

### EAU

#### I. ACTIVITE DE L'EAU :

**Définition 1 :** Les constituants biochimiques peuvent mobiliser partiellement l'eau en l'empêchant de se vaporiser et en diminuant sa réactivité chimique. L'état de l'eau dans un aliment a au plus d'importance pour la stabilité de l'aliment que de la teneur totale de l'eau. La mesure de cette moins ou grande disponibilité de l'eau dans divers aliments est l'activité de l'eau symbolisé par ( $a_w$  : activité of water).

**Définition 2 :** La disponibilité de l'eau mesurée par l'activité de l'eau  $a_w$  est un critère largement utilisé en agroalimentaire. Cette activité de l'eau 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 :  $a_w = P_w/P^{\circ}w$

Où :  $P_w$  : Pression partielle de vapeur d'eau d'une solution ou d'un aliment

$P^{\circ}w$  : 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  $a_w = 1$ , donc L'activité de l'eau d'une solution ou d'un aliment est toujours inférieure à 1.

#### II. ISOTHERME DE SORPTION :

**Définition :** C'est la courbe qui indique à l'équilibre et pour 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 vapeur exercé par l'eau de l'aliment en fonction de la teneur en eau de celle-ci.

#### Isotherme et états de l'eau dans un aliment :

Les isothermes de sorption peuvent être divisées en 2 parties :

##### 1/- Pour $0 < a_w < 0.2-0.3$ :

**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 : ---NH<sub>3</sub><sup>+</sup> et --- COO<sup>-</sup> de protéines, --- OH de glucides, eau de cristallisation des sels et des glucides, cette eau représente 3 à 10g/100g de poids sec. L'eau de cette couche est difficile à enlever, n'est pas congelable, non disponible ni étant que solvant, ni étant que réactif.

##### 2/- Pour $a_w > 0.2-0.3$ :

**L'eau faiblement liée (eau plus ou moins libre) :** Il s'agit des couches successives d'eau fixées sur la première couche par l'intermédiaire de liaisons hydrogène, à cette eau on peut ajouter un vapeur d'eau condensée dans les pores des aliments. Cette eau présente des propriétés habituelles au traitement dite : elle est disponible tant comme solvant que comme réactif, pour cette raison on considère qu'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, cependant, cette eau pour libre quel que soit ne sort pas spontanément des tissus animaux ou végétaux. Elle se trouve -eau plus ou 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 :

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

- pH ;
- La force ionique ;
- La nature de sel et certaines altérations.

### III. Intérêt des isothermes en technologie alimentaire :

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

**Exemple :** Influence des variations de l'humidité relative ambiante sur la teneur en eau d'un produit non protégé hygroscopique.

- Calcule la quantité d'eau absorbée en fonction de temps d'entreposage (donc la durée de conservation) par un emballage possède une certaine perméabilité à la vapeur d'eau ;
- Influence des variations de température sur l'activité de l'eau d'un produit conditionné dans un emballage imperméable à l'eau (étanche) donc de teneur d'eau constante.

### IV. ACTIVITE DE L'EAU ET MODIFICATION DES ALIMENTS

L'importance de l'activité de l'eau pour la stabilité des denrées alimentaires lors des traitements et l'entreposage est illustrée d'une manière très évidente par les courbes de la figure suivante :

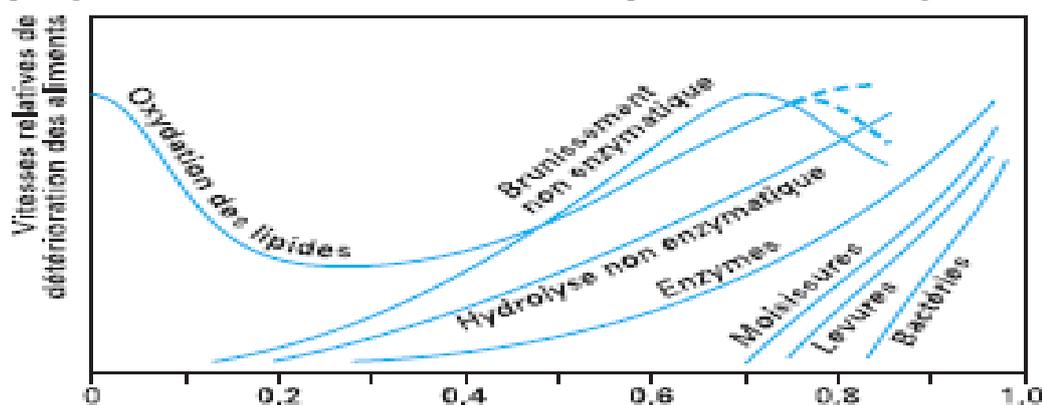


Figure.1. Vitesse de détérioration des aliments en fonction de l'activité de l'eau.

### V. CARACTERES CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUE D'UNE EAU POTABLE

Une eau potable présente un certain nombre de caractères physiques, chimiques, microbiologiques et en autre critères organoleptiques essentiels : inodore, fraîche, insipide

- En ce qui concerne les caractères physiques, des limites sont fixés pour : la turbidité, le pouvoir colmatent et pour la coloration.

- Exempte d'organismes parasites ou pathogènes :

Pas contenir : - E-coli dans 100ml ; - Streptocoque fécaux dans 50ml ;

- Clostridium sulfuto-réducteur dans 20 ml.

- Pour les caractères chimiques :

- Minéralisation totale : 2000mg/l ; - Plomb : 0.1g/l

- Sélénium 0.05 mg/l ; - Fluorure : 1.0 mg/ l - Arsenic : 0.05 mg/l

- Chrome hexa-valent --- seuil inférieure au seuil de détection analytique ;

- Cyanure : seuil inférieure au seuil de détection analytique ;

- Cuivre (Cu) : 1.0 mg/l - Fer (Fe) : 0.3 mg/l ; - Manganèse : 0.1 mg/l

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

- Zinc (Zn) : 5.0 mg/l - Composés phénoliques (en phénol): 0 mg.

### LES GRAISSES ET LES HUILES

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

**Rôle nutritionnel :** Tout d'abord grâce à l'apport énergétique et de vitamines liposolubles A, E, K, D.

**Rôle organoleptique :** Ensuite par leurs contribution à la texture et de la sapidité des aliments ainsi que par leurs emploi culinaire.

- Les AG naturelles possèdent tous un nombre paire d'atomes de carbone ;

- Les doubles liaisons sont en configuration **Cis** rarement **Trans**.

