



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE IBN KHALDOUN - TIARET

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agroalimentaire

Polycopié de cours

Aliments et nutriments

Destiné aux étudiants de Master « Agroalimentaire et contrôle de qualité »

Préparé par : **Dr. Mohamed Abdelhaq ABBES**
Maître de Conférences «A» à l'Université de Tiaret

2023 – 2024

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE IBN KHALDOUN - TIARET

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agroalimentaire

Polycopié de cours

Aliments et nutriments

Destiné aux étudiants de Master « Agroalimentaire et contrôle de qualité »

Préparé par : Dr. Mohamed Abdelhaq ABBES
Maître de Conférences «A» à l'Université de Tiaret

2023 – 2024

Avant-propos

Pour entretenir la vie et le mouvement et les différentes fonctions de l'organisme humain, il faut se nourrir, l'alimentation joue un rôle primordial dans la performance physique et la santé de l'individu.

Plusieurs pathologies étaient toujours liées à des équilibres métaboliques qui aboutissent généralement aux maladies -dites- non transmissibles. Les mécanismes clés de ces maladies se déroulent aux tours des aliments et nutriments.

Ce polycopié de cours fournit des éléments de réponse précis et actualisés aux questions d'aliments et nutriments. Il constitue un effort de synthèse et d'illustration, avec plusieurs tableaux et figures.

Ce document regroupe un ensemble d'informations actualisées sur le domaine de l'alimentation. Il donne une vision plus éclairée de la spécialité et permet une bonne compréhension de plusieurs notions de l'alimentation humaine.

Il est destiné principalement aux étudiants de master «Agroalimentaire et contrôle de qualité », comme support de cours du module « aliments et nutriments », mais aussi pour l'ensemble des étudiants des filières des sciences biologiques et des sciences alimentaires.

Liste des tableaux

Tableau 1 : les éléments énergétiques, p6

Tableau 2 : les éléments non énergétiques, p7

Tableau 03 : Les sucres en industrie agroalimentaire, p14

Tableau 04 : points de fusion de différentes formes cristallines de TG, p34

Tableau 05 : la viscosité V_{20} (cP) de certaines huiles, p34

Tableau 06 : les valeurs de l'indice de saponification de quelques corps gras, p35

Tableau 07 : la température de solidification des principales huiles alimentaires, p39

Tableau 08 : répartition des acides gras de quelques huiles végétales, p40

Tableau 09 : les principaux acides gras des huiles alimentaires, p41

Tableau 10 : la température critique de certaines huiles végétales, p47

Tableau 11 : Les différentes dénominations de l'huile d'olive, p49

Tableau 12 : composition de l'huile d'olive, p50

Tableau 13 : principales constantes physiques et chimiques de l'huile d'olive, p51

Liste des figures

Figure 01 : réaction enzymatique, p25

Figure 02 : système endocrinien chez l'Homme, p25

Figure 03 : Structure des protéines, p28

Figure. 04 : schéma d'une étape d'hydrogénation, p36

Figure. 05 : réactions d'oxydation des lipides, p37

Figure. 06 : schéma général de la production des corps gras, p44

Figure 07 : schéma de production de l'huile d'olive, p53

Introduction

La nutrition est une science pluridisciplinaire qui s'intéresse aux aliments et aux éléments nutritifs qui les composent, à leur action dans l'organisme et à leurs interactions en regards de la santé et des maladies, aux processus par lesquels l'organisme ingère, absorbe, transporte, utilise et excrète les substances alimentaires, et, enfin, aux comportements alimentaires et aux facteurs socio-économiques, politiques, technologiques ou autres, qui déterminent l'environnement alimentaire des êtres humains. L'OMS définit, en 2003, la nutrition comme étant l'apport alimentaire répondant aux besoins de l'organisme.

Une alimentation saine et équilibrée est composée de protéines, glucides, lipides, sels minéraux, vitamines et eau. Ces éléments nutritifs doivent répondre à trois exigences ; la qualité, la quantité et les proportions adéquates.

Dans ce document, nous essayons de détailler chaque nutriment à savoir :

- Glucides ;
- Protéines ;
- Lipides ;
- Vitamines ;
- Sels minéraux.

