en acides gras. Il est par conséquent nécessaire de les faire diversifier afin de profiter de leur complémentarité qui joue un rôle primordial dans l'organisme.

- **Les vitamines** :

- Vitamine A : nécessaire pour la croissance, la vision et le renouvellement de la peau...
- Vitamine D : favorise l'utilisation du calcium par l'organisme.
- Vitamine E : qui est antioxydante (protection des tissus).
- Vitamine K : joue un rôle dans la coagulation du sang.

4.4.6. Groupe des produits sucrés

Ce groupe est composé de tous les aliments possédant une saveur sucrée prononcée, tels que le chocolat, le miel, la confiture, la viennoiserie, la pâte à tartiner... seulement ces aliments apportent pareillement des matières grasses dites « cachées ». il est impératif de signaler que la consommation de ces produits sucrés doit être soigneusement modérée puisque une consommation importante de ceux-ci provoquerait un déséquilibre alimentaire.

Les nutriments principaux sont :

- **Les glucides simples** : ils constituent une bonne source d'énergie en offrant du glucose, combustible de toutes les cellules du corps humain. En conséquence, le cerveau utilise le glucose qu'est sa seule source d'énergie nécessaire à son fonctionnement.

Les glucides simples sont rapidement assimilés et accroissent rapidement les taux de sucre dans le sang. Ce groupe d'aliments est principalement source de plaisir et source d'addiction.

4.4.7. Groupe des boissons

Plus qu'essentiel, l'eau est vitale. Le corps humain est constitué principalement d'environ 60 à 70 % d'eau. Les pertes quotidiennes peuvent entraîner une déshydratation qui induit rapidement des troubles fonctionnels de l'organisme. Il ne faut donc pas patienter d'avoir soif pour partir boire.

L'approvisionnement quotidien en eau permet de compenser les pertes urinaires (estimé à environ 1 500 ml/j), fécales (100-150 g/j), par voie cutanée (pertes sudorales en relation avec les besoins de la thermorégulation très variable selon les conditions climatiques) et par voie respiratoire (800 ml/j).

Les besoins journaliers sont estimés à environ 1,2 l à 2,5 l au minimum en fonction de l'activité physique exercée par l'individu et selon la variation des aléas climatiques.

5. La notion d'équilibre alimentaire

L'équilibre alimentaire ou parfois nutritionnel est obtenu quand la ration alimentaire compense les dépenses globales de l'organisme avec ses apports

La ration alimentaire est la quantité d'aliments consommée quotidiennement par un individu afin de satisfaire ses besoins nutritionnels. Elle doit être impérativement répartie entre les différents repas de la journée.

Ces exigences nutritionnelles varient au cours de la vie d'une personne selon plusieurs critères qui sont : le sexe, l'âge, l'activité physique, le mode de vie et l'état de santé.

- **Les apports énergétiques conseillés (AEC)** représentent la quantité totale d'énergie à fournir par jour pour un individu. Elle est exprimée en kilojoules.
- **Les apports nutritionnels conseillés (ANC)** montrent la quantité de constituants alimentaires à consommer par jour pour un individu. Les AEC et les ANC sont établis au niveau national à partir des besoins nutritionnels caractéristiques de chaque groupe d'individus et des habitudes alimentaires du pays.
- **Les apports journaliers recommandés (AJR)** correspondent aux besoins nutritionnels moyens de la population. C'est une valeur européenne harmonisée qui ne prend pas compte les particularités de la population telle que le sexe, l'âge...

Les AJR sont des valeurs de références qui permettent de situer un produit dans sa

participation à la couverture des besoins nutritionnels journaliers.

Ils sont parfois mentionnés sur l'étiquetage nutritionnel des produits alimentaires afin d'informer et sensibiliser le consommateur.

Dans le système des unités internationales, la valeur énergétique des aliments est exprimée en Joules (J) ; l'équivalence habituellement utilisée est $1 \text{ Kcal} = 4,185 \text{ KJ}$; inversement $1 \text{ KJ} = 0,239 \text{ Kcal}$. L'expression en méga joules (MJ) est utilisée pour le besoin énergétique journalier : $1 \text{ MJ} = 100 \text{ KJ} = 239 \text{ Kcal}$.

Quelques valeurs de référence des besoins énergétiques selon les personnes :

- Un homme ayant un poids de 70 kg
- Âgé entre 20 et 40 ans : les besoins sont de 2400 à 3400 kcal/j selon l'activité physique.
Valeur normale : 2700 kcal/j.
- Âgé de 41 à 60 ans : les besoins sont de 2250 à 3400 kcal/j. Valeur normale : 2500 kcal/j.

- Une femme de 60 kg
- Âgée entre 20 et 40 ans : les besoins sont de 1900 à 2600 kcal/j. Valeur normale : 2200 kcal/j.
- Âgée entre 41 et 60 ans : de 1800 à 2400 kcal/j. Valeur normale : 2000 kcal/j.

Chapitre 2 : Caractères généraux des aliments

I. Caractères de l'eau

I.1. Activité de l'eau :

L'état de l'eau dans un aliment possède plus d'importance pour la stabilité de l'aliment que de la teneur totale de l'eau puisque les constituants biochimiques peuvent mobiliser relativement l'eau en l'empêchant de se volatiliser et en diminuant sa réactivité chimique.

La mesure de la quantité de l'eau et voir sa disponibilité dans divers aliments est appelée « activité de l'eau » symbolisé par **aw** de l'anglais activity of water).

La mesure par l'activité de l'eau **aw** est un critère énormément utilisé en agroalimentaire. Cette activité mesure de façon globale la force de liaison entre l'eau et l'aliment. L'activité de l'eau se définit par la relation suivante :

$$aw = Pw/P^{\circ}w$$

Pw : Pression partielle de la vapeur d'eau d'une solution ou d'un aliment

P[°]w : Pression partielle de vapeur d'eau pure à la même température.

Avec :

L'activité de l'eau pure étant fixée par convention égale à l'unité **aw = 1**, ce qui signifie que l'activité de l'eau d'une solution ou d'un aliment est constamment inférieure à 1.

I. 2. Isotherme de sorption :

Représenté par la courbe qui indique à l'équilibre et à une température déterminée, la quantité d'eau retenue par un aliment donnée en fonction de l'humidité relative de l'atmosphère qui l'entoure ou inversement, la pression partielle de la vapeur exercée par l'eau de l'aliment en fonction de la teneur en eau de celle-ci.

I.2. 1. Isotherme et états de l'eau dans un aliment :

Les isothermes de sorption peuvent être divisées en 2 parties :

a - Pour la valeur de aw : 0 < aw < 0.2 - 0.3

L'eau fortement liée (eau retenue) à la surface de molécules de soluté sous forme d'une couche monomoléculaire d'eau fixée sur des groupes polaires : -NH₃⁺ et -COO⁻ de protéines, -OH de glucides, eau de cristallisation des sels et des glucides.

Cette eau représente 3 à 10g /100g de poids sec. Où l'eau de cette couche est difficile à enlever, n'est pas congelable, non disponible ni étant que solvant, ni étant que réactif.

b - Pour la valeur de $a_w > 0.2-0.3$

L'eau faiblement liée (eau \pm libre) où les couches successives d'eau fixées sur la première couche par le biais de liaisons hydrogène, à cette eau on peut ajouter un vapeur d'eau condensée dans les pores des aliments. Cette eau est disponible tant comme solvant que comme réactif, pour cette raison il n'y a pas une différence fondamentale entre l'eau faiblement liée et l'eau libre dont l'activité est proche de celle de l'eau pure, elles sont capables de s'échanger entre elles très rapidement. Elle se trouve (eau \pm moins libre) en très grande partie sous forme de gel, tant à l'intérieur de cellules que dans les espaces inter cellulaires. Sa rétention est fortement influencée par le pH ; la force ionique et la nature de sel et certaines altérations.

I.3 L'intérêt des isothermes en technologie alimentaire :

- Afin de prévoir l'activité de l'eau de l'emballage, de mélange de divers ingrédients \pm moins humides ;
- Prévoir le comportement d'un aliment lors d'un traitement ou un entreposage dans des atmosphères à humidité variable.

I.4. Caractéristiques chimiques et bactériologique d'une eau potable

Pour qu'une soit, elle doit impérativement répondre, selon la législation en vigueur de chaque pays à un certain nombre de caractères physiques, chimiques, microbiologiques et à d'autres critères organoleptiques essentiels : inodore, fraîche,

Les caractères physiques, concernent l'analyse et la mesure de la turbidité, le pouvoir colmatent et pour la coloration.

Pour l'analyse microbiologique, l'eau ne doit pas contenir des parasites ou de germes pathogènes : absence de *E.coli* dans 100ml ; de Streptocoque fécaux dans 50ml ; de Clostridium sulfuto-réducteur dans 20 ml.

Les caractères chimiques se résument sur les points suivants :

- Minéralisation totale : 2000 mg/l ; - Plomb : 0.1g/l
- Sélénium 0.05 mg/l; - Fluorure : 1.0 mg/ l - Arsenic : 0.05 mg/l
- Cuivre (Cu) : 1.0 mg/l - Fer (Fe) : 0.3 mg/l ; - Manganèse : 0.1 mg/l
- Zinc (Zn) : 5.0 mg/l - Composés phénoliques (en phénol): 0 mg.

II. Caractères des graisses et des huiles

Les lipides qu'ils soient complètement apparents comme dans le beurre et les huiles ou dissimulés comme le cas dans le lait, le fromage, la viande ou les œufs, jouent un rôle important dans l'alimentation :

- ✓ **Rôle nutritionnel** : Apport de l'énergie et les vitamines liposolubles A, E, K, D.
- ✓ **Rôle organoleptique** : participation à la texture et au goût des aliments.

Il est important de retenir les 2 remarques suivantes :

- ❖ L'hydrophobie augmente avec l'augmentation de nombre de carbone ;
- ❖ La dissociation de COOH diminue avec l'augmentation de nombre de carbone, en conséquence, l'hydrophobie de la chaîne l'emporte sur l'hydrophile de carboxyle. Seuls les acides gras à courte chaîne ($n = C4 - C10$) sont dits volatiles facilement entraînés par la vapeur d'eau, et seulement les C4 et C6 sont solubles dans l'eau.

Les lipides possèdent certaines propriétés physicochimiques qui influencent considérablement les caractères des aliments :

- ✓ Leurs insolubilités dans l'eau conditionne l'existence de nombreuses émulsions alimentaires ;
- ✓ Le point de fusion (Pf) relativement bas dans de nombreux cas entraîne leur amollissement ou bien leur liquéfaction lors d'un chauffage modéré ;
- ✓ La plasticité de plusieurs lipides à la température ordinaire explique la plupart des propriétés fondamentales qu'ils peuvent conférer aux aliments.

Le point de fusion des triglycérides dépend de plusieurs paramètres tels que :

- La longueur de la chaîne hydrocarbonique des acides gras ;
- La présence ou absence de doubles liaisons ;
- Les isomères (position, géométrie Cis ou Trans) ;
- La position des acides gras par rapport au glycérol.
- Toute graisse ou huile naturelle contient divers triglycérides ne présente jamais, un point de fusion net mais une zone de fusion.
- Les triglycérides à point de fusion relativement élevée sont présents à température ordinaire sous la forme de cristaux solides divers en suspension dans les triglycérides liquides. Cette présence de cristaux solides de la phase liquide offre aux graisses solides leurs plasticités caractéristiques.