**Deux notions à considérer avec les AG :**

□- L'hydrophobie croit avec l'augmentation de nombre de carbone ;

□- La dissociation de COOH décroît avec l'augmentation de nombre de carbone, en conséquence : l'hydrophobie de la chaîne l'emporte sur l'hydrophile de carboxyle. Seuls les AG à courte chaîne n= C4–C10 sont dits volatiles c.-à.-d. entraînés par la vapeur d'eau, et seuls les C4 et C6 sont solubles dans l'eau.

**Les lipides possèdent certaines propriétés physico-chimiques qui ont une influence notable sur les caractères des aliments :**

- Leur insolubilité 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 Pf de triglycérides dépend de plusieurs paramètres comme:*

- La longueur de la chaîne hydrocarbonique des AG ;

- Présence ou absence de doubles liaisons ;

- Les isomères (position, géométrie Cis ou Trans) ;

- Position d'AG par rapport au glycérol.

- Toute graisse ou huile naturelle contient divers TG, de ce fait elle ne présente jamais, un Pf net mais une zone de fusion.

- Les TG à Pf relativement élevée sont généralement présents à température ordinaire sous la forme cristalline solide divers en suspension dans les TG liquides, c'est cette présence de cristaux solides de la phase liquide qui confèrent aux graisses solides leur plasticité caractéristique. Un liquide qui serait composé d'un seul TG ne pourrait être que rigide ou liquide.

Le nombre, la taille et la forme des cristaux de TG dans une matière grasse dépend :

- Vitesse de refroidissement (cristallisation) ou d'échauffement (fusion) ;

- L'agitation au cours de ces transformations ;

- Conditions (durée, température, variations de température, entreposage).

Il est difficile de préciser les corrélations entre la composition des matières grasses et leurs propriétés fonctionnelles tel que :

- Aptitude à l'étalement de beurre et de la margarine ;

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

- Texture cassante à la température ordinaire, mais fondante à la température de la bouche de lipides comme le Cacao.
- La limpidité de diverses huiles de table ;
- Faculté que possèdent certains corps gras utilisés en pâtisserie et en biscuiterie d'émulsionner l'air et de lubrifier la texture.

### III.4. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE GRAISSES ET HUILES ALIMENTAIRES :

Les graisses et les huiles végétales extraites de grains oléagineuses et de fruits sont utilisées principalement comme :

- Huiles de table ;
- Huiles et graisses de friture ;
- 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 de porc appelé Lard donne par fusion saindoux employé pour la friture et la pâtisserie, le tissu adipeux de 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 huile d'olive, le beurre, le saindoux, le beurre, cacao, présentent certains spécificité en raison de leurs caractères rhéologique et de leur arôme due à divers constituants mineurs (protéger par réglementation).

Les autres corps gras sont en générale interchangeableables, leurs arôme après raffinage est parfaitement neutre.

### III.5. Facteurs intervenant dans l'oxydation des lipides dans l'aliment :

- Présence d'une teneur initiale non négligeable en peroxyde ;
- Présence dans l'aliment d'agent pro-oxydant : certains métaux, hème de la myoglobine, lipoxydase ;
- Présence dans l'aliment d'agent anti-oxyde (naturel) : Tocophérol, certains Acides aminés, diverses substances (dans certains protéines susceptibles de complexer les métaux) ;
- L'activité de l'eau dont dépend en partie l'action catalytique des métaux ;
- Nature et degré de dispersion des lipides ;
- Effet d'oxydation compétitive (présence simultanée de 2 substances oxydables A et B).

### III.6. Prévention :

Pour certains nombre d'aliments, 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. On peut classer ces substances et ces méthodes en 3 catégories :

- **Type I** : Agit en diminuant le nombre de radicaux libres ex : gallate de propyle, butyle hydroxy anisol (BHA), butyle hydroxy toluène (BHT), fumé de bois ;
- **Type II** : Agit en empêchant ou en diminuant la formation des radicaux libres, les plus utilisés sont les agents complexant des métaux ex : EDTA (Éthylène diamine tétra-acétate), acide citrique, les Acides aminés (cystéine, histidine) ;
- **Type III** : Regroupe tous les procédés de protection contre l'oxydation ex : Abaisser la pression partielle d'oxygène dans l'emballage, protéger les aliments oxydables contre la lumière.

### LAIT ET PRODUITS LAITIERS

#### 1. COMPOSITION ET VALEUR NUTRITIONNELLE:

**1.1. Définition :** Sans indication de l'espèce, le mot Lait désigne le lait de vache. " Il est le produit intégrale de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrit et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum".

#### 1.2. Composition :

Les laits sécrétés par différentes espèces de mammifères présentent des caractéristiques communs, et contiennent de mêmes catégories de composants : eau, protéine, lactose, matière grasse et minérale, cependant et proportion respective de ces composants variées largement d'une espèce à autre (Tableau), en outre, la composition des matières protéiques grasse et minérale peut être très différents selon l'espèce considéré.

La composition moyenne de lait de vache est indiquée sur le tableau 2 : cette composition varie toute fois beaucoup en fonction de l'alimentation, de la période de lactation, de la saison et de la race animale. Le lait contient aussi des enzymes, des anticorps, des hormones, des particules en suspension (globules de matière grasse, micelles de caséine) et même certains cellules (macrophages), il contient inévitablement des micro-organismes et accidentellement les antibiotiques et antiparasitaires.

D'un point de vue physique, le lait est constitué d'un système complexe, système à plusieurs phases :

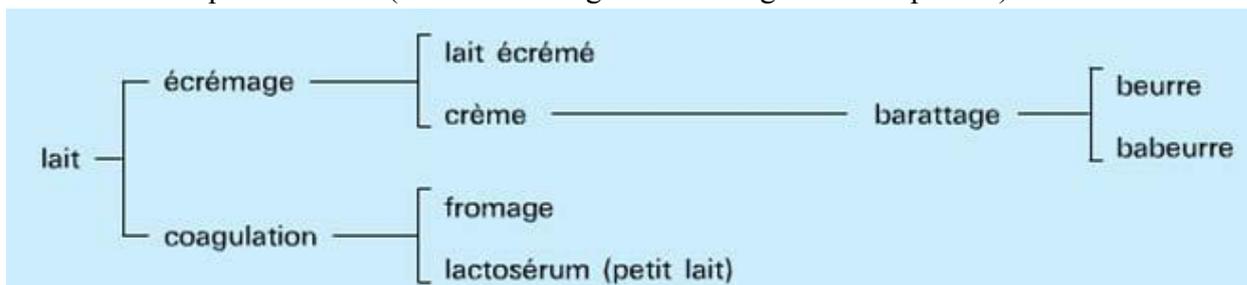
- **Phase dispersante :** Lactosérum (lactose+ protéine globulaire) ;
- **Phase particulaire1 :** Emulsion des globules de matière grasse ;
- **Phase particulaire2 :** Suspension colloïdale des micelles protéique (caséine+protéine+ sels minéraux, phosphate et calcium).