L'alimentation comme étant l'ensemble des produits consommés par un individu dans le but de se procurer des satisfactions sensorielles et de couvrir les dépenses de son organisme. Manger est avant tout un acte vital déterminé par des besoins et des mécanismes biologiques et physiologiques.

Dans les besoins nutritionnels, on distingue :

- Les besoins en éléments énergétiques afin d'assurer le bon fonctionnement des organes. On parle alors de besoins quantitatifs (*cf.* tableau 1 ci-après);

Tableau 1 : les éléments énergétiques

Eléments énergétiques	Source	Rôle
Les protéines	- protéines animales : Lait et produits laitiers Viandes, poissons, œufs - protéines végétales : Céréales, féculents	Fabrication des tissus du corps Croissance (apport d'acides aminés) Entretien, réparation
Les glucides	- glucides complexes : Sucre des céréales (amidon) - glucides simples : Sucre du lait (lactose) Sucre des fruits (fructose)	Energie musculaire Fonctionnement cérébral
Les lipides	- lipides animaux : Lait et produits laitiers Viandes, poissons, œufs - lipides végétaux : Huiles végétales	Energie musculaire Absorption des vitamines liposolubles (A, D, E, K) Structure du tissu nerveux (apport d'acides gras insaturés)

- non énergétiques afin d'assurer la construction de l'organisme, son renouvellement, son entretien ou sa réparation. On parle de besoins qualitatifs (cf. tableau 2 ci-après);

Tableau 2 : les éléments non énergétiques

Eléments non énergétiques	Source	Rôle
<p>Les sels minéraux et les oligoéléments:</p> <p>Calcium</p> <p>Fer</p>	<p>Lait et produits laitiers</p> <p>Foie, viandes, légumes verts</p>	<p>Antirachitique</p> <p>Constitution des os et des dents</p> <p>Antianémique, transport de l'oxygène dans le sang</p>
<p>Les vitamines:</p> <p>Les liposolubles</p> <p>Vitamine A</p> <p>Vitamine D</p> <p>Vitamine E, K</p> <p>Les hydrosolubles</p> <p>Vitamine C</p> <p>Vitamines B</p>	<p>Lait, carottes, légumes verts</p> <p>Poisson, foie, huiles végétales, œuf</p> <p>Fruits acides, légumes crus</p> <p>Céréales, lait, poisson, œuf, foie</p>	<p>Vision</p> <p>Croissance, métabolisme de Ca et du P</p> <p>Antirachitique, antioxydant, antihémorragique</p> <p>Anti-infectieux</p> <p>Croissance physique et cérébrale</p>
<p>L'eau</p>	<p>Eau et boisson</p> <p>Eau des aliments</p>	<p>Transport des aliments et évacuation des déchets</p> <p>Apport de minéraux</p> <p>Hydratation de l'organisme</p>

1. Glucides

Introduction

Les glucides forment un groupe de composés très importants. Certains représentent une source d'énergie pour les organismes vivants, soit immédiatement utilisable (glucose), soit sous forme de réserve (amidon, glycogène) ; d'autres ont un rôle structural (cellulose, chitine, acide hyaluronique).

Les glucides sont des composés carbonylés formés d'une ou de plusieurs unités de polyhydroxy-aldéhyde ou cétones. Leurs formules chimiques abrégées peuvent être exprimées sous la forme de $C_n (H_2O)_m$. D'où le nom d'hydrates de carbone qui désigne traditionnellement toutes les substances répondant à cette formule empirique.

Les glucides, les plus communément rencontrés, sont formés d'unités à six ($n=6$) ou cinq ($n=5$) atomes de carbone. Ces unités peuvent être libres, on parle alors de monosaccharides ($m=n$), former des paires, disaccharides ($m=n-1$), des petits groupes, oligosaccharides, ou encore des structures énormes comprenant des milliers d'unités telles que les molécules d'amidon, polysaccharides.

Monosaccharides

Les monosaccharides ou sucres simples (ou oses) sont des molécules comprenant à la fois plusieurs fonctions alcool et une fonction réductrice, soit aldéhydrique, soit cétonique. La classification des monosaccharides repose d'une part sur le nombre d'atomes de carbone de leurs molécules (trioses, tétroses, pentoses, hexoses, heptoses, etc.), d'autre part sur la nature de la fonction réductrice (aldoses et cétones). Ce sont des glucides simples non hydrolysables et réducteurs. Les monosaccharides les plus courants et les plus importants sont des hexoses ($n=m=6$) et des pentoses ($n=m=5$).