II.1. Caractéristiques principales des graisses et huiles alimentaires :

Les graisses et les huiles végétales extraites des grains oléagineux et de fruits sont utilisées principalement comme huiles de table ; huiles et graisses de friture ou dans la préparation de margarine et de graisses émulsionnables.

Les graisses et les huiles animales sont extraites principalement de tissus adipeux, celles qui proviennent de ruminants sont en générale les plus insaturés, le tissu adipeux du bœuf et de mouton donne par fusion les suifs, utilisés surtout pour la fabrication des savons.

Pour leur emploi en alimentation humaine (margarine, friture) ou animale, les graisses et les huiles de baleine et de poissons très insaturés doivent d'abord hydrogénés. Des denrées comme l'huile d'olive, le beurre, le cacao, présentent certaines spécificité en raison de leurs caractères rhéologique et de leur arôme due à divers constituants mineurs (protéger par réglementation).

II.2. Les facteurs participant à l'oxydation des lipides dans l'aliment :

L'oxydation des lipides présents peut avoir lieu facilement grâce à l'intervention des facteurs suivants :

- ✓ La présence d'une teneur initiale non négligeable en peroxyde ;
- ✓ La présence dans l'aliment d'agent pro-oxydant : certains métaux, hème de la myoglobine, lipoxydase ;
- ✓ La présence dans l'aliment d'agent antioxydant naturel : Tocophérol, certains acides aminés, quelques substances dans certains protéines susceptibles de complexer les métaux ;
- ✓ A_w dépend en partie l'action catalytique des métaux ;
- ✓ La nature et le degré de dispersion des lipides ;
- ✓ L'effet de l'oxydation compétitive entre la présence de 2 substances simultanément oxydables.

II.3. La prévention :

Il est nécessaire de recourir à des substances ou des méthodes permettant de retarder l'oxydation des lipides au-delà de délai normale de consommation. Il existe trois substances utilisées :

- **Les substances de type I** : elles diminuent le nombre de radicaux libres exemple gallate de propyle, butyle hydroxy anisol (BHA), butyle hydroxy toluène (BHT), fumé de bois ;
- **Les substances de type II** : empêchent ou en diminuent la formation des radicaux

libres, les plus utilisés sont les agents complexant des métaux exemple : EDTA (Ethylène diamine tétra-acétate), acide citrique, cystéine, histidine ;

- **Les substances de type III** : abaissent la pression partielle de l'oxygène dans l'emballage et protègent les aliments oxydables contre la lumière.

III. Caractères du lait et produits laitiers

III. 1. Composition et valeur nutritionnelle:

L'appellation « lait » est réservée à celui de la vache. Ce lait est le résultat produit intégrale de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière qui doit être bien portante, bien nourrit et non surmenée, il doit être recueilli dans des conditions de prophylaxie idéale et ne pas contenir de colostrum.

III.1.1. la composition :

Les laits sécrétés par différentes espèces de mammifères (bovins, ovins, caprins et camelins) montrent des caractéristiques communes, et contiennent en générale les mêmes catégories de composants : eau, protéine, lactose, matière grasse et minérale, des enzymes, des anticorps, des hormones, des particules en suspension (globules de matière grasse, micelles de caséine) et même certains cellules (macrophages). Il contient certainement des microorganismes et accidentellement les antibiotiques et antiparasitaires.

Cette composition change généralement par rapport de l'alimentation, de la période de lactation, de la saison et bien sûr de la race animale.

L'étude physicochimique stipule que le lait est constitué d'un système complexe de à plusieurs phases :

- ❖ **Phase dispersante** : Lactosérum (lactose+ protéine globulaire) ;
- ❖ **Phase particulaire 1** : Emulsion des globules de matière grasse ;
- ❖ **Phase particulaire 2** : Suspension colloïdale des micelles protéique (caséine + protéine + sels minéraux, phosphate et Ca).

III.1.2. Les propriétés :

La couleur du lait est d'un blanc, mat ou opalescent, à une odeur très faible, une saveur douceâtre légèrement sucré. Quant à la densité de lait de vache varie de la valeur de 1.022 à 1.034 (densité moyenne 1.032), sa température d'ébullition se situe entre 100.15 °C et 100.17 °C et se congèle autour de 0.555°C.

Le pH de lait est presque proche du neutre, entre 6.5 et 6.7 ;

L'acidité de lait qui s'exprime en degré Dornic, ($1^{\circ}\text{D} = 0.01\%$ d'acide lactique ou l'équivalent de 0.1g/l) ; et renseigne sur son degré de conservation. Un lait frais affiche une valeur d'acidité de 18°D .

III.1.3. Le lait en tant que produit de sécrétion :

La sécrétion du lait est assurée au niveau des glandes mammaires des femelles de mammifères, où il est synthétisé par les cellules glandaires acineuses qui pompent les principaux constituants depuis le sang et la lymphe.

Principalement, le lait est constitué de deux types d'éléments :

- ✓ Les premières sont communs au sang et au lait : l'eau, sel, l'albumine et la globuline ;
- ✓ Les seconds sont exclusivement existants dans le lait : le lactose, la caséine, la matière grasse, qui sont synthétisés par les cellules mammaires.

III.1.4. La valeur nutritionnelle :

Le lait est un aliment liquide composé de une teneur en matière grasse sèche située entre 10 à et 13%, et de celle de nombreuses aliments solides. Sa valeur énergétique est de l'ordre de 7020 Kcalories par litre (700kcal/l), où les protéines possèdent une valeur nutritionnelle élevée, en particulier la lactoglobuline et lactalbumine, riches en acides aminés soufrés.

Le lait est une bonne source de Ca et de phosphate, de riboflavine et également riche en thiamine, cobalamine, vitamine A. Il contient par opposition peu de fer et de cuivre, peu d'acide ascorbique, relativement peu de vitamine D. il à noter aussi la complication d'intolérance au lactose due à l'absence de la lactase intestinale chez certains adultes.

III.1.4.1. Le lactose :

Les glucides essentiellement présents dans le lait de vache sont représenté par le lactose qui n'est rencontré nulle part ailleurs, de la formule biochimique β - D galactopyranosyl, 1-4 D glucopyranosyl (α ou β), est un disaccharide à saveur relativement peu sucrée (1/6 par rapport au saccharose), peu soluble (environ 10 fois moins à l'équilibre que le saccharose à température ambiante) et dispose d'un groupement réducteur.

Dans la fermentation lactique des produits laitiers réalisée par les bactéries faisant partie de leur composition, le lactose est hydrolysé en tant que substrat de fermentation lactique en glucose et galactose qui seront transformés en acide lactique. Le lactose possède également un rôle nutritionnel surtout chez l'enfant ; cependant dans de nombreux cas ce sucre présente certaines difficultés :

- De point de vue nutritionnelle : intolérance au lactose ;
- De point de vue technologique : hygroscopicité des laits en poudre, cristallisation du lactose dans les laits concentrés et dans les crèmes glacées.

III.1.4.2. Les lipides du lait :

Le litre du lait contient approximativement 35g de lipides, le taux varie de 2.5 à 5% en fonction de la quantité du lait produite où plus une vache produit de lait moins il contient de lipides et inversement, et également en relation avec la saison où les vaches produisent moins de lait durant la saison hivernale.

Les lipides de lait peuvent être repartis en 4 parties :

- Les triglycérides : 98% chez la vache, dont la composition en acides gras est très variable d'une espèce à une autre, les triglycérides du lait sont :
 - * Les acides gras saturés (60-70%) avec un pourcentage important de ceux à point de fusion élevée (C14, C16 et C18) ;
 - * Les acides gras à chaînes courtes et volatiles (C4-C5) ;
 - * Les acides gras mono insaturés : 25-30% ;
- Les phospholipides (1%) : représentés essentiellement par la lécithine et la céphaline, qui sont à la fois liposoluble et hydrophiles leur permettant de former des ponts entre la phase grasse et aqueuse ;
- Les stérols : avec des valeurs de 0.3 à 0.4%, duquel le cholestérol se trouve à peu près de 70mg/l et la vitamine D à 0.02 mg/l ;
- Les caroténoïdes : le carotène à 0.15mg/l et la β carotène (vitamine A) à 0.5mg/l.

Les acides gras sécrétés par la mamelle possèdent une double origine, ils proviennent pour 60% en poids d'acides gras saturés non sanguins et pour le reste d'une nouvelle synthèse par les cellules mammaires à partir de précurseurs à 2 ou 4 atomes de carbones.

III.1.4.3. Les protéines du lait :

Les protéines de lait d'une teneur avoisinant les 35 g/l, constituent un ensemble complexe constitués par :

- Des acides aminés seulement : α -lactalbumine, β -lactoglobuline ;
- Des acides aminés et acide phosphorique : caséine α et β ;
- Parfois une fraction glucidique : caséine Kappa.

En plus, il existe dans le lait une fraction dite : protéose – peptone qui présente des caractéristiques intermédiaires avec les glucides.

III.1.4.3.1. Les caséines :

a/ Structure : Les caséines (80% des protéines du lait) sont des polypeptides phosphorées associées surtout à des constituants minéraux (environ 8%), particulièrement avec le Ca et également la P et le Mg.

La caséine est formée par 3 fractions principales : α caséine, β caséine, γ caséine. La fraction α caséine est à son tour constituée par 2 fractions : α_s caséine, K caséine.

Il existe d'autre part, des variations génétiques (substitution d'un ou de plusieurs acides aminés) au niveau de l'un ou de l'autre de groupe de caséine.

Ces diverses fractions se trouvent à des pourcentages différents :

- α_s caséine : 40% ;
- **K** caséine : 15% ;
- β caséine : 30% ;
- γ caséine et autres : 15%.

b/- Propriétés et formation des micelles :

- Le P_{Hi} (isoélectrique) des caséines est proche de 4.7 et la précipitation de la fraction caséinique totale est réalisé par l'abaissement de pH de lait jusqu'à 4.7,

- À pH= 7 :
 - L' α_s caséine est sous la forme de petit polymère ;
 - La β caséine est à l'état de monomère ;
 - K caséine est à l'état de polymère plus gros.
- Si à pH=7 et à 37 °C, il est ajouté des ions Ca^{+2} à chacun de ces fractions caséiniques prises séparément :
 - l' α_s coagule, la β précipite et la Kappa n'est pas affecté ;
 - Quand α_s et β sont ensembles, l'addition de Ca à la solution provoque

encore leur précipitation, mais aussi celle de la caséine K.

III.1.4.3.2. Les protéines de lactosérum :

Représentant 20% des protéines de lait et d'un faible poids moléculaire, elles sont rencontrées dans le lait sous forme de monomère ou polymère, qui ne précipitent pas à leur point isoélectrique. Elles ne contiennent pas de phosphore, ne précipitent pas sous l'action enzymatique, possèdent une meilleure valeur nutritionnelle, et riches en acides aminés soufrés et riches en lysine. Elles sont divisées en :

- ✓ β lactoglobuline = 10% ;
- ✓ α lactalbumine = 2% ;
- ✓ Immunoglobuline et séralbumine ;
- ✓ Protéose-peptone et lactoferrine

III.1.5. Le processus biochimique de la coagulation de lait :

La coagulation de lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originale de la caséine, le résultat est formation d'un caillé, cette déstabilisation est réalisée soit par voie acide ou par voie enzymatique.