#### 1.3. Propriétés :

Blanc, mat ou opalescent, le lait à une odeur très faible, une saveur douceâtre faiblement sucré. La densité de lait de vache varie de 1.022 à 1.034 (densité moyenne 1.032), il bout entre 100.15 et 100.17 et se congèle vers moins 0.555°C.

- Le pH de lait est entre 6.5-6.7 ;
- L'acidité de lait s'exprime en degré dornic,  $1^{\circ}D = 0.01\%$  d'acide lactique  $\rightarrow 0.1g/l$  ; mesure le degré de conservation d'un lait (lait frais à une acidité de  $18^{\circ}D$ ) ;

Le lait est un liquide instable (c'est un mélange d'une très grande complexité).



**Figure.1.** Les sous-produits laitiers.

### 1.4. Le lait : produit de sécrétion

Le lait est sécrété par les glandes mammaires des femelles de mammifères, il est élaboré par les cellules glandaires acineuses qui puisent les principaux constituants dans le sang et la lymphe.

Le lait est constitué de 2 types d'éléments :

- Les premières sont communes au sang et lait : l'eau, sel, albumine et globuline ;
- Les secondes sont proprement de lait : lactose, caséine, matière grasse, acide citrique, synthétisés par les cellules mammaires (figure1).

### 1.5. Valeur nutritionnelle :

Le lait est un aliment liquide mais sa teneur en matière grasse sèche 10 à 13%, et de celle de nombreuses aliments solides, sa valeur énergétique est de 7020Kcalories par litre (700kc/l), ses protéines possèdent une valeur nutritionnelle élevée, en particulier la lactoglobuline et lactalbumine, riches en acides aminés soufrés.

Le lait est une source de calcium et phosphate de riboflavine et il est aussi relativement riche en thiamine, cobalamine, vitamine A, il contient au contraire peu de fer et de cuivre, peu d'acide ascorbique de niacine, relativement peu de vitamine D, le problème d'intolérance au lactose due à l'absence de lactase intestinale chez certains adultes.

## 2. LACTOSE :

Dans le lait de vache, les glucides sont essentiellement la lactose, sucre de lait, on le trouve nulle par ailleurs :  $\beta$ - D galactopyranosyl, 1-4 D glucopyranosyl ( $\alpha$  ou  $\beta$ ), c'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) qui possède un groupement réducteur.

Dans les produits laitiers, le lactose joue un rôle en tant que substrat de fermentation lactique pour les bactéries lactiques qui l'hydrolysent en glucose et galactose puis transforment ces hexoses en acide lactique. Le lactose à aussi un rôle nutritionnel surtout chez l'enfant, dans de nombreux cas toutefois sa présence pose des problèmes :

- Soit de point de vue nutritionnelle : Intolérance de lactose ;
- Soit de point de vue technologique :
- Hygroscopicité des laits en poudre ;
- Cristallisation de lactose dans les laits concentrés et dans les crèmes glacées.

## 3. LIPIDES DE LAIT :

Le lait contient environ 35g de lipides par litre, le taux varie de 2.5-5% en relation avec la quantité de lait produite (plus la vache produise le lait moins il y a des lipides et inversement) et en fonction de saison (la vache produit moins de lait en hivers).

Les lipides de lait peuvent être regroupés en 4 fractions :

- Triglycérides : 98% chez la vache, dont la composition en AG est très variable d'une espèce à l'autre (tableau 3), les TG contiennent principalement :
- AGS (60-70%) : dont une proportion importante d'AG à pf élevée (C14-C16-C18) ;
- Aides gras à chaîne courte (C4-C5) volatiles ;
- AGM (AG mono-insaturés) : 25-30% ;
- Très peu d'AGP : 2 à 5%.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

- Phospholipides (□ 1%) : Constitués essentiellement de lécithine, céphaline, leurs caractéristiques à la fois lipo et hydrophiles leur permettent de former des ponts entre la phase grasse et aqueuse ;
- Stérol : (0.3-0.4%) dont le cholestérol à peu près (70mg/l, vitamine D 0.02mg/l ;
- Caroténoïde : dont carotène 0.15mg/l,  $\beta$  carotène, vitamine A 0.5mg/l.

Les AG sécrétés par la mamelle ont une double origine, ils proviennent pour 60% en poids d'AGS non sanguine et pour le reste d'une synthèse de nouveau par les cellules mammaires à partir de précurseurs à 2 ou 4 atomes de carbones

### 4. ÉTAT PHYSICO-CHIMIQUE :

Les lipides sont dispersés dans le lait sous forme de globules sphériques au nombre 1.5 à  $4.6 \times 10^{12}/l$ , leur diamètre moyenne est de 1.5 à  $\mu m$ , le plus souvent  $< 4 \mu m$ . Ces globules sont entourés de membranes composés de plusieurs éléments :

- Très riche en lipides polaires (mono et diglycérides AGL, stérols et phospholipides) ;
- Glycolipides et carotènes, lipoprotéine et divers protéines

#### **Le rôle de membrane est très important :**

- Protéger les graisses contre l'attaque de l'enzyme propre de lait (lipolyse) elle fait des lipases de lait ou lipase microbienne ;
- Permettre aux globules de maintenir sa structure individuelle à les maintenir dispersés dans la phase aqueuse (action émulsifiant due à la lécithine).

**Ainsi toute cause : traitement mécanique ou thermique, action enzymatique qui peut atteindre à la membrane favorise :**

- Le désémulsification donc déstabilisation ;
- Induction de la lipolyse en mettant en contact lipase-matière grasse.

Les globules gras ayant une densité moins élevées par rapport au lait ont tendance à coalescer (monter) à la surface en formant la crème, le chauffage vers  $80^{\circ}C$ , abaissement de pH accélèrent ce phénomène.

### 5. PROTEINES DE LAIT :

Les protéines de lait constituent un ensemble complexe dont la teneur totale à voisin 35g/l, elles sont constitués de :

- Soit d'acides aminés seulement :  $\alpha$ -lactalbumine,  $\beta$ - lactoglobuline ;
- Soit d'acides aminés et acide phosphorique : caséine  $\alpha$  et  $\beta$  ;
- Avec parfois une fraction glucidique : caséine Kappa.

En outre, il existe dans le lait une fraction dite : protéose-peptone qui présente des caractéristiques intermédiaires riches en glucide.