Glucose

Autrefois appelé dextrose, est sans aucun doute l'ose le plus répandu dans les milieux végétaux et animaux, à l'état libre ou à l'état combiné (amidon et cellulose).

Le glucose se trouve dans les fruits, les patates douces, les oignons et autres végétaux. Le miel en contient 35%. Il est la forme principale sous laquelle les glucides sont utilisés dans l'organisme. Il forme le point de départ du système de MEYERHOF-EMBDEN qui est la voie principale de la décomposition des monoses dans le muscle et dans les fermentations microbiennes jusqu'au niveau de l'acide pyruvique. D'autres hexoses doivent subir l'isomérisation en glucose, sous forme d'ester 1-phosphorique, avant d'entrer dans cette voie.

Fructose

Autrefois appelé lévulose, il est plus doux que le glucose et possède des propriétés physiologiques différentes. Il est abondant à l'état libre dans les végétaux notamment les fruits. Comme il se trouve en parties égales avec le glucose dans le miel, ce qui donne à ce dernier sa consistance car le fructose possède la propriété d'être difficile à se cristalliser et, dans un mélange, empêche la cristallisation des autres sucres. Le fructose a aussi une caractéristique très intéressante en agroalimentaire, c'est son pouvoir sucrant et sa solubilité dans l'eau. Ce sucre simple ne se trouve qu'en très faible quantité dans les cellules animales.

Galactose

La forme L est naturelle, elle est beaucoup moins abondante que la forme D. Il est peu abondant à l'état libre (sang, urine normal etc.) mais il est fréquemment présent en combinaison avec d'autres sucres ou d'autres composés.

Disaccharides

Selon leur pouvoir réducteur, nous pouvons classer les disaccharides en deux catégories ; les diholosides réducteurs (maltose et lactose), et les diholosides non-réducteurs comme le saccharose.

Parmi les propriétés de ces disaccharides, c'est qu'ils ne peuvent pas être absorbés qu'après leur hydrolyse en monosaccharides, il faut rappeler ici que le glucose est la forme principale d'utilisation de l'énergie chez l'Homme.

Saccharose

C'est le sucre de table qui est fréquemment rencontré en agroalimentaire et en alimentation moderne. C'est le plus répandu des diholosides non-réducteurs. Il est extrait de la canne à sucre et de la betterave.

Il est formé par l'union d'une molécule de D-glucose et d'une molécule de D-fructose qui, lors de la digestion, sont libérées et absorbés séparément.

En Algérie, la quasi-totalité du saccharose conditionné dans les unités de production, s'agit d'un raffinage du sucre roux importé car il n'y a pas de culture industrielle de la canne à sucre ou de la betterave dans le pays.

Le saccharose est le seul aliment pur et cristallisé que l'Homme consomme, il est incorporé dans plusieurs aliments transformés ; céréaliers (biscuiterie et autres), lactés (yaourt, préparations laitières etc.), fruitiers (confitures) et dans les boissons et les sirops ou même dans les sucreries (chocolats et autres).

Lactose

C'est le sucre du lait, formé de l'union d'une molécule de D-galactose et d'une molécule de D-glucose. Il est le constituant majeur de la matière sèche glucidique du lait. Il est prédominant dans le lait des ruminants (5% dans le lait de vache) et avec une teneur plus importante dans le lait humain.

Plus de son rôle énergétique, le lactose représente un facteur d'assimilation des matières azotées et du calcium avec la vitamine D, sa présence dans le tube digestif favorise l'implantation d'une flore lactique s'opposant à l'installation d'une flore de putréfaction.

Une enzyme particulière, la lactase, est nécessaire pour pouvoir scinder ce sucre en deux molécules distinctes, le glucose et le galactose. Dans certaines régions du monde la majeure partie des adultes manifeste une déficience relative en cette enzyme, ce qui la rend intolérante au lactose. Pour cette catégorie de consommateurs, la présence du lactose dans un aliment met en questions sa qualité hygiénique, car parmi les conditions d'une bonne qualité hygiénique d'une denrée alimentaire c'est l'absence de composés normaux inadaptés à un consommateur particulier. Cette notion est connue dans le domaine de la qualité des aliments par les composantes de la qualité à savoir la composante nutritionnelle, hygiénique, organoleptique et d'usage.