III.1.5.1. la coagulation par acidification lactique :

Cette opération est effectuée par l'abaissement de pH jusqu'à approximativement le point isoélectrique de la fraction caséinique, l'acidification peut être effectuée :

- Par addition d'acide minéral (HCl, H₂SO₄) ;
- Ou le plus souvent, par ensemencement de lait avec des levains lactiques.

Cette acidification entraîne :

- Une neutralisation des charges négatives portées par les caséines ;
- Les micelles de la caséine se flocculent et se soudent formant au repos un gel homogène ;
- Une déminéralisation progressive des micelles qui se désintègrent en sous unités ;
- Le Ca colloïdale migre dans le sérum.

III.1.5.2. La coagulation par action de la présure :

La présure : est définie comme une enzyme protéolytique extraite au moyen des semeurs à 10% de caillottes des jeunes ruminants nourris au lait, et principalement constituée par un mélange de chymosine (80%) et de pepsine (20%).

Il existe plusieurs enzymes protéolytiques qui disposent de la propriété de coaguler de lait et peuvent être de plusieurs origines :

- **Animale** : présure, pepsine ;
- **Végétale** : Bromoline, fusine ;
- **Microbienne** : Protéase fongique : *Mucor pucillus*, *Mucor meiehei*

III.1.6. L'effet des traitements thermiques :

III.1.6.1. Le brunissement non enzymatique :

Le brunissement non enzymatique appelé aussi « *réaction de Maillard* » ou « *Caramélisation* » (formation de mélanoidines), désigne un ensemble très complexe de réactions aboutissant dans divers aliments à la formation de pigment brun divers et souvent aussi à des modifications de l'odeur et de la saveur qui peuvent être :

- **Favorables** : c'est le cas de la croûte de pain, la viande rotée et la caramel ;
- **Défavorable** : Lors de la préparation ou de l'entreposage d'aliments liquides ou concentré (lait, jus de fruit, sirop) ou d'aliment déshydraté (lait, œuf, viande...).

Les substrats de ces réactions sont des substrats carbonylés et en premier lieu des sucres réducteurs, ou de certaines vitamines (principalement l'acide ascorbique, vitamine k). Les acides aminés et les protéines participent à ces réactions et les catalysent par l'intermédiaire des groupements aminés libres.

Les facteurs influençant le brunissement non enzymatique :

- ❖ La nature des sucres réducteurs : (réactivité diminue de plus réactif à moins réactif) pentose puis ribose puis hexose (glucose, fructose) puis disaccharides réducteur (lactose maltose) ;
- ❖ Température : le brunissement non enzymatique est ralenti par les baisses températures ;

- ❖ L'activité de l'eau ;
- ❖ Le pH : les effets de pH sont complexes puisque chaque réaction qui intervient dans le, présente son propre pH optimum,
 - Les aliments à pH situé entre 6 et 8 (le lait et les œufs), les conditions sont beaucoup plus favorable à la réaction de Maillard ;
 - Les aliments dont le pH est compris entre 2.5 et 3.5 (jus et jus concentré de fruits acides) : les réactions responsables de brunissement non enzymatique sont celles de la dégradation que l'acide ascorbique et du fructose (catalysé par l'acide citrique) ;
 - Les aliments à pH intermédiaire 3.6 et 6 (jus d'orange) : la condensation de Maillard et la dégradation de l'acide ascorbique interviennent conjointement.

IV. Caractères des viandes, des poissons et des œufs

IV. 1. Caractères des viandes

IV.1.1. L'apport en protéines

Essentiellement, les viandes se composent moyennement 20 % de protéines qui sont composées essentiellement de myosine, myoalbumine et de collagène. La myosine et la myoalbumine, sont des protéines d'excellente qualité contenant tous les acides aminés indispensables, ce qui procure à cette catégorie d'aliments un très bon coefficient d'efficacité protidique. Les morceaux de deuxième et troisième catégorie, sont par contre, plus riches en tissus conjonctifs, élastine et collagène principalement. Le collagène, pauvre en tryptophane et en acides aminés soufrés, diminue la valeur biologique des viandes dont il en fait partie. L'élastine, quant à elle, apporte une très faible quantité en acides aminés indispensables est médiocre.

IV.1.2. L'Apport en lipides

La composition en matières grasses des viandes change selon l'espèce considérée, l'état de l'engraissement de l'animal et le morceau considéré. Elles se concentrent à la surface de la carcasse (graisses de couverture), autour des muscles ou à l'intérieur du muscle (marbre, persille). Les graisses visibles peuvent être éliminées afin de faire réduire le taux de lipides des viandes de qualité médiocre.

Les viandes les plus grasses contenant 10 à 30 %, se retrouvent dans certains morceaux de bœuf et l'agneau, l'oie et le canard. Ces différences restent relatives car il est toujours possible de choisir des morceaux très maigres (filet de canard sans la peau...). Les abats (foie, cœur, rognons) sont des viandes maigres (~5 %).

Les lipides des viandes sont constitués principalement d'acides gras saturés et mono insaturés.

Leur composition change toutefois en relation avec le type de viande considéré. Les volailles représentent globalement une bonne source d'acides gras mono et polyinsaturés.

Toutes les viandes, mêmes maigres sont sources de cholestérol, en particulier les abats.

IV.1.3. L'apport en glucides

Il est minimale puisque il n'y aura plus quasiment plus de glycogène dans la viande arrivé au stade de la commercialisation.

IV.1.4. L'apports en minéraux

Les viandes sont riches en phosphore et représentent la meilleure source alimentaire de fer héminique. Il s'agit de fer ferreux (Fe^{++}), mieux absorbé que le fer ferrique (Fe^{+++}) des végétaux. Cet aliment est pauvre en calcium et présente un très mauvais rapport Ca/P. Les abats, singulièrement le foie, sont très riches en fer et en phosphore.

IV.1.5. L'apport en vitamines

Les viandes sont dépourvues de vitamines liposolubles. Elles sont riches en vitamines du groupe B. Les abats (essentiellement le foie) en sont les plus riches et représentent également un apport important de vitamines A et D.

IV.2. Caractères des poissons

IV.2.1. L'apport en protéines

Les poissons représentent un apport alimentaire en protéines d'une bonne qualité semblable ou équivalente que les viandes. Ils contiennent en outre une quantité plus importante de substances azotées non protéiques telles que l'ammoniaque et l'urée qui leurs confèrent l'odeur caractéristique des poissons frais. Le poisson contient généralement 20 % de protéines.

IV.2.2. L'apport en lipides

Il est connu que les poissons sont dans leurs majorités, moins gras que les viandes. Il est préférable de solliciter et d'inciter leurs consommations à la place des viandes ou de la charcuterie.

Selon leurs teneurs en lipides qui sont variables entre 0,5 % et 15 %), les poissons peuvent regroupés en 3 catégories :

- ✓ Les poissons maigres (0,5 % à 5 %) : le cas du merlan, sole, dorade, morue, truite, colin... ainsi que mollusques et crustacés ;
- ✓ Les poissons semi – gras (5 % à 10 %) : surtout le maquereau, la sardine, le saumon, le thon ;
- ✓ Les poissons gras (> 10 %) : sont les moins abondants tels que l'anguille et le hareng...

Toutefois, la composition lipidique des poissons change énormément en prenant en considération l'espèce considérée et la saison de la pêche. Les lipides sont composés d'une proportion non négligeable d'acides gras mono insaturés et polyinsaturés, en particulier de la série n-3 (l'acide eicosapentaénoïque: C20:5 et l'acide docosa-hexaénoïque: C22:6).

La proportion en cholestérol des poissons se situe entre 50 mg et 70 mg pour 100 g. Les crustacés sont les plus riches en teneur de matière grasse où les coquillages (huitres, moules, palourdes...) en contiennent des quantités proportionnellement importantes de stérols.

IV.2.3. L'apport en glucides

Sauf le cas des coquillages qui contiennent des quantités relativement faibles en glycogène.

IV.2.4. L'apport en minéraux

Semblablement que les viandes, les poissons renferment une quantité minime en calcium. C'est une source importante de phosphore et d'iode. Ils sont moins riches en fer en comparant avec les viandes. Les coquillages et crustacés possèdent la singularité d'être plus riches en divers minéraux tels que le calcium, le zinc, le fer et le sodium...

IV.2.5. L'apport en vitamines

Les poissons représentent une bonne source de vitamines du groupe B (en particulier B12) et de vitamine E. Il a signalé que les vitamines A et D sont pareillement disponibles dans les poissons gras, principalement dans le foie.

IV.3. Caractères des œufs :

IV.3.1. L'apports en protéines

Les protéines de l'œuf qui sont l'ovalbumine dans le blanc et l'ovo vitelline dans le jaune, possèdent une excellente valeur nutritionnelle. Leur composition en acides aminés, parfaitement équilibrée ; d'où leurs utilisations comme protéines de références dans l'expérimentation de la détermination des teneurs protéiques des autres aliments. Un œuf entier d'un poids de 55 g est de 8 g, ce qui représente 14 % de l'apport protéique.

IV.3.2. L'apports en lipides

Un œuf entier contient 12 % de son poids en lipides qui sont uniquement contenus dans le jaune (approximativement 7 g de graisses dans 1 jaune) comportant une forte teneur en phospholipides. Le jaune d'œuf est d'autre part une source importante du bon cholestérol (1 500 mg environ pour 100 g soit 300 mg pour 1 jaune).

IV.3.3. L'apports en minéraux

Le jaune d'œuf est surtout riche en phosphore et en fer. Pareillement que la viande et les poissons, il représente un faible apport de calcium associé à un rapport Ca / P très défavorable à son absorption.

IV.3.4. L'apports en vitamines

L'œuf est une source très favorable de vitamines du groupe B et pour le jaune de vitamines A et D. Il à noter qu'il n'existe pas de relation entre la couleur plus ou moins intense du jaune et sa teneur en vitamines.

V. Caractères des céréales et des légumineuses

V.1. Graines végétales

L'appellation « céréale » des différentes espèces appartenant à l'embranchement des Phanérogames (règne végétale) ou sous embranchement des Angiospermes et au Monocotylédones, famille Graminées.

Cette catégorie regroupe le blé tendre *Triticum vulgare* ou *Triticum aestivum*; le blé dur : *Triticum durum*; le maïs *Zea mays*; le riz *Oryza sativa*; l'orge *Hordeum vulgare*... Les grains de céréale et leurs dérivés représentent l'apport nutritionnel principal en calories de l'alimentation humaine, surtout dans de nombreuses régions en voie de développement (90% contre 25% seulement dans les pays industrialisés) où ils présentent le seul et unique apport en protéines qui reste insuffisant à cause de la déficience en lysine.

L'utilisation de ces grains en alimentation humaine est effectuée de 2 manières, soit directement servant comme ingrédients de base dans la préparation des plats culinaires, ou indirectement après avoir subi des transformations de mouture (artisanal ou industriel) afin d'obtenir des farines ou des semoules qui seront à leurs intégrer dans la composition des pains, des biscuits ou des pâtes alimentaires...