#### **Caséines :**

Elles représentent 80% de protéine de lait de vache.

**a/- Structure :** Les caséines sont des polypeptides phosphorées associées surtout à des constituants minéraux (□ 8%), en particulier le Ca, mais aussi la P et Mg.

La caséine est formée par 3 fractions principales :  $\alpha$  caséine,  $\beta$  caséine,  $\gamma$  caséine. La fraction  $\alpha$  caséine est à son tour constituée par 2 fractions :  $\alpha_s$  caséine, K caséine.

On observe par ailleurs des variations génétiques (substitution d'un ou de plusieurs acides aminés) au sein de l'un ou de l'autre de groupe de caséine.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

Ces diverses fractions se trouvent en des pourcentages différents :

- $\alpha$ s caséine  $\square$  40% ;
- $\mathbf{K}$  caséine  $\square$  15% ;
- $\beta$  caséine  $\square$  30% ;
- $\gamma$  caséine et autres  $\square$  15%.

### **b/- Propriétés et formation des micelles :**

- Le PHi (isoélectrique) des caséines est proche de 4.7.
- On précipite la fraction caséinique totale par l'abaissement de pH de lait jusqu'à 4.7
- $\square$  À pH= 7 et séparément :
- L'  $\alpha$ s caséine est sous la forme de petit polymère ;
- La  $\beta$  caséine est à l'état de monomère ;
- K caséine est à l'état de polymère plus gros.
- $\square$  Si à pH=7 et à 37 °C, on ajoute des ions  $\text{Ca}^{+2}$  à chacun de ces fractions caséiniques prisent séparément : - L'  $\alpha$ s coagule, la  $\beta$  précipite et la Kappa n'est pas affecté.
- Lorsque  $\alpha$ s et  $\beta$  sont ensembles, l'addition de Ca à la solution provoque encore leur précipitation, mais c'est la caséine K qui présente également le  $\text{Ca}^{+2}$  est sans effet.

### **6. PROTEINES DE LACTOSÉRUM :**

Elles représentent 20% des protéines de lait, elles sont de faible poids moléculaire, elles sont continues dans le lait sous forme de monomère et polymère, elles ne précipitent pas à leur point isoélectrique, elles ne contiennent pas de phosphore, ne précipitent pas sous l'action enzymatique, elles ont une meilleur valeur nutritionnelle, riches en Aa soufrés et riches en lysine, elles sont divisées en :

- $\beta$  lactoglobuline = 10% ;
- $\alpha$  lactalbumine = 2% ;
- Immunoglobuline et sérumalbumine ;
- Protéose-peptone et lactoferrine

### **7. 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 ;
- Soit par voie enzymatique.

#### **7.1. Coagulation par acidification lactique :**

Par abaissement de pH jusqu'au environ de point isoélectrique de la fraction caséinique, l'acidification peut être effectué :

- Soit par addition d'acide minéral (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ;
- Soit le plus souvent par ensemencement de lait avec levains lactiques.

Cette acidification entraîne :

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

### 7.2. Coagulation par action de la présure :

Divers enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler de lait, elles sont d'origine :

- **Animal** : Présure, pepsine ;
- **Végétale** : Bromoline, fusine ;
- **Microbienne** : Protéase fongique : *Mucor pucillus*, *Mucor meiehei*

Le plus ancien et toujours très employé est la **présure**.

**La présure** : Enzyme protéolytique extraite au moyen des semeurs à 10% de caillettes des jaunes ruminants nourrit au lait, elle est constituée d'un mélange de chymosine (80%) et de pepsine (20%).

### 8. EFFET DES TRAITEMENTS THERMIQUES :

#### 8. 1. Brunissement non enzymatique (BNE) :

□ **Définition** : Le brunissement non enzymatique (BNE) 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.

- **Favorable** : Croute de pain, viande roté, caramel ;
- **Défavorable** : Lors de la préparation ou de l'entreposage d'aliments liquides ou concentré (laits, jus de fruit...sirop) ou d'aliment déshydraté (lait, œuf, viande...).

**8.2. Substrat** : Les substrats de ces réactions sont des substrats carbonylés et en 1ère lieu les sucres réducteurs, également certains 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.

#### \*Facteurs influençant de BNE :

- Nature des sucres réducteurs : (réactivité diminue de plus réactif à moins réactif) pentose ribose puis hexose (glucose, fructose) puis disaccharides réducteur (lactose maltose).
- Température : le BNE est ralenti par les baisses températures, fortement stimulé au température élevées ;
- L'activité de l'eau ;
- pH : les effets de pH sont complexes car chacun de réactions qui interviennent dans le BNE présente son propre pH optimum,
  - o Les aliments de pH entre 6 et 8 (lait, oeuf) condition favorable à la réaction de Maillard.
  - o Les aliments dans le pH compris entre 2.5-3.5 (jus et jus concentré de fruits acides : les réactions responsables de BNE sont celle de la dégradation que l'acide ascorbique et de fructose (catalyses par l'acide citrique).
  - o Les aliments de pH intermédiaire (3.6-6) ex jus d'orange : Condensation de Maillard et la dégradation de l'acide ascorbique interviennent simultanément.

#### 8.3. Prévention :

- Elimination de substrat
- Abaissement du pH.
- Surveillance de la température et l'humidité.
- Addition d'agent inhibiteur ex l'acide sulfureux.

### VIANDES – POISSONS-ŒUFS

#### 1. LE SYSTEME PROTEIQUE MUSCULAIRE:

##### Structure et rôle :

Le muscle comprend :

- Les fibres ;
- Tissus conjonctif les entourent : Qui contient des vaisseaux sanguins et des nerfs.
- Tissus lipidiques
- Enfin la myoglobine.

La répartition des principaux constituants protéiques des muscles est la suivante :

**Protéines sarcoplasmiques :** L'enzyme glycolytique, myoglobine (45 à 30%).

**Protéines myofibrillaire :** 50 % dont 64% myosine et 27 % d'actine.

**Protéines de tissus conjonctifs :** 10-15% : Collagène et élastine.

#### 2. MODIFICATION BIOCHIMIQUE DE SYSTÈME PROTEIQUE APRES LA MORT :

##### Rigidité cadavérique (rigor mortis):

S'installe progressivement au fur et à mesure que la teneur en ATP décroît, elle intervient après la mort en effet :

\* En absence d'ATP : L'actine et la myosine se lient de façon irréversible.

