

Résumé du cours de chimie alimentaire

La composition des aliments

Aliment : substance complexe consommable d'origine animale ou végétale composé de nutriments

Importance des aliments : apporter à l'organisme les substances nécessaires pour sa croissance, son entretien et son bon fonctionnement

Un aliment est composé de nutriments, en dehors de l'eau on distingue :

- Les nutriments énergétiques : protides, glucides, lipides
- Les nutriments de constitution et d'entretien : protéines minéraux (Ca P) et lipides
- Les nutriments de régulation du métabolisme : vitamines et minéraux

L'EAU

- L'eau définition et propriétés

L'eau est une molécule faite d'un atome d'oxygène lié de façon covalente à deux atomes d'hydrogènes

Dans la nature, sous l'effet de la pression et de la température, l'eau peut se rencontrer sous 3 états : liquide, solide, gazeux.

Dans les aliments on peut distinguer :

- L'eau intimement fixé aux macromolécules par les forces de Van der Waals et les liaisons hydrogènes. Elles échappent à la congélation.
- L'eau libre qui représente le reste de l'eau de constitution des aliments.
- L'eau d'hydratation parfois absente.

- Activité de l'eau (a_w)= disponibilité relative de l'eau dans un aliment donné. Elle s'exprime par le rapport : $a_w = p_w/p^{\circ}w$

- P_w : pression partielle de la vapeur d'eau dans l'aliment
- $P^{\circ}w$: pression partielle de la vapeur d'eau pure à la même température*
- Il existe une relation entre l'humidité relative et a_w : $R_h = a_w \times 100$
- A_w dépend de la température : généralement elle décroît lorsque la température croît, excepté dans le cas de certaines solutions sucrées ou salines.

Isotherme d'absorption : courbe représentant l'équilibre :

La quantité d'eau retenue par l'aliment en fonction de l'humidité à une température donnée

La pression partielle de vapeur d'eau exercée par l'eau de l'aliment.

- $A_w < 0,3$ l'eau est fortement retenu à la surface des molécules de soluté sous forme d'une couche mono moléculaire.
- $0,3 < a_w < 0,75$ l'eau est faiblement lié
- $A_w > 0,75$ l'eau est libre, cependant elle ne quitte pas facilement les tissus végétaux et animaux. Elle se trouve sous forme de gels et sa

rétenion est influencée par le Ph, la force ionique la nature des sels et de certaines altérations.

Les courbes d'absorption et de désorption ne coïncident pas car le diamètre des pores de tissus étant faible en surface qu'en profondeur, la pression de la vapeur d'eau nécessaire au remplissage est plus élevée que celle à laquelle elle se vide.

- La fixation de l'eau par un aliment dépend de sa composition chimique et de son état physique.
- Les protéines et l'amidon retiennent plus d'eau pour de faibles a_w que les lipides et les substances cristallines.
- A a_w égale, le saccharose amorphe fixe plus d'eau que sous forme cristalline
- L'addition de NaCl, saccharose, glycérol, propylène glycol dans un aliment abaisse a_w sans modifier sa teneur en eau.
- L' a_w a des effets sur les mécanismes d'altération chimique, enzymatique et microbienne sur les aliments.
- $a_w < 0.1-0.2$ et $a_w > 0.5$: l'oxydation des lipides est très élevée. Mais pour $0.2 < a_w < 0.5$ les antioxydants solubles sont mobiles et actifs, l'oxydation est faible.
- $0.5 < a_w < 0.7$ les réaction de brunissement enzymatique atteignent leur vitesse maximale.
- Les réaction enzymatiques(exception faite des lipases) ne démarrent que si $a_w > 0.1-0.2$
- Microorganismes : $0.92 < a_w < 0.99$, la stabilité microbienne est donc très grande dans les produits déshydratés ($a_w < 0.6-0.8$) les bactéries ne se multiplient pas pour $a_w < 0.85-0.90$. pour les moisissures, la limite inférieure est $0.7-0.8$

LES GLUCIDES

• Définition

Substance carbonylée formée d'une ou de plusieurs unités de cétone ou polyhydroxy-aldéhyde. La présence de groupements libres d'aldéhydes ou de cétones lui confère un pouvoir réducteur que l'on met en évidence avec de la liqueur de Fehling.

• Les oses simples glucides non hydrolysables et réducteurs :

- Les oses en C2 ou biose
- Trioses
- Tétrose
- Pentoses
- Hexose : glucose, fructose, galactose et mannose. Ils sont les plus répandus dans les aliments. On les trouve dans les agrumes ; la banane, la carotte, le miel et le lait etc.
- On parlera d'aldose lorsque le groupement CO est en position C1 (glucose)
- Cétose lorsqu'il est en position 2 (fructose). Les cétooses possèdent la fonction alcool primaire à chaque extrémité.

- Les osides et oses dérivés hydrolysables : glucides complexes hydrolysables

La fonction carbonyle est engagé dans une liaison avec un autre composé X fait d'un ou de +sieurs monoses.