Maltose

C'est le produit intermédiaire de l'hydrolyse-acidé ou enzymatique de polyholosides tels que l'amidon et le glycogène. Il est formé de l'union de deux molécules de glucose.

Oligosaccharides

Les oligosaccharides comme le raffinose sont formés de 4 à 20 molécules de monosaccharides, ils sont également constitués par du saccharose, ces glucides sont moins répandus dans la nature que les mono- et les disaccharides.

Polysaccharides

Les polysaccharides sont des macromolécules glucidiques largement répandues, en particulier dans le règne végétal. Ils sont constitués de plus de 20 résidus. Certaines d'entre elles (amidon, dextrine, glycogène et quelques polysaccharides non digestibles) intéressent particulièrement l'industrie alimentaire pour leurs propriétés épaississantes et gélifiantes et pour leur rôle dans la texture des aliments.

Amidon

C'est la forme de réserve dans le monde végétal. Il se trouve dans plusieurs variétés végétales ; céréales avec 50 à 80%, Légumes 25 à 50% et tubercules avec 60 à 95%. Il est

constitué de deux types de chaînes polyglycosidiques ; l'amylopectine (70 à 80% de l'amidon) et l'amylose.

L'amylopectine est un enchaînement de molécules de glucose selon une structure ramifiée. L'amylose est constitué de longues chaînes linéaires flexibles de molécules de glucose, cependant, en longues chaînes, l'amylose n'est pas une chaîne linéaire stricte mais elle représente un très faible nombre de ramifications.

Ces chaînes polymérisées peuvent-être dégradées principalement par deux enzymes amyliques :

- La β -amylase qui libère le maltose en attaquant les extrémités réductrices des chaînes glycosidiques et en détachant les glucoses par groupe de deux molécules.

La β -amylase est sensible à la chaleur, et elle est presque inactive autour de 60°C.

- L' α -amylase coupe de façon désordonnée les chaînes d'amylose et d'amylopectine en donnant des chaînes de dextrans de plus en plus courtes, éventuellement même des sucres (glucose, maltose). Cette enzyme est stable à température relativement élevée (80°C).

Propriétés physiques des amidons

La résistance physique et la solubilité des molécules sont conditionnées par des liaisons hydrogène qui s'établissent entre les chaînes. Ces liaisons permettent la formation de masses assez compacte, ayant un certain degré de cristallinité, elles peuvent être rompues avec un réactif ou par chauffage afin d'augmenter la solubilité et réduire la cristallinité.

La rétrogradation de l'amidon est un phénomène important, il correspond à la formation de liens interchaines entre les molécules alignées, il en résulte un phénomène de synérèse, avec éventuellement exsudation de liquide et chute de la viscosité, il en résulte aussi une difficulté d'hydrolyse enzymatique.

La rétrogradation de l'amidon a des conséquences dans divers domaines : gâteau non levé, crème « tournée », pain durci etc. Ce phénomène est d'autant plus rapide que la proportion d'amylose linéaire est plus élevée, cet amylose est plus accessible aux réactifs que l'amylopectine.

Propriétés fonctionnelles de l'amidon

L'amylose favorise la gélification au refroidissement, alors que l'amylopectine donne des liquides épais qui ne se gélifient pas au refroidissement.

Par greffage de radicaux par un traitement chimique qui donne des amidons fluides « dextrines » qui sont utilisés en confiserie pour la fabrication des gommés. Une autre modification de l'amidon est dénommée « réticulation », donne des amidons à texture crémeuse, ces amidons spéciaux sont utilisés pour remplacer une partie de la matière grasse dans des produits dits « allégés » car ils sont miscibles aux lipides et donnent des mélanges moelleux.

Glycogène

C'est la forme de stockage en physiologie humaine, ce stockage se fait habituellement dans le foie et les muscles striées avec des petites quantités pour couvrir la période –hors repas-, par conséquent, le glycogène sera la première source d'énergie dans le corps lorsque le taux de glucose diminue dans le sang. Ce stockage de glucose n'est pas le seul mécanisme du corps pour gérer la quantité en surplus, l'organisme transforme aussi le glucose en graisses et les met en réserve dans les adipocytes du tissu adipeux.