V.1.1. la composition biochimique :

La graine de blé est constitué principalement par la matière organique (glucide, matière azoté, lipides), de l'eau, aux quelle il faudra ajouter des faibles quantités de matière minérale, et également de matière grasse qui se concentre en majorité dans le germe et les enveloppes. Dans le cas de mauvaises conditions de conservation et de stockage, ces constituants agissant défavorablement sur la valeur boulangère par l'élévation de l'acidité et sont à l'origine de phénomène connu de rancissement.

L'amidon constitue la majeure partie de l'albumen, il existe sous des tailles et des formes différentes, la granule d'amidon est constituée par des couches concentriques alternativement cristalline et amorphe. Il est enfermé à l'intérieur de la chaîne protéique (réseau visqueux élastique).

La teneur des graines en matière azotée est faible, de l'ordre de 10 à 12%, où les protéines sont principalement localisées dans l'albumen, et surtout dans la partie périphérique.

A partir des graines des céréales, 4 principaux types de protéines ont pu mettre mise en évidence :

L'albumen : qui est soluble dans l'eau ;

La globuline : soluble dans une solution saline à 10% ;

Les prolamines : solubles dans une solution d'éthanol, sont appelés dans le cas de blé gliadine ;

La gluteline : soluble dans des solutions acides et basiques diluées, appelés dans le cas

de blé gluténine.

Les gliadines et les gluténines constituent les protéines du Gluten.

V.1.2. Caractéristiques des protéines :

Les albumens et les globulines ayant une masse moléculaire comprise entre 10.000 et 100.000, présentent les propriétés caractéristiques de leur groupe avec leur nature globulaire, et elles conviennent principalement, dans l'ensemble des protéines biologiquement fonctionnelles.

Par contre, les gliadines et les gluténines possèdent des caractéristiques communes, en constituant la réserve d'azote de carbone et de soufre pour le développement de la jeune plantule, au moment de la germination.

Ces protéines possèdent une composition en acides aminés très riche en glutamine et en proline, mais très pauvres en acides aminés basiques (Lysine, Histidine, Arginine).

Les gluténines ont une teneur en résidu « Lys, Gly, Ala, Tyr » fortement supérieure à celle des gliadines tandis que leur teneur en « acide glutamique Proline et Cystéine » est inférieur.

V.2. Les graines de légumineuses :

Structure et composition :

Les légumineuses sont cultivées particulièrement à cause de leur graines riches en protéines, telles que les fèves, les pois, le haricot, la lentille, le soja, l'arachide. Elles sont utilisées et intégrées dans l'alimentation humaine. L'intérêt particulier réservé à cette catégorie d'aliments est due à leurs richesses en protides et à un degré moindre en glucides par rapport aux graines de céréales. Leur composition en pourcentage en matière sèche, à l'exception du soja, est respectivement de 22 à 25% en protides, de 48 à 54 % des glucides et de 1 à 4% de lipide.

A cause de leurs teneur en protéines, ces graines sont souvent appelées protéagineuses et leurs cultures sont en perpétuelle expansion à l'échelle mondiale.

Les légumineuses représentent une composition en protéines assez semblable et sont principalement composées de globuline de 60 à 90% et d'albumine de 10 à 20%.

Les fractions de globuline des graines légumineuses sont représentées par des protéines de type 7 S à 11-12 S (S correspond au fractionnement par ultracentrifugation identifiées par la coefficient de sédimentation) ; la structure quaternaire de ces protéines est complexe et diffère

suivant qu'il s'agit des légumineuses protéagineuses ou oléagineuse, les différents monomères sont formés par des polypeptides acides et basiques assemblés par des ponts disulfure ce qui confère à ces protéines la possibilité de s'agréger ou se dissocier selon les caractéristiques du milieu.

VI. Le caractère des légumes et les fruits

VI. 1. Les légumes

Les légumes utilisés dans l'alimentation humaine peuvent provenir de toutes les parties de la plante aussi bien les racines (carottes, navet...), les tubercules (pommes de terre), les tiges (céleri), les feuilles (épinard), les fleurs (chou-fleur), les fruits (tomate, courgette). Ils se caractérisent par leurs teneurs élevées en eau (90 % en général), un apport en glucides modéré de 1 à 6 % pour les parties aériennes des plantes (salades, épinards, courgettes, tomates...) et 9 % environ pour les racines (carottes, céleri...).

Les légumes contribuent à un apport important de potassium, également du calcium (surtout dans les choux), du magnésium, du fer et du cuivre (légumes à feuilles type épinard), du soufre (choux, oignons, ail, poireaux, navets, radis) et d'autres nombreuses matières minérales.

Ces aliments sont riches en vitamines hydrosolubles : vitamine C (choux, légumes à feuilles, tomates), provitamine A ou bêta-carotène (partie colorée des plantes : légumes à feuilles vertes, carottes...) et vitamines du groupe B.

Les fibres des plantes se composent surtout de cellulose, d'hémicellulose et de matières pectiques.

La pomme de terre se distingue par un apport plus important en amidon (20 %) et une teneur en vitamine C assez faible surtout après quelques mois de conservation. Elle doit être rangée avec les aliments sources d'amidons telles que les pâtes alimentaires et le riz) de préférence qu'à un légume frais.

VI.2. Les fruits :

VI.2.1. La composition des fruits

La composition des fruits est similaire à celle des légumes avec une concentration en glucides, par voie de conséquence plus élevée. Il s'agit dans la plus part des cas de sucres simples en C6 (de fructose, du glucose), de saccharose ou plus rarement d'amidon (banane, châtaigne). L'apport en sucres est très variable, peu important pour les agrumes, les groseilles, les fraises, les framboises, les mures, le melon et la pastèque (5 à 10 %) et généralement plus présents dans le raisin et la banane (18 à 20 %).

L'importance principale des fruits se résume dans leur richesse en vitamines : les plus riches en vitamine C sont les fruits acides (agrumes, groseilles, cassis, fraises...), les plus riches en carotène sont les fruits colorés (abricots, pêches, myrtilles, cassis...).

Il y a peu d'oligoéléments dans les fruits et sont tous riches en potassium et pauvres en sodium.

Les fibres des fruits sont composées de manière égale de cellulose, lignine, hémicellulose et matières pectiques. Certains fruits sont particulièrement riches en pectines (pomme, coing).

VI. 2.2. Les fruits secs

Les fruits séchés (raisins, pruneaux, bananes, pommes, poires) contiennent moyennement 73 % de glucides assimilables. Si la dessiccation est bien conduite par des procédés industriels plutôt que grâce au soleil, ces fruits constituent une bonne source de vitamines A et C. Ils possèdent aussi une teneur élevée en fibres.

VII. Caractères des sucres et des produits sucrés

L'appellation « Glucides » est réservée sur le plan biochimique et réglementaire aux composés en C6, autrement les monosaccharides (fructose et glucose) et en C12 ou disaccharides (saccharose).

VII.1. Le sucre

Le sucre de canne ou de betterave ne sont pas distincts sur le plan de leur composition. De même pour la cassonade ou sucre roux qui ne dévoilent pas de caractéristiques nutritionnelles singulières. Tous ces sucres sont composés de 100 % de saccharose rapidement assimilé par l'organisme. Il s'agit d'une bonne source d'énergie facilement utilisable, intéressante en cas d'efforts physiques intenses.

VII.2. Les confiseries

Les confiseries se définissent comme des « préparations alimentaires dans lesquelles le sucre constitue l'élément prépondérant à l'exception des confitures, gelées et marmelades ». En dehors du sucre, les matières premières entrant dans leur composition sont nombreuses et diversifiées ; comme le cas des matières grasses végétales, l'amidon, les gommes, les gélatines, les colorants, les parfums naturels et synthétiques, les amandes, les noisettes... Les sucres employés sont en général le saccharose mais aussi le sucre inverti, le glucose et le miel.

VII.3. Le miel

Le miel est constitué de 3 à 6 % de saccharose, 35 % de glucose et 35 % de fructose. Les vitamines et éléments minéraux sont présents à l'état de traces.

VII.4. Le chocolat

Cet aliment est le résultat du mélange de sucre avec la pâte de cacao. Cette pâte de cacao représente, sauf pour le chocolat au lait, au moins 35 % du produit final dont 18 % de beurre de cacao.

Le chocolat apporte en moyenne 50 à 65 % de saccharose, 20 à 30 % de lipides (beurre de cacao particulièrement), 6 % de protéines, des minéraux (phosphore, calcium, magnésium, et un peu de fer) et un peu de vitamines.

VIII. Les caractères des boissons

La composition minérale de l'eau est extrêmement variable. La réglementation alimentaire exige pour les eaux potables une teneur maximale de matière minérale de 2 g/l. Les minéraux qui peuvent être présents dans l'eau sont nombreux, il s'agit entre autre de : calcium, magnésium, fer, sodium, potassium, fluor...

Les eaux de boissons sont classées en 4 catégories :

- ✓ Les eaux de distribution publique correspondant à la définition des eaux potables,
- ✓ Les eaux de table sont des eaux de distribution vendues en bouteille,
- ✓ Les eaux de source doivent avoir une origine déterminée et être commercialisée telles qu'elles sont extraites du sol sans avoir subi de traitement,
- ✓ Les eaux minérales font l'objet d'une législation particulière et ont des caractéristiques « favorables à la santé ».

Selon leur degré de minéralisation (évalué par le « résidu sec » RS), les eaux minérales sont réparties en :

- * eaux riches en sels minéraux ($RS > 1500 \text{ mg/l}$) ;
- * eaux moyennement minéralisées ($50 \text{ mg/l} < RS < 1500 \text{ mg/l}$) ;
- * eaux faiblement minéralisées ($RS < 500 \text{ mg/l}$).

VIII. 1. Les boissons sucrées

Cette catégorie regroupe les limonades, les sodas, les sirops, et les boissons aux fruits. Les boissons aux fruits composées d'eau, de sucre et de 12 % seulement d'extraits de fruits ne doivent pas être confondues avec les jus de fruits. Un litre de ces boissons apporte 90 à 120 g de sucres.

Dans les boissons "light" le sucre est remplacé par un édulcorant de synthèse. Ce type de boissons n'apporte pas de sucre.

VIII.2. Le thé et le café

Ces boissons sont très utilisées pour leurs qualités stimulantes du système nerveux central grâce à leurs matières actives qui est respectivement la caféine et la théine). Hormis l'addition du saccharose assimilable, elles ne contiennent aucun élément nutritif comestible.

VIII.3. Les jus de fruits

Les jus de fruits contiennent les substances nutritives des fruits dont ils sont originaires : minéraux, vitamines et sucres. La teneur en sucres d'un jus de fruit est variable selon le fruit employé : le jus de raisin contient environ 200 g de sucres par litre et le jus d'orange de 90 à 100 g.

La dénomination de « jus de fruit » est réservée au produit composé exclusivement de fruits pressés. Les jus reconstitués sont obtenus, par contre, à partir du mélange de concentré de jus de fruits et d'eau, ont également le droit à cette désignation. Les « nectars » qui sont des mélanges de jus de fruits (25 à 50 % du produit final), d'eau et de sucre ne sont pas des jus de fruits.