- Les disaccharides sont faits de l'union de 2 monosaccharides :
- Le saccharose : glucose-fructose (non réducteur).
- Lactose : glucose-galactose (réducteur)
- Maltose : glucose-glucose (réducteur)
- Les polysaccharides sont des polymères de glucose qui sont aussi appelés glycanes, les plus connus sont l'amidon, la chitine, la cellulose, le glycogène.
- L'amidon est le sucre de réserve des plantes. Il est formé de 2 types de polymères qui sont : l'amylose (linéaire α 1—4) et l'amylopectine ramifiée, liaison α 1—4 et α 1—6

Sucres : produits provenant de la cristallisation du jus de canne à sucre ou de la betterave. Tous les produits sucrés ne sont pas des glucides et tous les glucides ne sont pas sucrés, c'est le cas de l'aspartame qui est un édulcorant très sucré mais qui n'est pas un glucide.

Fructose—saccharose—glucose—galactose—mannose—maltose—lactose.
(Du plus sucré au moins sucré).

Rôle des glucides

- Se construire (les plantes et arthropodes)
- Obtenir l'énergie nécessaire pour un bon fonctionnement.

Métabolisme des glucides

- Tout glucide doit être transformé en ose simple avant d'être absorber par l'organisme
- La transformation des di et polysaccharides en monosaccharides se fait dans le tractus digestif suivant une réaction de désintégration (lyse) nécessitant l'apport de molécules d'eau : hydrolyse.
- Tout monosaccharide résultant de cette hydrolyse exceptée le glucose est ensuite transformé en glucose dans le foie avant d'être assimilé.
- La cellulose n'est pas hydrolysée par l'organisme humain.
- L'intestin de certains individus ne secrète pas la lactase. Ce disaccharide se trouve dans le gros intestin ou il est fermenté par les bactéries qui s'y trouvent. C'est l'intolérance du lactose.

Les LIPIDES

Lipides proprement dits : (ester ou amides d'un acide gras et d'un alcool)

Glycérolipides

Sphingolipides

Cérides

Stérides

Etholides

Lipoïdes : substance ayant les caractères de solubilité des lipides

Les acides gras : c'est une molécule formé de molécules de carbone liées a des atomes d'hydrogène et terminé par un groupement COOH

La chaine latérale peut etre :

- Non polaire
 - Saturé et linéaire : AG soluble C4 à C10
AG insolubles C12 et plus.
 - Saturé et ramifier
 - Cycliques
 - insaturés
- Polaire
 - Acides et alcool
 - Acides cétoniques
 - Autres acides

On dira qu'un acide gras est saturé lorsqu'il n'y a que des liaisons simples entre les carbones.

Lorsqu'il existe une seule double liaison C=C dans la chaine, on a un AG mono insaturé.

Un AG polyinsaturé contient plusieurs liaisons doubles.

Les 4 plus abondants AG prédominants dans le corps gras alimentaire, animaux et végétaux sont :

- Acide palmitique saturé en C16.
- Acide stéarique saturé en C18.

- Acide oléique (monoène en C18).
- Acide linoléique (diène en C18).

Les acides gras essentiels sont l'acide α -linoléique et l'acide linoléique.

- Propriétés physiques des acides gras
- **Configuration des chaînes hydrocarbonées** : dans le cas des acides gras insaturés, la double liaison introduit une structure rigide dans les chaînes : on a donc les formes « cis » assez répandus et les formes « trans » plus rares.
- **Point de fusion** : quand le point de fusion est faible, le produit fond vite et résiste si ce point de fusion est élevé. Il s'abaisse avec le nombre de double liaison. Il s'élève aussi avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée pour une forme donnée. L'abaissement est plus fort pour la forme cis que pour la forme trans. Si le nombre de double liaison augmente, le point de fusion diminue.
 - **Acide stéarique** : C18 :0 - 69.6
 - **Acide vaccénique (trans)** C18 : 1 - 44
 - **Acide oléique (cis)** C18 :1—13.4
 - **Acide linoléique (cis)** C18 :2-- -5
 - **Acide linoléique (cis)** C18 :3-- -11
- **Structure polaire** : l'hydrophobie croît avec l'augmentation du nombre de carbone
La dissociation du COOH décroît avec l'augmentation du nombre de carbone.

- **Les glycérides**

Ce sont des molécules faites de l'union du glycérol avec un ou plusieurs AG par une réaction de condensation. Puisque le glycérol comporte 3 groupement OH, on parlera de mono, di ou triglycéride lorsque le glycérol s'unit à 1, 2 ou 3 AG (maxi).

La lipolyse est une réaction d'hydrolyse des lipides catalysée par la lipase. Chez les mammifères, les triglycérides alimentaires doivent d'hydrolyser grâce à la lipase pancréatique en AG et 2-monoglycérides avant de pénétrer dans la cellule de la muqueuse intestinale. Les triglycérides sont à nouveau assemblés après absorption intestinale.

Les triglycérides servent de réserves alimentaires. Tous les surplus alimentaires peuvent se transformer en triglycéride. Chez certains animaux comme la baleine et le phoque, ces réserves agissent comme un isolant thermique.