En ce qui concerne la structure biochimique du glycogène, il y a une similitude entre ce dernier et l'amylopectine, cependant, le glycogène représente des ramifications plus fréquentes et une solubilité remarquable dans l'eau.

Les glucides en agroalimentaire

Le tableau suivant représente les différents sucres utilisés dans l'industrie agroalimentaire.

Tableau 03 : Les sucres en industrie agroalimentaire

Sources	Produits	Produits obtenus selon l'action chimique ou enzymatique utilisée			
		Hydrolyse	Isomérisation	Action d'une fructosyl-transférase	Hydrogénation
Canne à sucre,	Saccharose	Sucre inverti,	Isomaltulose (palatinose)	Fructo-oligosaccharides (actilight)	Isomalt (palatinit),
Betterave à sucre		fructose			Sorbitol/mannitol
Mais, pomme de terre	Amidon	Glucose, maltose, sirops de glucose	Fructose, isosirops		Sorbitol, mannitol, lycasin
Lait	Lactose	Sirops de lactose	Lactulose		Lactitol
Bois	Xylane	Xylose			Xylitol

Grace à son activité osmotique, le saccharose joue un rôle très important dans la conservation des aliments, il abaisse la teneur en eau nécessaire à la croissance des moisissures, nous retrouvons son utilisation comme agent de conservation des aliments dans

la fabrication du lait concentré non stérilisé dont nous pouvons substituer la stérilisation par l'ajout du saccharose, c'est le même cas pour les confitures et les marmelades.

Le saccharose à une place primordiale dans l'industrie agroalimentaire, il augmente d'ailleurs la saveur sucrée, la pression osmotique, la viscosité, le point d'ébullition, la rétention d'eau et l'apparence des aliments.

Le saccharose améliore aussi la texture par son volume, aide l'émulcification, permet un meilleur développement de la couleur, agit sur la solubilité des autres ingrédients, ce sucre est fermentescible ce qui a un rôle très important dans l'élaboration des aliments fermentés ou qui passe par une fermentation dans l'une des étapes de leur fabrication.

Sucres dérivés par hydrolyse

L'hydrolyse de l'amidon par voie enzymatique ou en milieu acide, conduit à des maltodextrines, des sirops de glucose ou du glucose.

Les maltodextrines sont faiblement hydrolysées et n'ont pas de goût sucré. Les sirops de glucose fortement hydrolysés et leur hygroscopicité.

Exemple : La biscuiterie

La biscotte constitue la forme la plus évoluée de la panification, elle est apparue au début du 20^{ème} siècle comme aliment de régime. En se basant sur sa composition nutritionnelle, le composé le plus important étant la farine dérivant des céréales. En alimentation humaine, on l'apprécie pour sa bonne digestibilité gastrique. La biscotte est souvent introduite dans tous les régimes alimentaires nécessitant le contrôle de l'apport calorique. Sa faible teneur en eau, vu qu'elle est cuite, favorise sa conservation.

Sur le plan énergétique, la biscotte est voisine du pain pour 100g de matière sèche. La composition nutritionnelle de la biscotte est représentée majoritairement par des glucides sous forme d'amidon et des protéines sous forme de gluten, cela met en question son

index glycémique qui est très élevé par rapport d'autres denrées alimentaires. Beaucoup d'études ont prouvés le rôle d'une sécrétion excessive et continue d'insuline favorise le déclenchement de la surcharge pondérale puis l'obésité par le phénomène de la résistance à l'insuline qui est considéré comme un stade de « pré-diabète ». D'une autre coté, le gluten est lié aussi à certains problèmes de digestion surtout chez les intolérants du gluten et les malades cœliaques.

La digestion de la biscotte est conditionnée par la présence de plusieurs enzymes spécifiques aux nutriments qui la composent. La transformation de l'amidon en glucose nécessite son hydrolyse par les amylases salivaire et pancréatique puis par une maltase intestinale. Le passage du glucose ainsi libéré à travers la barrière intestinale se fait d'une façon moins brutale comparativement à une solution sucrée de saccharose. La biscotte possède aussi l'avantage de contenir un très faible taux de lipides.

Composition moyenne

La biscotte représente 75% de glucides (70% est de l'amidon et 5% de sucres réducteurs (maltose)), 11% de protéines, cependant comme tout les céréales, le facteur limitant de la biscotte est la lysine, 5% de lipides, il s'agit des huiles végétales riche en acides gras polyinsaturés que l'on ajoute lors de la préparation industrielle de la biscotte.