Chapitre 3 : Introduction aux technologies de transformations et production des aliments

1. Définition de la technologie alimentaire

La technologie alimentaire peut être définie comme une branche se basant sur l'utilisation des notions de base des sciences alimentaires pour la sélection des denrées agroalimentaires en vue de leurs transformations industrielles pour garantir à fournir aux consommateurs des produits alimentaires de qualité organoleptique et une valeur nutritionnelle irréprochables.

Les spécialistes exerçant dans le domaine alimentaire, doivent se pencher d'avantages sur la composition des aliments de point de vue physicochimiques et microbiologiques.

Les recherches pionnières dans le domaine de la technologie alimentaire sont très anciennes où l'élaboration en 1810 du procédé de l'appertisation, par Nicolas Appert était le déclenchement d'une nouvelle ère dans le domaine industriel avec la mise au point de la première conserve qui fut un grand bouleversement dans les techniques de conservation des aliments.

En 1864, Louis Pasteur réalisa des recherches sur la production de l'alcool, du vinaigre, du vin et de la bière et sur l'acidification du lait. Ces travaux ont été le point de départ des premières bases scientifiques de la technologie alimentaire.

2. Les caractéristiques des matières premières agricoles

Les matières premières agricoles aussi bien végétales ou animales disposent principalement de trois caractéristiques : complexité, instabilité et variabilité. Ces matières premières des industries alimentaires proviennent: de l'agriculture (productions végétale et animale) pour la plus grande partie; de la pêche et de la mer (algues, sel marin); du sous-sol, dans le cas des eaux minérales et du sel ; de l'industrie chimique (certains additifs).

La complexité des différentes matières agricoles utilisées dans la technologie alimentaire, réside sur l'existence de différents niveaux de structure et d'une grande diversité biochimique. Une différenciation doit être signalée entre ce qui est « **compliqué** » et ce qui est « **complexe** ». Un produit compliqué est susceptible d'être analysé et à décomposer en

éléments simples depuis le niveau macroscopique(cm) jusqu'à l'échelle du nanomètre (10^{-6} m). Alors que dans un système complexe, les éléments du même système sont en perpétuelles *interactions* : la compréhension des propriétés de l'ensemble dépasse celle des propriétés des parties constitutives.

A cause de leur composition biochimique, les matières premières agricoles sont très instables dans les cellules vivantes, en particulier des microorganismes. Tous les produits agricoles sont initialement des tissus ou des organes dont les cellules sont dans un état dépendant de la matière considérée. Par exemple, le lait ne contient que quelques cellules somatiques provenant du tissu mammaire, alors que le muscle passe à un état post mortem à l'issue de l'abattage, avec tout son équipement enzymatique complet et une subdivision cellulaire en état de dégradation. Les fruits et légumes frais sont considérés comme vivants sur le plan biologique. Enfin, les grains et graines sont dans un état de dormance facile à faire lever.

3. Les procédés de transformation

3.1. Le système de production



Il s'agit d'un système permettant la conversion et le passage des matières premières brutes en un ou plusieurs produits finis, fondé sur des procédés de transformation physique, chimique ou biochimique bien déterminées.

3.2. L'approche par mécanisme

Les procédés mis en œuvre dans la transformation des denrées alimentaires peuvent être classés en fonction du mécanisme principal qui les contrôle :

- Les procédés physiques font intervenir généralement la température, les contraintes mécaniques et l'irradiation. Dans les procédés membranaires, ils existent différentes formes de transfert de chaleur, de cuisson-extrusion de broyage.
- Les procédés biotechnologiques ou communément appelées biotechnologies blanches, sont des techniques basés principalement les fermentations par les champignons et les bactéries en plus de l'utilisation des enzymes.

- Les procédés purement chimiques sont peu exercés dans les technologies alimentaires.

Toutes les opérations précédentes sont analysables en termes de transferts de masse, de quantité de mouvement, ou de chaleur, issus du génie chimique. Toutefois, la complexité propre aux matières agricoles, aux sous – produits alimentaires intermédiaires et aux aliments impose de faire le suivi, pour chaque opération, les structures à leurs différentes échelles et leur dynamique réactionnelle. Cette complémentarité des approches matière et génie des procédés qui est à l'origine des technologies agroalimentaires. D'autres techniques strictement mécaniques sont indispensables pour la technologie de fabrication des poudres durant les opérations de broyage.

3.3. Procédés traditionnels

Dans le domaine de technologie agroalimentaire, les procédés les plus traditionnels sont les suivants :

- Le séchage à l'air libre et au soleil,
- Le salage par le Na Cl,
- La fumaison ou boucanage,
- Le saumurage,
- Les fermentations alcooliques produisant l'éthanol (vins, cidres) et
- Les fermentations lactiques à l'origine de la fabrication des fromages, la choucroute et les levains de panification
- Le sucrage ou la conservation par le sucre et l'acide acétique (vinaigre).

La clé de l'inhibition du développement et la croissance des microorganismes est de se focaliser à s'attaquer aux éléments nécessaires à leur croissance qui sont entre autres l'eau, l'oxygène et la température. Le procédé de séchage reste de loin celui le plus ancien et le plus répandu et s'avère dans la majorité des cas très efficace contre toute attaque.

L'ajout de sel ou de sucres (saccharose, lactose, glucose, sirops de glucose) permet de faire réduire l'eau disponible pour les microorganismes ainsi que les enzymes présentes dans l'aliment. L'acidification, qu'est l'opération de faire baisser du pH, permet pareillement de réduire, voire même d'empêcher le développement des germes microscopiques.

4. Principes de l'industrie alimentaire

L'industrie agroalimentaire s'articule sur plusieurs principes qui vont de la simple transformation de la matière première en produits finis par cuisson ou par fermentation ; d'extraire, séparer, purifier les constituants des matières premières naturels et agricoles (sucrierie, huilerie, minoterie, beurrerie, etc.); d'effectuer des mélanges pour obtenir des goûts et/ou des textures voulues (chocolaterie, biscuiterie, charcuterie, etc.) ; de stabiliser les matières issues de l'agriculture et de la pêche ou de l'aquaculture (séchage, traitements thermiques ou frigorifiques, salage, fumage, confisage, etc.).

5. Les différents types de traitements des transformations des aliments

5.1. Le traitement de l'amélioration des microorganismes bénéfiques

Depuis l'antiquité, d'innombrables catégories de microorganismes ont été utilisés dans les préparations alimentaires, il s'agit des différents types de bactéries lactiques, certaines moisissures et levures. La production de boissons alcoolisées ou non (bière, cacao, café, thé, vin); des yaourts et des fromages; des pains et spécialités boulangères ; de saucisses et de choucroutes font appel à l'utilisation des microorganismes qui contribuent à la fois à la production du goût et la préservation des produits alimentaires, comme ils prennent part à l'élimination des germes pathogènes indésirables. Toutefois, certaines de ces bactéries bénéfiques sont sensibles à d'autres facteurs tels que les infections virales qui peuvent causer des pertes considérables à la production agroalimentaire. Les biotechnologues œuvrent à mettre à la disposition des agroindustriels de nouvelles souches résistantes aux infections virales ; alors d'autres cherchent à synthétiser grâce aux techniques du génie génétique, des substances dites bactéricides capables de stopper la prolifération et la multiplication, en particulier, des microorganismes indésirables.

5.2. Le traitement de l'amélioration de la saveur

La plupart de la population humaine considèrent la sécurité alimentaire comme étant normale, et accordent, de loin, bien plus d'intérêt et concentration liés aux aspects organoleptiques de leur alimentation. Les méthodes de transformations industrielles des aliments se perfectionnent et augmentent constamment en vue de ravitailler le marché de denrées alimentaires à saveur plaisantes et commodes à l'emploi vis-à-vis desquelles la demande est en croissance perpétuelle. Sans cesse, les laboratoires de recherche et de développement des firmes industriels proposent et innovent de nouveaux produits qui suivent

les tendances gustatives des consommateurs de plus en plus exigeants en quête à une qualité sensorielle supérieure.

Les techniques modernes de biotechnologie végétale, peuvent être des alternatives à offrir plus de saveurs et de goûts aux fruits et légumes fades. Le goût des petits pois ou encore des tomates comme pour d'autres fruits et légumes se perfectionne grâce à l'augmentation de la teneur en sucre solubles. Les chercheurs en zootechnie, essaient d'améliorer la qualité de la viande et produits carnés en mettant l'accent sur les causes de la diminution du goût et de la texture, autrement dit les fibres de la viande, en associant avec la réduction voulue de la teneur en graisses pour les adeptes des régimes amaigrissant.

5.3. Les traitements de conservation

5.3.1. Les traitements traditionnels

5.3.1.1. Le chauffage

La température de l'aliment est conduite jusqu'à un niveau qui permet d'inhiber le développement et la croissance des bactéries, de désactiver les enzymes ou encore détruire des bactéries viables. Les méthodes de cuisson humides classiques sont le blanchiment, l'ébullition, la cuisson à la vapeur et à la pression. Les méthodes de cuisson sèche sont l'utilisation de la cuisson au four, la friture et le rôtissage. A lesquelles il faut ajouter les techniques de plus en plus répandues telle que l'usage de la chaleur associée à la radiation électromagnétique, (les microondes par exemple).

La destruction des microorganismes indésirables grâce à l'emploi des techniques de chauffage à une Ultra Haute Température (UHT) est plus en plus utilisée dans les industries agroalimentaires. Le procédé consiste à chauffer l'aliment à une température supérieure ou égale à 135 °C pendant au moins une seconde, puis à le faire refroidir brusquement.

La pasteurisation qui consiste à chauffer la denrée alimentaire à une température au moins 72 °C pendant au moins 15 secondes et de faire abaisser rapidement la température dans le but de faire éliminer la majorité des agents pathogènes rencontrés dans les denrées alimentaires.

5.3.1.2.Le refroidissement

Dans ce type de traitement, la température de l'aliment est abaissée de telle façon à stopper et à ralentir sa détérioration, et ceci en retardant la prolifération bactérienne, ou en désactivant les enzymes provoquant leur dégradation. Les méthodes de refroidissement empiriques sont la réfrigération, qui consiste à le maintien à des températures faibles avoisinant les 5 °C, alors que la congélation, est une méthode qui fonctionne à des températures inférieures à -18 °C. Plus la température est basse, plus les denrées alimentaires peuvent être conservées en toute sécurité. Cependant, les changements importants de température volontaires ou involontaires sur des périodes plus moins prolongées peuvent provoquer des pertes de nutriments suivies par une décomposition des structures des aliments engendrant une diminution importante des valeurs nutritionnelles et commerciales de l'aliment.

5.3.1.4.Le séchage

L'élimination de l'eau contenue dans les aliments agricoles d'origine végétale, amoindrie le bon déroulement des réactions biologiques(activité enzymatique par exemple ou croissance microbienne), et la possibilité d'une détérioration de l'aliment est ainsi réduite. Les techniques de séchage peuvent prendre plusieurs formes partant d'une lyophilisation (le café par exemple), d'un traitement thermique par atomisation (le lait en poudre), d'un séchage au soleil (tomates, abricots, raisins, figes) ou d'un séchage en tunnel (légumes en morceaux).