##### a- Modification dans le tissu musculaire après la mort.

L'installation de la rigidité cadavérique (ou rigor mortis) est directement perceptible sur la carcasse : la musculature devient progressivement raide et inextensible dans les heures qui suivent la mort de l'animal. Ce phénomène résulte de l'épuisement du composé qui permet au muscle vivant de conserver son élasticité et qui par ailleurs fournit l'énergie nécessaire au travail musculaire, l'adénosine triphosphate (ATP).

##### • Acidification du tissu musculaire

Après l'abattage et la saigné, en l'absence d'oxygène, divers mécanismes de resynthèse s'opposent à la dégradation de l'ATP. Le premier est constitué par la réaction catalysée par la créatine kinase :  
 $\text{créatine kinase} + \text{ADP-3} \rightarrow \text{créatine} + \text{ATP-4} + \text{H}^+$

Intervient également la myokinase :  
 $2 \text{ADP-3} \rightarrow \text{ATP-4} + \text{AMP-2}$

Mais la réaction la plus importante, car elle conditionne l'évolution du pH et des caractéristiques physicochimiques pendant l'établissement de la rigidité, est la lyse du glycogène :  
 $(\text{glucose})_n + 3 \text{ADP-3} + 3 \text{Pi-2H}^+ \rightarrow (\text{glucose})_{n-1} + 3 \text{ATP-4} + 2 \text{lactate}^- + \text{H}_2\text{O}$

L'acidification est due au turn-over de l'ATP. Ainsi l'acidification sera fonction de la vitesse du turnover.

Après la mort, le turn-over de l'ATP sera assuré tant que les réserves de phosphocréatine et de glycogène le permettront et que la baisse du pH n'inhibera pas la voie glycolytique. L'amplitude de la baisse du pH sera donc fonction des réserves énergétiques.

En absence d'influx nerveux, la contraction de la cellule musculaire après l'abattage est d'origine chimique. Immédiatement après l'abattage le muscle possède une réserve suffisante d'ATP pour maintenir la dissociation de l'actine et de la myosine. De ce fait, il garde son élasticité.

### CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

La baisse du pH résultant de la glycolyse anaérobie inhibe les ATPases sarcoplasmiques (pompes à  $\text{Ca}^{+2}$  maintenant le gradient de  $\text{Ca}^{+2}$ ) provoquant ainsi une fuite de  $\text{Ca}^{+2}$  dans le réticulum.

#### **b- Facteurs d'influence :**

Le degré de sévérité de phénomènes accompagnants la rigidité cadavérique dépend de :

- Etat nutritionnel de l'animale au moment de l'abattage, animale affamé au soumis à un stress
- Reserve en glycogène faible ;
- Baisse rapide de la teneur en ATP ;
- Durcissement maximum ;
- Capacité de la rétention d'eau diminue ;
- Abaissement de pH est faible par manque de glycogène (ce qui entraine d'ailleurs un sérieux inconvénient sur le plan microbiologique (une baisse importante de pH en effet considérablement sur la prolifération de la flore microbienne du surface.
- La température à laquelle les carcasses sont entreposées.

Si la température n'est pas abaissée rapidement après l'abattage :

- pH descend (diminue) rapidement
- Ce qui entraine une dénaturation des protéines ;
- Une grande partie de l'eau de gel myofibrillaire est expulsé dans les espaces intercellulaires ou exsudée hors de tissus.
- La texture de la viande est modifiée très défavorablement ;
- Lors de la mastication l'eau est expulsée rapidement et laisse un résidu fibreux et sec ;
- Il y a parfois aussi une perte de poids et un changement d'aspect.

Si la température atteint 0 à 1 c° avant l'apparition de la rigidité cadavérique (ou congélation) :

- La durcissement est rapide et intense et est précédée d'une contraction de muscle.

Si la température est comprise entre 14 et 19 c° (contraction minimale) :

- En évite également de congeler la viande avant qu'elle est assumée complètement la rigidité ;
- On ne doit jamais cuire une viande en état de rigor-mortis.

#### **Résolution de la rigidité cadavérique (maturation) de la viande) :**

Au fur et à mesure que la viande vieillit :

- Sa dureté s'atténue ;
- La texture après cuisant dévient meilleur, l'extractibilité des protéines augmente ;
- Augmentation de la capacité de rétention d'eau.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

Le mécanisme de cette maturation ne semble pas résultat d'une dissociation de complexe actomyosine, mais plutôt de détachement des filaments d'actine de la Strie Z sous l'influence de:

- Soit de modification ionique ;
- Soit d'enzyme : les Cathepsines provenant des lysosomes fragilisés par l'abaissement de pH.

La maîtrise de mécanisme de maturation permet de l'orienter dans un sens favorable par des interventions externes (force ionique, pH, enzyme, microorganismes.

Ainsi par exemple l'injection avant l'abattage de MgSO<sub>4</sub> réduit d'exsudation à la décongélation.

La maturation de la viande est accompagnée par divers autres réactions :

- Oxydation des lipides ;
- Formation de nucléotides, ammoniac, H<sub>2</sub>S, acétylaldéhyde, diacétylacétone.

### POISSONS :

#### 1. Altérations de poissons :

- Actions d'enzymes endogènes et de bactéries ;
- pH relativement élevée, abondance de substrat □ milieu favorable ;
- Action : apparition de composés volatiles malodorants : triméthylamine (à partir de l'oxyde de triméthylamine naturellement présent), méthyle mercaptan, sulfure, le diméthyle, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>.
- Ramollissement rapide (protéase tissulaire et bactérienne) ;
- Modification de la couleur : Diffusion des hémoprotéines ;
- Hydrolyse et oxydation des lipides.

**2. Réfrigération :** Ces transformations sont ralenties mais non arrêtés car :

- *Pseudomonas* ne cesse de proliférer qu'à environ -5°C
- Plusieurs enzymes lipases notamment demeurent actives même dans le poisson congelé.

Le meilleur procéder s'il est réalisable et de saigner et éviscérer dès la capture , Refroidissement dans de l'eau de mer -10 à -2.

#### 3. Congélation :

Le moment ou intervient la congélation est important : Si la congélation à lieu avant l'instauration de la rigidité cadavérique, cette dernière se produit lors de la congélation et ne s'atténue qu'incomplètement, cet inconvénient se manifeste surtout dans le cas de filet découpé immédiatement après la pêche et congelé aussi tôt.

La texture finale est en contraire acceptable lors qu'elle est pratique sur les poissons entiers.

La différence entre poissons entiers et découpés provient de fait que les filets se décongèlent rapidement et que la rigidité intervient dans un tissus souple qui contracte facilement, un poisson entier se décongeler plus longtemps et les muscles y sont maintenus étirés.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

### En pratique :

- Congélation avant rigidité cadavérique □ poisson entier (thon par exemple) ;
- Congélation après rigidité cadavérique □ préparation de filets.