La biscotte est riche en NaCl à 0,5%, beaucoup de phosphore, avec des traces de calcium, et de fer, ainsi une quantité de vitamine B1.

Manipulation pratique

Détermination du pourcentage d'amidon dans la biscotte et le pain

Après hydrolyse de l'amidon, la méthode de dosage la plus fiable est celle qui est basée sur les techniques colorimétriques. Ainsi, on peut doser l'amidon par estimation de son

poids en utilisant son pouvoir réducteur ou son pouvoir rotatoire. En effet, après extraction de l'amidon par du chlorure de calcium par exemple, l'amidon particulièrement son composé principal l'amylose de forme hélicoïdale donne en présence d'iode une couleur intense bleue résultant de l'inclusion de molécules d'iode à l'intérieur des spires de l'hélice. L'intensité de cette coloration est proportionnelle à la concentration en amidon contenu dans la biscotte.

Mode opératoire

Peser la biscotte entière puis la broyer dans un mortier et en peser 1g à la balance de précision.

Prendre également 1g de pain sec broyé qui subira les memes étapes de la biscotte.

Extraction d'amidon

Dans une fiole jaugée de 100ml, dissoudre 100g de CaCl_2 dans 70ml d'eau distillée. Introduire 1g de biscotte en poudre ou 1g de pain et compléter à 100ml par de l'eau distillée.

Porter au bain-marie bouillant pendant 30 minutes. Toutes les 5 minutes, faire redescendre les grumeaux de biscotte remontant en surface par une baguette de verre.

Laisser refroidir pendant 10 minutes.

Préparation de la solution standard d'amidon

Préparer une solution à 10mg par ml de solution d'amidon dans une fiole de 25ml.

A partir d'amidon pur, dissoudre 25g de CaCl_2 dans 18ml d'eau distillée. Ajouter l'amidon et compléter au trait de jauge. Chauffer légèrement en bain-marie à 70°C pendant 10 minutes.

Laisser refroidir pendant 5 minutes.

Dosage de l'amidon

Dans 2 tubes à essai différents réaliser 2 échantillons, respectivement de 50 µl et 100 µl de solution de biscotte.

Prélever parallèlement dans 4 autres tubes à essai : 30, 50, 80 et 100 µl de solution standard d'amidon.

Rajuster tous les tubes à 1 ml.

Faire un blanc avec l'eau distillée.

Mettre au bain-marie à 30°C pendant 5 minutes.

Ajouter dans chaque tube : 1 ml du réactif iodo-ioduré.

Ajouter 5 ml d'eau distillée.

Laisser tous les tubes à température ambiante la coloration se développer pendant 15 minutes.

Lire la densité optique (DO) au spectrophotomètre à 620 nm.

Méthode de calcul et résultats

A l'aide de la courbe étalon de la solution d'amidon, on déterminera la quantité d'amidon contenue dans 1 g de biscotte ou 1 g de pain dilué dans 100 ml de solution.

La quantité totale d'amidon contenue dans 1 g de biscotte ou 1 g de pain est :

Z (mg d'amidon / g de biscotte ou de pain) = y (valeur lue sur la courbe * 10 * 100 (dilution à 100)).

Le pourcentage d'amidon est de : $(Z*100)/1000$

Digestion des glucides

La digestion des glucides alimentaires fournit principalement du glucose, qui est rapidement absorbé au niveau de l'intestin. Le but de la manipulation est de mettre en évidence le passage in vivo du glucose à travers la paroi intestinale et la nature de cette absorption. Le principe de cette manipulation consiste à introduire une quantité connue de glucose dans la lumière de l'intestin et à déterminer le taux du glucose restant après un temps donné, cette technique présente un double intérêt. Premièrement, les conditions de l'expérience nous permettent d'opérer sur un système physiologiquement intact, différente avec une étude effectuée in vitro. Deuxièmement, la concentration de la solution de glucose utilisée, 100 mg pour 100 ml est inférieure à la glycémie de l'animal, qui est de l'ordre de 150 à 200 mg par 100 ml (forte hyperglycémie due au stress de l'opération). Le glucose est donc absorbé contre un gradient de la concentration, ce qui suggère l'existence d'un passage actif. Par ailleurs, l'absorption du glucose sera inhibée par la floridzine, inhibiteur spécifique dans le mécanisme d'action n'est pas encore bien établi. Mais il semble qu'elle agit au niveau des transporteurs de glucose.