5.3.1.5 L'ajout des additifs alimentaires

L'adjonction de sucre ou de sel aux denrées alimentaires est une opération employée depuis la nuit des temps comme moyen de conservation de la nourriture. Elle repose sur le principe simple que les additifs réduisent l'activité de l'eau des aliments conservés, ce qui empêche la croissance des organismes et microorganismes responsables de leur détérioration. Il est également possible de ralentir ou d'inhiber la prolifération de certains microorganismes et même de les tuer en opérant à la modification du pH de la nourriture (l'ajout de l'acide acétique pour la saumure).

Le nombre d'additifs utilisés dans les industries agroalimentaires a connu une nette augmentation depuis l'explosion extraordinaire des techniques de la transformation des aliments. Les additifs alimentaires peuvent être naturels, identiques aux naturels, ou artificiels. Il est impératif de signaler que tous les additifs contenus dans les aliments transformés doivent être autorisés par l'organisation de réglementation nationale chargée du suivi de la sécurité alimentaire dans chaque pays. La quantité et les types d'additifs contenus dans les denrées alimentaires sont strictement limités et tout additif doit être mentionné sur la liste des ingrédients figurant sur l'emballage. En Europe, à titre d'indication, les additifs autorisés portent le préfixe « E », suivi par un chiffre. par exemple, E330 correspond à l'acide citrique.

5.3.2. Les nouvelles technologies employées en technologie alimentaire

L'inconvénient des méthodes traditionnelles de conservation entraînent généralement des pertes considérables au niveau des nutriments et peuvent avoir des conséquences négatives sur la qualité de la matière première subissant la transformation. Les technologies récentes, souvent qualifiées de « traitements minimaux », visent à produire des aliments sûrs, d'une qualité nutritionnelle supérieure, et doués de qualités organoleptiques et une conservation élevée. Chaque nouveau procédé est testé en profondeur afin de s'assurer que ses effets sur la valeur nutritionnelle sont totalement mesurés.

5.3.2.1 Le traitement par les microondes

Le traitement des aliments par les microondes consiste en un chauffage par radiation, en comparaison avec les techniques les plus classiques de chauffage par convection ou par conduction. Les microondes sont transmises efficacement dans l'eau de l'aliment et non pas par le biais du plastique ou du verre. L'oscillation des molécules de l'eau dans la nourriture qui est responsable de son réchauffement. Etant donné que l'eau n'est pas répartie équitablement dans tout le volume de l'aliment, il est indispensable de remuer de temps en temps pour garantir un chauffage uniforme. La cuisson par microondes est une méthode rapide, qui nécessite un ajout minime d'eau et entraîne par conséquent une perte de nutriments moindre que d'autres formes de traitement.

5.3.2.2. La Préparation, stockage et conditionnement sous une atmosphère modifiée

La préparation des aliments dans une atmosphère modifiée peut être présentée comme « l'emballage de produits alimentaires sous film étanche aux gaz dans lequel l'environnement gazeux est modifié ». L'atmosphère dans laquelle les aliments sont préparés, conditionnés ou stockés subit des modifications contrôlées destinées à inhiber le développement de bactéries. Les gaz employés dans ce type de traitement sont généralement l'oxygène, le gaz carbonique et l'azote. Ce type de conditionnement peut se faire sous vide ou par l'introduction d'un gaz pendant l'emballage. Une évolution récente de ce procédé consiste à adopter un conditionnement actif, dans lequel l'atmosphère change en permanence pendant la durée de conservation du produit. Des films absorbant l'oxygène ou émettant du gaz carbonique par exemple peuvent être utilisés. La diminution des niveaux d'oxygène et l'augmentation du gaz carbonique inhibent le développement des microorganismes.

5.3.2.3. L'irradiation ionisante

Le traitement par rayonnement ionisant est un cas particulier de transfert d'énergie au cours duquel la quantité d'énergie transférée est suffisamment élevée pour induire l'ionisation. Il permet d'agir efficacement sur les processus biologiques et de les interrompre afin d'augmenter la durée de conservation des produits frais. Il peut également servir à stériliser les matériaux d'emballage. Les effets biologiques bénéfiques de l'irradiation sont l'inhibition de la germination, le retardement du mûrissement et la suppression des insectes. De point de vue microbiologique, l'irradiation élimine les microorganismes pathogènes et ceux qui sont responsables de la détérioration. Le principal avantage de l'irradiation est qu'elle passe dans les aliments, tue les microorganismes, mais n'a aucun effet marginal sur la valeur nutritionnelle.

La réglementation européenne de point de vue alimentation (1999/2/EC et 1999/3/EC) stipule que le traitement par la radiation ionisante sur un aliment est autorisé uniquement si:

- le besoin technologique est raisonnable ;
- Il ne présente aucun danger pour la santé ;
- Il est bénéfique pour les consommateurs ;
- Il n'est pas utilisé en remplacement des pratiques liées à l'hygiène et à la santé ou des bonnes pratiques de fabrication ou agricoles.

5.3.2.4. Le chauffage ohmique

Le principe de ce chauffage est basé sur le traitement thermique au cours duquel la chaleur est générée en interne par le passage en alternance de courants électriques dans l'aliment qui agit de point électrique comme une résistance d'où le nom qu'il détient de « chauffage par résistance », ou de « chauffage direct par résistance ». Il ne s'appuie pas sur le transfert d'énergie par les particules de l'eau et il constitue par conséquent un développement important pour chauffer efficacement les aliments à faible teneur en eau et en particules. C'est une méthode à haute température et de courte durée (HTST). Un autre avantage de ce chauffage ohmique est qu'il respecte la structure délicate de certains aliments, comme les fraises.

5.3.2.5. L'ultra haute pression

La technologie de la haute pression consiste à soumettre les aliments à des pressions qui se situent entre 100 et 1 000 mégapascals, régulièrement pendant une durée de 5 à 20 minutes. Cette dernière permet l'inactivation des microorganismes, la modification du bio polymère provoquant la formation de gel et la conservation de caractéristiques telles que la couleur, la saveur et les nutriments. L'ultra haute pression possède la capacité unique d'agir directement sur les liaisons non covalentes (comme les liaisons hydrogènes, ioniques et hydrophobiques) sans impact sur les liaisons covalentes, et surtout sans recourir à l'utilisation de la chaleur parfois destructive. En conséquence, elle permet de conserver les vitamines, les pigments et les composants de saveur tout en inactivant les microorganismes ou les enzymes qui pourraient avoir un effet négatif sur la fonctionnalité de la nourriture en raison de la détérioration des aliments.

5.3.2.6. Les impulsions lumineuses

Cette méthode fait appel à des éclats intermittents de la lumière blanche (20 % d'UV, 50 % de visibles et 30 % d'infrarouges) avec une intensité lumineuse équivalente à 20 000 fois celle depuis le soleil atteignant la surface terrestre. La fréquence standard des pulsations est de un à 20 éclairs par seconde. Celles-ci diminuent fortement la surface des microorganismes lorsqu'elles sont appliquées à la viande, les poissons et aux produits de la panification. Cette technique, idéale pour la décontamination de la surface des matériaux d'emballage, fonctionne mieux sur des surfaces lisses, exemptes de poussière.

5.3.2.7. Les champs électriques pulsés

Ce procédé implique l'application de courtes pulsations répétées d'un champ électrique à haute tension (10 à 50 kV/cm) sur un fluide pompable circulant entre deux électrodes. L'électricité utilisée dans ce cas et non pas pour produire de la chaleur mais de créer des pulsations électriques. De cette manière, les microorganismes sont anéantis en brisant leurs parois et leurs membranes. Cette technique est principalement utilisée dans le cas de traitement de produits réfrigérés ou à température ambiante. Étant donné les pulsations sont appliquées que pendant une seconde ou moins, et n'entraîne pas le chauffage du produit qui détériore les nutriments sensibles.

Chapitre 4 : Opérations unitaires des procédés alimentaires

1. Opération unitaire

Toute opération unique de nature physique, chimiques ou biochimiques commune à plusieurs procédés. Chaque opération unitaire est basée sur des propriétés bien définies.

Les opérations unitaires sont importantes dans la transformation de plusieurs aliments. Il s'agit notamment des :

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

2. Les opérations unitaires utilisées dans les procédés industriels

Au total, 6 opérations unitaires sont généralement utilisées dans les procédés industriels de la filière agroalimentaire, qui sont les suivantes

- Mélange,
- Séparation,
- Transfert de chaleur,
- Transfert de matière,
- Ajustement de la taille,
- Ecoulement.

2.1. L'opération du mélange

La production d'une masse homogène à partir de deux composants ou plus. Deux objectifs principaux sont attendus de ce mélange, à savoir l'incorporation d'ingrédients et le transfert de chaleur.

Le rendement du mélange dépend entre autres de la conception du mélangeur et de la vitesse de rotation. Il existe dans le domaine industriel, différentes configurations de mélangeurs qui peuvent être utilisées suivant le but recherché.

2.2. L'opération de transfert de chaleur

Cette opération consiste au mouvement de l'énergie sous forme de chaleur dans les deux sens, à savoir à partir ou vers un produit

2.2.1. Les facteurs qui influencent le transfert de chaleur

- La conception de l'échangeur de chaleur,
- Les propriétés de transfert de la chaleur du produit (conductivité thermique)
- La densité
- La méthode du transfert thermique (conduction, Radiation, convection)
- La viscosité

2.2.2. L'intérêt du chauffage :

- Pour détruire des germes et offrir un produit sain ;
- Prolonger la durée de conservation par la destruction de certaines enzymes ;
- Améliorer l'acceptabilité organoleptique du produit chez le consommateur.

2.2.3. Le refroidissement :

Généralement dans le domaine agroalimentaire le refroidissement est employé pour assurer la fonction de conservation.

2.3.L'opération du transfert de matière (ou de masse)

Cette opération intervient essentiellement dans les industries utilisant les techniques de séparation ou de séchage comme les méthodes d'absorption, cristallisation, distillation et la lyophilisation.

Elle consiste au :

- 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 à une concentration faible
- Evaporation : liquide - gaz

2.4. L'opération de séparation

La séparation de composants sur la base d'une propriété physique : selon la taille, la densité, le 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 (exemples)**

- Distillation

2.5. L'opération de l'ajustement de la taille

Les industriels visent par cette méthode à opérer au changement de la taille d'un produit ou de l'un de ses composants comme par exemple:

- **Réduction de la taille du produit** : par hachage, broyage, ou moulage et découpage, tranchage et émulsification.
- **Augmentation de la taille** par agrégation, agglomération ou gélatinisation comme le cas du lait caillé ou le fromage.

2.6. L'opération de l'écoulement

Dans cette opération les opérateurs industriels procèdent au transfert d'un fluide d'un point vers un autre.

3. Le procédé unitaire

Le procédé unitaire est une étape simple, spécifique et identifiable dans la fabrication d'un produit à partir de la matière première selon un système de production nécessitant la combinaison de procédés unitaires pour transformer la matière première en produit fini.

La transformation de la matière première passe par la filtration, puis le nettoyage, suivi par l'épluchage, tranchage, râpage, la concentration, séchage et enfin enrobage.

Plusieurs procédés unitaires nécessitent la combinaison de plusieurs opérations unitaires qui peuvent être des opérations chimiques ou biochimiques.