Le trempage avant congélation dans une solution de polyphosphate réduit la perte de liquide à la décongélation par formation d'une couche de protéine gonflée.

L'entreposage prolongée à une température insuffisamment basse de poisson à l'état congelé provoque :

#### a) Pour le poisson maigre (riche en matière grasse) :

- Dénaturation de protéine : activité des lipases ;
- Durcissement de la chair (texture).

#### b) Pour le poisson gros (oxydation des lipides) :

La fluctuation de température contribue également à accroître le risque de dissociation superficielle celle-ci entraîne :

- Une perte de poids d'une part ;
- D'autre part oxydation de lipides ;
- Durcissement ;
- Apparition des taches

La protection peut être obtenue par :

Glaçage- emballage sous vide dans un film plastique imperméable à la vapeur d'eau (qui adhère) au produit rétractable

- Une saumure (sel+eau) à 23% de NaCl (liquide au dissous -21 °C) est utilisée pour la congélation.

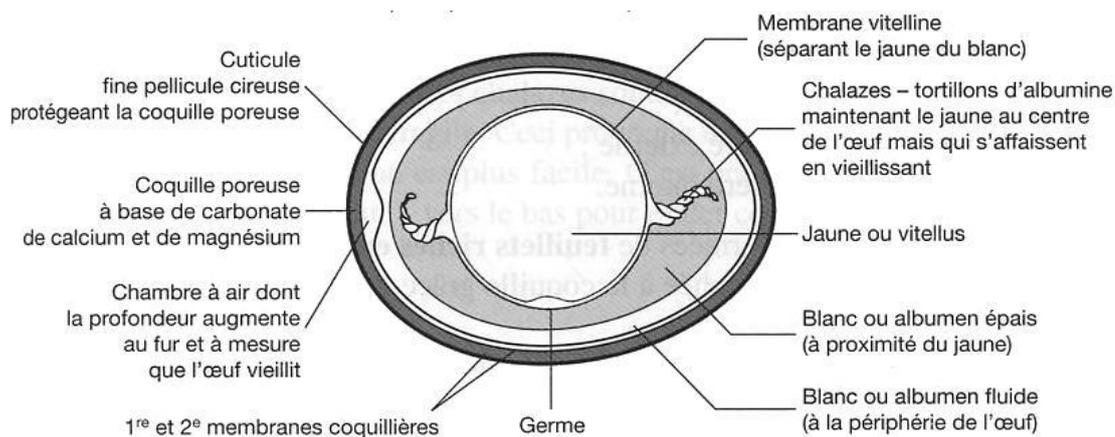
### L'OEUF :

Les principales parties de l'oeuf de l'intérieur vers l'extérieur sont :

- Le jaune ou vitellus 29% (lipide (émulsifiant) ;
- Le blanc ou albumen 61.5%(protéine) ;
- Les membranes coquillières (internes et externes)
- Coqué 9.5%.

L'œuf entier renferme environ 65% d'eau et 11% et 11% de matière minérale et 23% de substances organiques (12% protéine et 11% lipide).

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS



**Figure.** Coupe schématique d'un œuf.

### 1. PROPRIETES FONCTIONNELLES D'OVOPRODUITS :

#### 1.1. Pouvoir coagulant de l'œuf+ :

Les protéines sous l'action de divers agents physiques (chaleur, action mécanique) et agents chimiques (ions inorganiques, matériaux lourds).

#### 1.2. Pouvoir anti-cristallisant et moussant de blanc:

L'addition de 3% de blanc d'œuf permet de limiter la formation de cristaux saccharose. Le lysozyme est considéré comme responsable de la formation de musses lors d'un abattage alors que l'ovomucine en contrôlerai la stabilité.

#### 1. 3. Pouvoir émulsifiant de jaune:

Le pouvoir tensioactif du jaune est dû à la présence dans celui-ci de phospholipide (lécithine en particulier), de plus, la viscosité du jaune confère de la stabilité aux émulsions.

### 2. VALEUR NUTRITIONNELLE DE L'OEUF:

L'œuf est une source assez peu énergétique, de protéine parfaitement équilibré, il constitue en outre une source importante de protéine, de Fe et vitamines par contre c'est un aliment déficient en glucide, Ca<sup>2+</sup> et vitamine C.

Les protéines contenues dans l'œuf sont dites complètes car elles renferment les 8 acides aminés essentiels et dans des proportions équilibrées, c'est pour quoi est utilisé comme référence pour évaluer la teneur de protéine des autres aliments et la qualité de ces protéines. Les éléments nutritifs de l'œuf se répartissent inégalement entre le blanc et le jaune.

### GRAINES VEGETALES

On distingue sous l'appellation céréale différentes espèces appartenant à l'embranchement des phanérogames (règne végétale) ou sous embranchement des angiospermes et au monocotylédones, famille Graminées. On distingue: Blé tendre : *Triticum vulgare* ou *Triticum*

### CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

*aestivum*; Blé dur : *Triticum durum*; Maïs : *Zea mays*; Le riz : *Oryza sativa*; Orge : *Hordeum vulgare*.

Les grains de céréale et leurs dérivés représentent l'apport principale de calories de l'alimentation humaine, ils représentent aussi l'apport principale de protéines dans des nombreuses régions en voie de développement (90% contre 25% seulement dans les pays industrialisés). La valeur nutritionnelle de ces protéines est cependant relativement faible (déficience en lysine).

**Utilisation** : Farine : Pain (blé tendre), Semoule : Pâtes alimentaires, Kouskous (blé dur) ;

#### **Composition :**

Le grain de blé est constitué essentiellement par de l'eau, des matières organique (glucide, matière azoté, lipides), aux quelle s'associe à faible proportion des matières minérales, le grain de blé renferme une faible proportion de matière grasse dont la majorité se trouve dans le germe et les enveloppes.

Ces constituants (dans le cas de mauvaise condition de conservation), influent négativement sur la valeur boulangère par l'élévation de l'acidité grasse et sont à l'origine de phénomène de rancissement.

Le grain de blé comprend également des matières minérales en faible proportion et inégalement réparti. Ainsi 80% des cendres se trouve dans les enveloppes contre 20% dans l'amande, les K, P, Ca, Mg possèdent les teneurs les plus élevés.

L'amidon (sucre complexe polysaccharide) 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.

L'amidon est enfermé à l'intérieur de la chaîne protéique (réseau visqueux élastique).

La teneur des graines en matière azotée est faible, elle est de l'ordre de 10 à 12%, les protéines sont principalement localisés dans l'albumen, 70% surtout dans la partie périphérique.