- **Les phospholipides**

Grandes famille de substances biochimiques rencontrées dans toutes les cellules, dans les membranes cellulaires et les structures subcellulaires. Il s'agit des glycérophospholipides, les sphingomyélines
Ils diffèrent les uns des autres par la sorte d'acide gras rattachée au glycérol.

Placés dans l'eau, les molécules de phospholipides ont tendances a former une couche mono moléculaire où seules les portions hydrophiles sont en contact avec l'eau. Lorsqu'on les oblige a se mélanger avec l'eau, il se forme une double couche : les AG se font face alors que les portion hydrophiles restent en contact de l'eau. Il se forme ainsi une membrane de l'épaisseur des deux couches de molécules. Les membranes des cellules sont formées de phospholipides disposés de cette façon et dans lesquels sont intégrés des protéines et des polysaccharides.

- **Les stéroïdes**

Ce sont des molécules qui partagent toutes les mêmes squelettes de base : le noyau stérol

Le plus abondant des stéroïdes connu est le cholestérol. Les œstrogènes, la cortisone, la testostérone sont aussi des stéroïdes.

Le cholestérol est essentiel pour l'organisme car il s'associe aux phospholipides pour former la membrane des cellules animales. Il sert à former différentes molécules essentiels comme les hormones stéroïdes, la vitamine D ou les sels biliaires.

- **Oxydation des lipides**

Les réactions d'oxydation des lipides entraînent la formation de composés volatils d'odeur désagréable. Les principaux substrats de cette oxydation sont les acides gras non saturé.

- Formation d'aldéhydes et de cétones de faible masse moléculaire responsables de l'odeur de rance.
- Réaction des composés carbonylés avec les protéines : brunissement non enzymatique
- Oxydation secondaire de divers aromes
- Diminution de la valeur nutritive : perte d'activité vitaminique et de couleur, oxydation des acides gras essentiels. Etc.

Les protéines

Molécules les plus complexes et les plus variées du monde vivant

Se retrouvent dans presque tous les tissus à des températures variées

Aliment type : blanc d'œuf

Structure chimique, C O H N parfois S et P sont présents mais en petite quantité

Protéines composées de polymères d'AA

Os : osséine

Sang : albumine sérique, hémoglobine

Mais zeine

Blé : gliadine, glutenine

Acides aminés : molécules de carbones auxquelles sont liés : (NH₂) (COOH) et une portion de radical R variable d'un aa à un autre

Certains AA contiennent du soufre (cystéine, cystine, méthionine)

Il existe 20 AA. Certains AA sont dits essentiels car ils ne peuvent pas être ou sont très peu fabriqués par l'organisme. Ce sont la valine, tryptophane, thréonine, phénylalanine, méthionine, lysine, leucine, isoleucine, arginine et histidine.

Le maïs est déficient en isoleucine et en lysine tandis que le haricot est déficient en tryptophane et en méthionine.

Fonction :

- protéine structurale
- plasmiques et des liquides biologiques
- à activité biologique (enzymes, hormones transporteurs)
- protéines alimentaires : savoureuses et digestibles.

La structure secondaire (l'hélice et le feuillet) des AA dépend des interactions entre les AA de la chaîne :

- l'effet hydrophobe de certains radicaux
- les liaisons ioniques
- les liaisons H (plus importante)

- les ponts disulfures entre les AA souffrés de la chaîne.

Denaturation des protéines : modification spatiale des protéines par rupture des liaisons qui relient entre eux les radicaux des AA qui constituent sa structure sans aucune liaison peptidique. Elle résulte des agents :

- physiques tels que la chaleur, radiation UV ionisantes, agitation prolongée, interface

- chimiques : acides, solutions de métaux lourds

Les protéines sont solubles dans l'eau pure (albumine, petites globulines), dans les sels neutres en milieu alcalin ou en présence d'éthanol. Insoluble dans l'eau

La protéolyse est la dégradation des protéines en AA sous l'action des enzymes protéolytiques.

Celle gastro-intestinale est importante car elle permet de réduire les P alimentaire en AA absorbables par l'organisme. Elle s'opère en plusieurs étapes :

- la chaîne polypeptidique est découpée en peptide par les endopeptidases
- des dipeptidases coupent la dernière liaison

- en industrie alimentaire on utilise la chymosine ou pressure extraite de la caillette des jeunes ruminants non sevrés et utilisée en fromagerie pour effectuer la protéolyse

la réaction de Maillard : réaction chimique non enzymatique de condensation entre le groupement amine des AA et le groupement carbonyle des sucres réducteurs sous l'effet de la chaleur. A sa phase ultime, elle conduit à la formation de pigments bruns insolubles appelés mélanoides. Un environnement ayant une activité de l'eau élevée inhibe la réaction.

Etape 1 : formation de glycosylamine N substitué

2. réarrangement d'Amadori aboutissant à la formation de 1-amino 1-désoxy 2-cétose ou cétosamine ou composé d'Amadori

3. formation de pigment mélanoides brun ou noir à la suite de l'interaction entre les composés carbonyles et d'autres constituants sous l'effet de la chaleur.