3.1. Les procédés unitaires combinant plusieurs opérations unitaires

- **Filtration** : Ecoulement et Séparation
- **Evaporation** : Transfert de chaleur et Transfert de matière
- **Pasteurisation** : Ecoulement et Transfert de chaleur
- **Caillage en fromagerie** : Mélange (enzymes ou bactéries) ; Transfert de chaleur ; Réactions enzymatiques ou fermentation ; Augmentation de taille ; Transfert de masse et Séparation.

4. Les procédés des industries agroalimentaires

4.1. Les changements induits par le chauffage

4.1.1. Les 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. Les indésirables

- Dégradation des nutriments
- Dégradation des attributs sensoriels

4-2. Les procédés thermiques par ajout de chaleur

4.2.1. Le blanchiment

Le blanchiment de traitement thermique est réalisé dans le but d'inactiver les enzymes susceptibles de provoquer une détérioration au cours du stockage des denrées alimentaires particulièrement contre le brunissement et le développement d'arômes indésirables. Les traitements peuvent varier d'un produit à un autre

- **Avantages**
 - Le séchage de la plante ne suffit pas obligatoirement à désactiver les enzymes qui peuvent être réactivées par une simple réhydratation.
 - La congélation ne permet l'arrêt des réactions enzymatiques.
 - Dans un produit qui n'a pas subi de blanchiment, l'activité enzymatique peut avoir toujours avoir lieu même dans des conditions de réfrigération, de congélation ou de déshydratation. Cette activité peut également être observée lors de l'ascension en température des conserves.
- **Limites**
 - Applications limitées aux fruits et légumes et à quelques fruits de mer
 - Une simple réduction de la population de cellules végétatives
 - Nécessité d'une seconde barrière
 - La sécurité dépend de la seconde barrière

4.2.2. La pasteurisation et la stérilisation

Ces techniques de traitement nécessitent l'utilisation de la chaleur pour atteindre les objectifs attendus.

❖ La stérilisation

Le traitement thermique à haute température, dépassant les 100°C, capable de détruire toutes les formes végétatives ainsi que sporulées des microorganismes présents dans les denrées

alimentaires.

❖ **La pasteurisation**

Consiste un traitement plus ou moins modéré à une température basse permettant de maintenir les qualités physicochimiques du produit

- La pasteurisation réduit la population microbienne présente dans le lait et les autres aliments sensibles à la chaleur tels que les jus et les sauces.
- Action seulement sur les formes végétatives
- Les spores internes des bactéries peuvent, si le pH le permet est favorable, germer et cause l'altération du produit alimentaire.

4.2.3. La concentration et séchage

- **Le Séchage:** est une opération de déshydratation totale qui consiste à une élimination quasiment entière de l'eau pour obtenir le lait en poudre ou le café instantané par exemple.
- **La concentration:** une déshydratation partielle comme le lait concentré et les sirops.

○ **Objectifs**

Les objectifs du séchage des produits agroalimentaires sont les suivants :

- Stabiliser et accroître la durée de conservation,
- Produire des ingrédients ou des additifs pour une seconde transformation,
- Diminuer le poids et le volume.

Les objectifs de la concentration des produits agroalimentaires sont les suivants :

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

4.2.4. La distillation

La distillation consiste à la séparation par voie physique des divers constituants d'un mélange liquide, liquéfiable ou fusible. La phase vapeur est créée par évaporation en alimentant le système par la chaleur.

4.2.5 La cuisson – extrusion

L'extrusion est principalement un procédé unitaire de transformation qui consiste à forcer et pousser dehors un produit alimentaire à travers un orifice de petite dimension.

4.3. Les Procédés thermiques par soustraction de chaleur et les fonctions du froid dans l'industrie agroalimentaire :

Les procédés thermiques aussi bien celles de la chaleur ou du froid consiste à :

- ✓ La stabilité des caractéristiques physiques, biologiques et chimiques
- ✓ Le maintien – stockage (associé à l'entreposage frigorifique);
- ✓ Le maintien – vente (associé à la vente et à la distribution);
- ✓ Le maintien – mobile (associé au transport).

4.4. Les procédés à la température ambiante

4.4.1. Préparation de la matière première :

a- Les Etapes pré-process

Les manipulations à entreprendre, par exemple: la récolte et manuelle ou mécanique, le transport, convoyage, pompage et stockage.

Dans ces cas, il faut prendre en considérations les points suivants :

- Maintenir les denrées alimentaires dans des conditions sanitaires ;
- Essayer de minimiser les pertes ;
- Faire de la sorte de maintenir la qualité du produit cru ;
- Réduire au minimum la croissance bactérienne.

b. Le nettoyage : effectuer les opérations de lavage, brossage, soufflage, filtration et criblage des denrées alimentaires.

c. La séparation

- * La séparation la peau du fruit ;
- * La séparation feuilles abimées.

4.4.2. Les procédés d'ajustement de la taille :

4.4.2.1. La réduction de la taille :

Les matières premières se présentent souvent dans des tailles trop grandes pour être employées. Il existe deux catégories éventuelles :

- **Aliments solides**
 - ❖ Coupage, tranchage (surtout pour les viandes, légumes et fruits)
 - ❖ Hachage, broyage, râpage (viandes, fromages)
 - ❖ Moulage (céréales)
 - ❖ Réduction en pulpe (fruits)
- **Liquides**
 - ❖ Emulsification et homogénéisation

Les émulsions sont définies comme étant des suspensions plus ou moins stables de fines gouttelettes contenues dans d'un liquide dans un autre, les deux liquides étant non-miscibles et généralement d'apparence laiteuse ou trouble comme par exemple le cas de :

- L'émulsification
 - ✓ Matière grasse dispersée dans l'eau: lait, crème fraîche, jaune d'œuf...
 - ✓ Eau dispersée dans la matière grasse: beurre, margarine, crème glacée...
- Produits concernés par l'homogénéisation
 - ✓ **Laits**: entier, plus ou moins écrémé, UHT, concentré...

- ✓ **Crèmes:** Glacées, pâtissière, fouettée, fraîche <20%, MG >20%
- ✓ **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. L'augmentation de la taille (agrégation, agglomération, gélatinisation)

Le gel se présente comme un fluide piégé dans une structure rigide dans les deux sens (fluide dans gel, gel dans fluide). C'est le résultat de l'association des polymères, sous formes de chaînes, liés les uns aux autres, obtenu par hydratation ou gélatinisation et épaississement

4.4.3. Les techniques séparatives et de concentration:

Généralement ces techniques sont employées pour :

- Concentrer une fraction utile dans un mélange
- Isoler une fraction utile à partir d'un mélange
- Eliminer une fraction indésirable d'un mélange

La fraction peut être des solutés, des particules ou des portions de 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. Les procédés de mélange

Les facteurs affectant les mélanges :

- ✓ Les produits et les quantités,
- ✓ La solubilité et la température,

Aliments et Base de Technologie Alimentaire

- ✓ Le type de mélangeur, la vitesse du mélangeur et le temps de mélange,
- ✓ L'ordre d'ajout des composants.

Chapitre V : Effet de la transformation sur la qualité des aliments

La qualité d'un aliment est le résultat de l'ensemble de ces qualités hygiéniques, nutritionnelles et organoleptiques, mais également de concepts plus compliqués qui se résument aux rapports de l'espèce humaine avec son approvisionnement en nourriture (psychologiques, sociales, les qualités d'usage et les services).

Les technologies exercées sur l'aliment, que ce soit domestiques ou industrielles, possèdent comme intérêt de perfectionner un ou plusieurs de ces facteurs sans en modifier les autres. Elles garantissent la qualité et la stabilité hygiéniques en contribuant au développement des caractéristiques organoleptiques (arômes, goût, couleur, texture).

La qualité nutritionnelle peut être touchée favorablement en employant des traitements équilibrés délivrant des effets positifs tels que l'augmentation de la digestibilité, destruction des facteurs antinutritionnels ou toxiques, ou par contre défavorablement avec l'emploi de traitements plus intenses ou mal contrôlés qui peuvent conduire à une dégradation de la valeur nutritionnelle de l'aliment et à l'élaboration de substances toxiques.

V.1. L'action des traitements technologiques sur la qualité nutritionnelle des lipides

Les matières grasses employées dans la nutrition humaine sous formes solides ou liquides, peuvent être fractionnées aussi bien par oxydation (rancissement des graisses), ou lors du chauffage lorsqu'ils sont utilisés pour faire cuire les aliments (Figure 1).

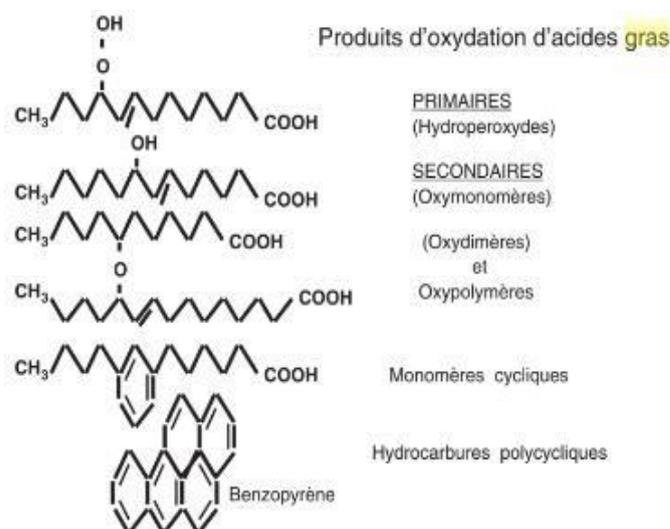


Figure 1: Composés d'oxydation élaborés lors du chauffage des acides gras des aliments.

L'oxydation des lipides conduit à l'apparition d'aldéhydes ou cétones volatiles offrant à la denrée alimentaire oxydée une odeur rance et un goût désagréable (Figure 2). Tous les aliments qui renferment des lipides peuvent rancir, mais certains d'autres sont plus exposés à ce phénomène en particulier les corps gras riches en acides gras polyinsaturés. Ce sont les huiles végétales, riches en acides linoléique (huile de tournesol, de maïs, de pépin de raisin) et en acide alpha- linoléique (huile de colza, de soja, de noix), qui sont les plus exposés à ce phénomène.

Les actions thermiques exercées sur les lipides peuvent influencer significativement la qualité des lipides, telles que les fritures dans les huiles à des températures avoisinant les 180°C aboutissant à :

- ✓ La dégradation des acides gras présents dans l'aliment sous l'action de la chaleur ; ce sont surtout les acides linoléique et linoléique qui sont des acides gras essentiels à l'organisme humain.
- ✓ L'apparition de nouveaux composés tels que :
 - ❑ Les composés volatiles responsables de l'odeur tels que les cétones et aldéhydes formés suite au traitement thermique ;
 - ❑ Les radicaux libres caractérisés par une structure biochimique instable qui sont dangereux pour l'être humain (Figure 2).