4 types principaux de protéine ont peut mettre mise en évidence dans les graines de céréale.

**Albumen** : Soluble dans l'eau 10% ;

**Globuline** : Soluble dans une solution saline 10% ;

**Prolamines** : Soluble dans une solution d'alcool diluée (éthanol), appel dans le cas de blé Gliadine 45%.

**Gluteline** : Soluble dans des solutions acides et basiques diluées, appelés dans le cas de blé Gluténine.35%.

Les Gliadines et les Gluténines constituent les protéines du Gluten.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

### **CARACTERISTIQUES DES PROTEINES :**

Les albumens et les globulines présentent les propriétés caractéristiques de leur groupe, de nature globulaire, elles ont des masses moléculaires comprises entre 10.000 et 100.000, elles correspondent dans l'ensemble aux protéines biologiquement fonctionnelles.

Les gliadines et les Gluténines ont des caractéristiques communes, constituent la réserve d'azote de carbone et de soufre pour le développement de la jeune plantule, au moment de la germination.

Ces protéines ont une composition en acides aminés très riche en glutamine et en proline, mais pauvre en acides aminés basiques (Lys, His, Arg).

Les Gluténines ont une teneur en résidu Lys, Gly, Ala, Tyrosine fortement supérieure à celle des Gliadines tandis que leur teneur en acide glutamique Proline et Cystéine est inférieure.

Traditionnellement on distingue selon leur masse moléculaire 3 types de Glutamine :

- Celles ayant une masse moléculaire supérieure à 200 000 dont la composition est voisine des albumens et Globulines à Haut Poids moléculaire (HPM) au poids moléculaire ;
- Celles dont la masse moléculaire est comprise entre 100 000 et 200 000 et qui contiennent une proportion élevée d'acide Glutamique de Glycine.
- Celles dont la masse est inférieure à 50 000 et qui présentent une hydrophobicité voisine des Gliadines à faible poids moléculaire (FPM).

En tenant compte de leurs propriétés biochimiques et de leur origine génétique, les prolamines ont été séparées en 3 groupes :

- Les prolamines riches en soufre (anciennement appelés gliadine w) ;
- Les prolamines de masse moléculaire élevée (anciennement appelés Glutamines HPM).

### **LES GRAINES DE LEGUMINEUSE :**

#### **Structure et composés :**

Les légumineuses à grains sont cultivées principalement pour leurs graines riches en protéines (fève, pois, haricot, lentille, soja, arachide), et sont utilisées pour l'alimentation humaine, ces graines sont beaucoup plus riches en protide et moins riches en glucide que les graines céréales. Leur composition en pourcentage de la matière sèche- mis à part le soja- est de 22 à 25% de protide, de 48 à 54 % des glucides et de 1 à 4% de lipide.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

En raison de la source de protéines qu'elles représentent, ces espèces sont souvent appelées protéagineuses et leur culture est en expansion à l'échelle mondiale, les légumineuses représentent une composition en protéine assez voisine et sont principalement constituées de globuline (60-90%) et d'albumine 10-20%.

Les fractions de globuline des graines légumineuses sont représentées par des protéines de type 7 S à 11-12 S (classe 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 de polypeptides acides et basiques reliés par des ponts disulfure ce qui explique que ces protéines s'agrègent ou se dissocient suivant les caractéristiques du milieu.

### **Propriétés fonctionnelles :**

Poudre de faible variation saline.

La solubilité de protéines augmente de manière exponentielle avec un accroissement de la force ionique par ailleurs les conditions de ces charges influentes sur la capacité de rétention d'eau de protéines.

La viscosité des solutions protéiques diminue peu en présence de sel mais augmente avec la température suite à la dénaturation (fonction de l'origine de ces protéines végétales). L'effet de gonflement est lié au déroulement de la chaîne peptidique.

La température de début de coagulation varie avec le pH et les forces de gel les plus élevées sont obtenues pour des valeurs de pH proche de 7.

### **FRUITS ET LEGUMES**

Les fruits et les légumes constituent les aliments dont la consommation est la plus élevée, ce sont surtout des sources de calcium, de vitamine C, de carotène, de vitamines de groupe B, ils n'apportent que peu de calories de cellulose facilitant le transit intestinale chez les sédentaires et ils calment le désir de manger sans faire angreger.

### **COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS :**

La distinction que l'on fait couramment entre fruits et légumes est essentiellement d'ordre gastronomique, les fruits charnus ont en générale comme caractères communs :

- La richesse en sucre ;
- L'acidité relativement élevée ;
- Le parfum prononcé ;
- Ils sont les plus souvent consommés à l'état cru.

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

Parmi les légumes on compte :

**Des fruits :** concombre, aubergine, poivron, tomate ;

**Des graines :** petit pois, haricot, maïs ;

**Des racines :** betterave, carotte ;

**Des tiges :** asperge ;

**Des feuilles :** épinards, choux, laitue ;

**Des fleurs :** choux-fleurs, artichauts.

Les légumes constituent ainsi une collection hétérogène et dont la faible acidité (pH voisin ou supérieur à 5) qui constitue une propriété commune à la plupart des légumes (abstraction faite à la tomate qui a des caractères organoleptiques d'un vrai fruit.

Les fruits et légumes sont riches en eau, les fruits contiennent en générale plus doses en acide organiques et moins d'amidon de protéine et de sel minéraux que les légumes.

Les caractères organoleptiques et nutritionnelle des aliments végétaux dépendent de nombreux facteurs : espèce et variétés, conditions des cultures, état de maturité, conditions et durée d'entreposage, traitement technologique.

La teneur en constituants chimiques divers varie considérablement du cours de la croissance et de la maturation, de l'entreposage après récolte et des traitements.

### **LA SAVEUR ET L'AROME :**

La saveur et l'arôme dépend du rapport de teneur en sucre et en acide, de la richesse en tannins (astringents) et de la présence de nombreux composés plus ou moins volatiles (ester, alcool, cétone, aldéhyde.

### **LA COULEUR DES FRUITS ET LES LEGUMES :**

La couleur est due au pigment localisé dans les plastides, les vacuoles ou les liquides cytoplasmiques des cellules, parfois uniquement des cellules épidermiques (certain variété de raisin). Les pigments principaux appartiennent à 3 grandes classes :

**Chlorophylle:** Verte liposoluble ;

**Caroténoïde :** Jaune et orange, liposoluble (ex.  $\beta$  carotène).

**Anthocyanine :** Rouge ou bleu, hydrosoluble, la teneur des fruits en pigments est complètement modifiée pendant la maturation.