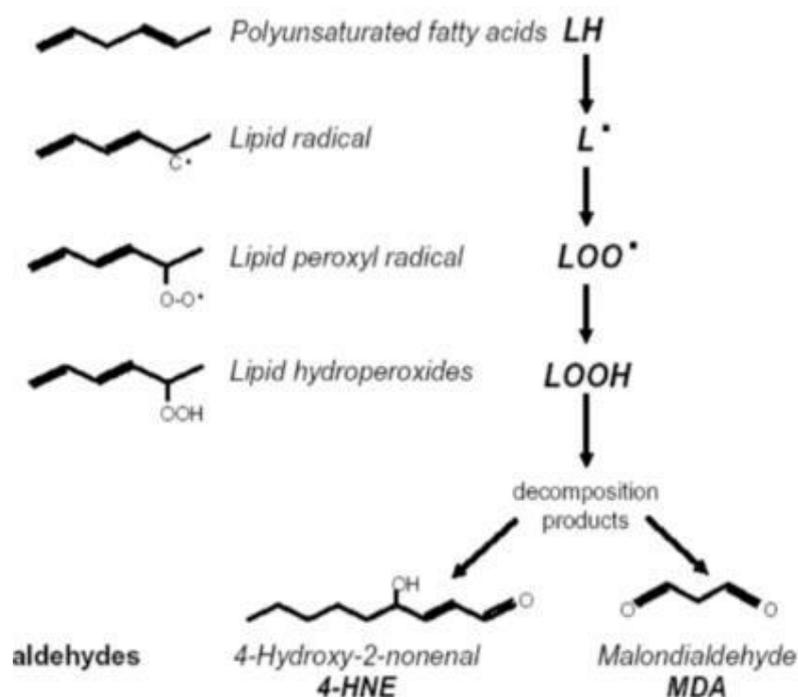


Figure 2: Les produits de l'oxydation des lipides.

V.2. L'action des traitements technologiques sur la qualité nutritionnelle des protéines

D'une manière générale les denrées alimentaire qui contiennent des protéines dans leurs compositions supportent plusieurs traitements, mais les plus utilisés dans le domaine agroalimentaire sont respectivement :

- Les traitements thermiques : de stérilisation, appertisation et pasteurisation ;
- La diminution de la teneur en eau : par séchage, évaporation, salage ou concentration.

Par conséquent, ces traitements peuvent modifier la qualité nutritionnelle des protéines dénaturées par ces actions.

La digestibilité des protéines, est surtout modifiée par des changements de conformation spatiale dus aux formations de ponts covalents, par isomérisation ou encore par des modifications des chaînes latérales des acides aminés reconnus par les protéases comme sites d'hydrolyse ; ce qui fait réduire le taux d'absorption des protéines ou acides aminés ingérés.

Des expérimentations réalisées dans des laboratoires approches ont montré que la température de cuisson est l'un des principaux paramètres de la vitesse de digestion par exemple, d'une viande crue, qui augmente avec un traitement thermique de 70 °C. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait d'une dénaturation progressive de protéines, qui expose les sites de clivage pour les enzymes digestives, alors qu'à des températures plus supérieures, des phénomènes d'oxydation conduisent à l'agrégation de protéines, cachant ainsi les sites de clivage. Bien que dans la nature, d'autres facteurs de régulation (tels que les interactions avec les autres constituants alimentaires, les sécrétions enzymatiques, la vidange gastrique, ...) soient susceptibles de contribuer à l'augmentation des acides aminés indispensables dans le plasma.

V.3. L'action des traitements technologiques sur la qualité nutritionnelle des glucides

Quand les sucres réducteurs réagissent avec les protéines combinés aux traitements thermiques, induisent le brunissement non enzymatique et la détérioration principalement des protéines.

La chaleur de combustion des osides dépend de leur structure moléculaire, par exemple, la chaleur de combustion du glucose est de l'ordre de 3,7 Kcal/g, qui est inférieures à celle du glycogène (4,19 Kcal) et de l'amidon (4,2 Kcal).

Les amidons crus sont peu assimilables, bien que l'amylase sécrétée par le pancréas soit capable de les hydrolyser. Leur digestibilité est clairement amplifiée par la cuisson qui favorise la gélatinisation responsable de la facilitation des dégradations enzymatiques qui se déroulent au niveau de l'intestin. Les amidons ne se comportent pas tous de la même manière ; en conséquence l'amidon de la pomme de terre par exemple est très peu digestible et doit nécessairement être partiellement gélatinisé par la cuisson.

Le brunissement non enzymatique est défini comme les interactions résultant de la réaction entre un sucre réducteur et un groupement aminé, aussi bien des acides aminés, des peptides ou des protéines. Cette réaction peut avoir lieu durant le stockage des denrées alimentaires ou le plus souvent aussitôt de leur exposition à des traitements thermiques.

Il existe aussi pour les sucres, la réaction de caramélisation qui peut être subdivisée principalement en 2 étapes essentielles. La première étape concerne les réactions de dégradation de sucres, induisant l'obtention d'aldéhydes et de composés dicarboxylés ; il aura ainsi l'apparition de composés non colorés ou de couleurs jaunes qui absorbent

fortement dans les U.V. La seconde correspond à la condensation et de polymérisation qui s'achève par la formation de produits bruns foncés de masse moléculaire très élevée.

V.4. L'action des traitements technologiques sur la qualité nutritionnelle des vitamines

La cuisson des aliments provoque des modifications de quelques vitamines et quelques minéraux qui peuvent être soit éliminés par lessivage, soit dégradés par des conditions physicochimiques défavorables telles que le pH, la chaleur, la lumière et l'oxygène.

Un meilleur contrôle des facteurs qui induisent les pertes vitaminiques lors de la cuisson devrait permettre de participer à trouver des solutions aux procédés qui permettent l'obtention d'une qualité nutritionnelle améliorée. Ces solutions devraient être appliquées aussi bien dans le secteur de la transformation agroalimentaire des denrées alimentaires industriellement que la simple cuisson domestique. Les paramètres physicochimiques qui provoquent les altérations des vitamines liposolubles sont globalement semblables à ceux décrits pour les vitamines hydrosolubles.

- ❑ Le cas de la vitamine C dans les jus d'agrumes : une bonne partie de ce nutriment est oxydée sous l'effet de la pasteurisation. Les facteurs les plus impliqués dans sa dégradation sont à la fois la chaleur et l'oxydation, ajoutée à sa bonne solubilité.
- ❑ Le cas de la vitamine B1 (thiamine) dans le lait : qui est oxydée sous l'effet de la chaleur perdant ainsi sa valeur nutritionnelle. Hydrosoluble et particulièrement instable à la chaleur, en milieu neutre ou alcalin, cette vitamine peut être apportée aussi bien par les aliments d'origine animale que ceux végétale. La transformation des céréales aboutit à la perte de la moitié de cette vitamine.
- ❑ Le cas de la vitamine A dans les fruits jaunes et oranges et les aliments enrichis comme le cas de l'huile végétale ou le lait entier: où les traitements culinaires subis lors de la cuisson par chauffage peuvent dégrader jusqu'à environ de 40% de la proportion initiale de cette vitamine.
- ❑ La vitamine E, est partiellement détruite suite aux réactions d'oxydation qui touchent les acides gras insaturés. De manière générale, les aliments frits se retrouvent plus

ou moins enrichis en Vit. E par le biais de l'absorption d'huile, et ce malgré la dégradation partielle de cette vitamine au cours du chauffage de l'huile.

V.5. L'action des traitements technologiques sur la qualité nutritionnelle des minéraux

Les pertes de substances minérales hydrosolubles peuvent survenir par dissolution et diffusion dans l'eau employée lors des traitements. Ces phénomènes sont particulièrement contrôlés par la variation du pH du milieu où l'acidité favorise la mise en solution des sels minéraux. Par conséquent, la cuisson dans des eaux ayant une dureté très élevée aboutit à un enrichissement des aliments en calcium. Certains traitements par le biais de ce procédé sont volontairement réalisés dans le but d'obtenir un enrichissement en éléments minéraux, par exemple le cas de l'adjonction d'iode au chlorure de sodium.

Les pertes vitaminiques et minérales ont été largement suivies dans le règne végétal à cause de leurs instabilités lors de la cuisson et également pour leurs importants intérêts nutritionnels par rapport des apports journaliers.

Références bibliographiques

Adrian J., Potus J. et Frangne R., (2004). « La science alimentaire de A à Z ». 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).

Beal, C., et Sodini, I. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16

Bylund G., (1995). « Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S221 86 » Lund, Sweden : 18-23-381(436 pages).

Boudra A., (2010). « La filière des boissons gazeuses et jus de fruits Algérienne ». Recueil des fiches sous sectorielles.

Boutonnier JL., (2007). « Matière grasse laitière, Composition, organisation et propriétés ». Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

Boutonnier, J. L., Tirard-collet, P., (2002). « Produits laitiers glacés, in : Lapointe Vignola, C. (Ed.), Science et technologie du lait : transformation du lait » Presses Inter Polytechnique, Fondation de Technologie Laitière du Québec, pp. 417-442.

Cheftel J.C, Cheftel H. (1984) Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments Volume 2 ; Edition Lavoisier Tec et Doc, (p 420).

C.N.E.R.N.A., (1981). « Recommandations pour l'amélioration de la qualité bactériologique du lait au niveau des laiteries » .Technique lait. 955, 39.

CODEX STAN 247-2005 (2005). "Codex Alimentarius - Codex General Standard for Fruit Juices and Nectars " www.codexalimentarius.net

Debry G., (2001). « Lait, nutrition et santé ». Tec et Doc, Paris : 21 (566pages).

Favier J.C., (1985) « Composition du lait de vache-Laits de consommation ». Cahier de Nutrition et de Diététique, 20(5), p.355-363.

Franworth E. et Mainville I. (2010). « Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique » Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.

Fredot E., (2006). « Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique » Tec et Doc, Lavoisier: 25(397 pages).

Aliments et Base de Technologie Alimentaire

Jean C., et Dijon C., (1993). « Au fil du lait ». ISBN 2-86621-172-3

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G., (2008). « Les produits laitiers » 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages).

Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brule G., (2007). « Science des alimentstechnologie des produits alimentaires ». Tec et doc, Lavoisier : 17 (456pages).

Karlesking A., (1992). « Manuel des corps gras ». Technique et Documentation. Paris. Pp. : 938-989. Polycopie de Technologie des industries agroalimentaires I Dr RAHALI A (2020-2021) References bibliographiques 62

Luquet F., (1986) « lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, V3. ED ». Abrégé de biochimie alimentaire.

Mathieu J., (1998). « Initiation à la physicochimie du lait ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

Mathlouthi M. et Barbara R. (2001). « L'extraction du sucre. CEDUS ». Centre d'étude et de documentation du sucre pp1-11-14.

Mahaut M., Jeantet R., Brule G. and Schuck P. (2000). « Les produits industriels laitiers ». Tec and Doc, Paris, France, p 41.

Pougheon S .et Goursaud J., (2001). « Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G., Lait, nutrition et santé », Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

Veisseyre R. (1979). « Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait ». 3ème édition. Edition la maison rustique, Paris

Vierling E., (2003): Aliments et boissons, filière et produits, Ed. Doin, 2^{ème} Ed p.77, 177, 181

Vignola C.L., (2002). « Science et technologie du lait –Transformation du lait ». École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600pages).

Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S., Dairy Technology. (1999) « Principles of Milk Properties and Processes ». Marcel Dekker, New York, USA, pp. 107–147.