### **TEXTURE :**

La rigidité est due en parti en micro-fibrilles cristallines de cellulose, ainsi qu'aux micro-fibrilles d'hémicellulose diverses, de xylènes de lignine, la turgescence qui confère au fruits et légumes

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

leurs fermenté et leurs succulence dépend de l'eau retenue dans les cellules par osmose qui peut atteindre 96% de poids de tissus, la texture est influencée par les maturations, l'entreposage, la cuisson et la congélation ainsi que par les gels d'amidon et par les gels de pectine.

### **CELLULOSE ET PECTINE :**

#### **Cellulose :**

La cellulose est le principal polysaccharide de structure des végétaux, présente à l'état de fibre en association avec des hémicelluloses et des pectines, c'est un polymère linéaire constitué de résidu de glucose relié par des liaisons (1-4), liaison particulièrement résistante et que d'hydrolyse acide rend difficilement la régularité de disposition des groupements hydroxyle fait que les chaînes voisines interagissent par l'intermédiaire de nombreuses liaisons hydrogène créant ainsi un édifice à haute teneur de cristallinité, la chaleur humide réduit quelque peu cette cristallinité par gonflement et pénétration d'eau entre les chaînes.

La cellulose est en grande partie responsable de la texture des aliments végétaux, la dureté de ces derniers semble liée à la cristallinité de la cellulose.

La cellulose n'est pas digestive pour l'homme mais participe à la formation d'un ballast intestinal hydraté qui facilite l'évacuation des autres matières indigestibles. Il est difficile de réaliser in vitro l'hydrolyse de la cellulose par des cellulases, divers celluloses substituées peuvent être synthétisées, notamment la carboxyméthylcellulose  $\text{ROCH}_2\text{-COOH}$  qui est :

- Un bon agent de rétention d'eau (en pâtisserie) ;
- Utilisé pour empêcher la cristallisation de sucre en confiserie ;
- Pour la stabilisation des crèmes glacées ;
- Pour faciliter la réhydratation des poudres de jus de fruit.

#### **Pectine :**

Les substances pectiques sont des polymères linéaires de l'acide galacturonique dont une partie plus ou moins grande, des groupements carboxyles sont estérifiés par des radicaux méthyles, on les trouve principalement dans les parois cellulaires et des espaces intercellulaires des tissus végétaux,

On distingue toutefois :

- Pectine : uniquement les chaînes polygalacturoniques méthylés à 100% ;
- Acide pectinique : celles qui présentent des taux de méthylation inférieurs à 100% ;
- Acide pectique : désigne celles les acides poly galacturonique exempte de méthoxyle.

Dans les végétaux les pectines sont souvent liés à la cellulose, notamment dans les parois cellulaires sous la forme d'un complexe insoluble dans l'eau appelés petit proto-pectine, il suffit

### CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

toute fois d'un bref chauffage au milieu acide telle qu'il existe naturellement dans des nombreux fruits pour libérer la pectine qui est soluble dans l'eau. La propriété des pectines la plus important de point de vue la technologie alimentaire est leur aptitude à former des gels

#### **MODIFICATION CHIMIQUE AU COURS DE LA MATURATION :**

La maturation est défini comme étant la période de différenciation tissulaire accompagné d'une synthèse d'enzymes spécifiques responsables de modification biochimique et structurale rendant le fruit agréable à consommer. Certains fruits notamment l'abricot, le pêche, la pomme, la poire, la tomate, certains mélo, l'avocat, la banane présentent un accroissement temporaire de l'activité respiratoire (plus intense) appelé *pic climactérique* qui coïncide en générale avec les principales modifications, le pic climactérique survient soit sur la plante soit lors de la maturation après récolte, d'autres notamment le raisin, la cerise, la fraise, la figue, l'agrume, l'ananas ainsi que la plupart des légumes ne présentent pas de pic climactérique, leurs respiration progresse plus longtemps et les laisse en générale nourrir sur la plante.

*Si le fruit a un pic climactérique dans ce cas on peut fait la récolte avant sa maturation*

L'initiation et le déroulement de la maturation sont sous la dépendance de l'éthylène (c'est une hormone végétale produite au cours de la maturation (hormone de maturation), pour les fruits climactériques. *Par contre la maturation est indépendante pour les fruits non climactériques.*

#### **Modification chimique :**

La phase de maturation serait une période de différenciation de tissus accompagnée d'un ensemble de réactions qui modifient de façon notable des caractères organoleptique des fruits :

- Augmentation de la teneur en oses et de la saveur sucrée, ces oses proviennent de l'hydrolyse soit de l'amidon (banane, poire, pomme) soit de hémicellulose des parois (agrume, pomme, poire).
- Baisse de l'acidité : le rapport sucre sur acide (sucre/acide) s'élève qui résulte de la dégradation de l'acide organique.
- Ramollissement des fruits qui résulte de la modification des substances pectiques, la protopectine insoluble est transformée en pectine soluble et celle-ci est partiellement déméthoxylée et dépolymérisée.
- Les pigments subissent eux aussi des modifications considérables, le passage du vert au jaune

## CHAPITRE 3. CARACTERES DES ALIMENS

---

(agrume, abricot, pêche, certain variété de pomme..) ou au rouge (tomate) correspond en générale au démasquage de pigments caroténoïde du fait de la destruction de la chlorophylle, parallèlement il ya toutes fois souvent une synthèse de caroténoïde ou de pigment anthocyanine.

La maturation donne naissance à un grand nombre de composés organiques volatiles en partie responsables de l'arôme de fruit.

### **BRUNISSEMENT ENZYMATIQUE (BE) :**

#### **Définition et substrat :**

On appelle (BE) la transformation enzymatique dans ces premières étapes de composés phénoliques en polymère coloré, le plus souvent brun ou noire.

Le BE enzymatique s'observe chez les végétaux qui sont riches en composés phénoliques, il n'intervient pas dans les aliments d'origine animale.

Le BE cause d'importants problèmes de couleur avec certains fruits et légumes (pomme, poire, banane, pomme de terre, champignon) en particulier lorsque le tissu de ces végétaux sont malades ou endommagés.

Cependant un certain degré de brunissement est en effet recherché lors de la maturation (ex. les dattes).

#### **Prévention :**

- Sélection de variété pauvre en substrat phénolique.
- Eviter les contusions qui endommagent les tissus.
- Inactivation des enzymes par la chaleur.
- Addition des composés réducteurs (acide ascorbique).
- Immersion des fruits dans l'eau légèrement salé ou sucré.
- Abaissement du pH.
- Enlèvement des O<sub>2</sub> (désoxygénation).
- Emploi de l'anhydride, sulfure et du bisulfite.