Protocole expérimental

Phase préopératoire

Anesthésie de l'animal

L'anesthésique utilisée est le carbamate d'éthyle, à raison de 1g/kg d'animal (solution à 100 g/l, soit 1 ml/100 g d'animal). L'anesthésie est pratiquée par injection intrapéritonéale.

Matériel

Seringue de 10 ml et un Cathéter (PE 200) permettant de rincer l'intestin.

Seringue de 5 ml + aiguilles de 6/10^{ème} pour injecter la solution à tester.

Tubes gradués permettant de récolter la solution testée en fin d'expérience.

Solution

Différentes solutions doivent être préalablement préparées avant la manipulation.

Préparer une solution Tampon de KREBS-RINGER-BICARBONATE (KRB).

Cette solution est composée comme suit :

100 ml d'une solution de NaCl à 0,9 g/100 ml (0,154 M).

4 ml d'une solution de KCl à 1,15 g/100 ml (0,154 M).

3 ml d'une solution de CaCl₂ à raison de 1,22 g/100 ml (1,110 M).

1 ml d'une solution de KH₂PO₄ à 2,11 g/100 ml (1,110 M).

1 ml d'une solution de MgSO₄ à 3,82 g/100 ml (0,154 M).

21 ml d'une solution de NaHCO₃ à 1,30 g/100 ml (0,150 M).

La solution de KRB est gazée pendant 10 min par un mélange de 95% d'O₂ et 5% de CO₂. Le pH est compris entre 7 et 7,4.

Solution KRB-G : Solution de KRB contenant 0,1% de glucose.

Solution KRB-GP : solution de KRB additionnée de phloridzine à raison de $5 \cdot 10^{-4}$.

Phase opératoire

Les rats mâles doivent être mis à jeune depuis 24h dans une cage ne contenant rien.

Peser l'animal, puis l'anesthésier.

Place le rat anesthésié en décubitus dorsale.

Tenir l'animal de façon très lâche et pratiquer une ouverture abdominale jusqu'au sternum.

Sortir l'intestin grêle avec précaution, sans trop tirer, de manière à préserver le tissu mésentérique.

Sélectionnez l'intestin au niveau de la jonction iléo-caecales.

Pratiquer une hémi-section à 2 cm environ de la jonction pylorer-duodénum et y introduire le cathéter PE 200. Ligaturer.

Rincez doucement l'intestin pour le vider entièrement et ligaturer aux 2 extrémités.

Placez 2 ligatures tous les 5 cm de façon à déterminer 4 segments d'intestin de longueur sensiblement équivalente.

Ne serrez que la ligature se trouvant du côté stomacal.

Introduire dans le premier et dans le dernier segment 1ml de la solution à tester.

Remplir les segments intermédiaires de la même solution additionnée de phloridzine. Pour cela, enfoncer l'aiguille dans la lumière de l'intestin entre les 2 ligatures, puis serrer la 2e ligature sur l'aiguille.

Injecter la solution et retirer l'aiguille en serrant la ligature définitivement.

Remplacez l'intestin dans la cavité abdominale de l'animal et veillez à ce que la préparation ne se dessèche pas et ne refroidisse pas.

Après 15 Min, libérez chaque segment de ces adhérences mésentériques et les isolez en sectionnant entre les 2 ligatures.

Vider leur contenu dans les tubes gradués, ce qui permet d'évaluer le volume de la solution restante.

Ajustez les tubes à 10 ml.

Peser les segments d'intestin.

Détermination de la quantité de glucose absorbée

On utilise la glucose oxydase GOD comme méthode de dosage du glucose.

À partir d'une solution mère à 1 g de glucose par litre. Préparez une série de standards, 20, 50, 75 et 100 mg de glucose pour 100 ml.

Prendre 0,5 ml de ces solutions auxquelles on ajoute 4,5 ml de la solution réactionnelle qui contient la GOD.

Laissez la réaction se développer pendant 20 min à température ambiante.

Prévoir un blanc de la solution réactionnelle.

Lecture des densités optiques DO à 520 nm.

Établir une courbe étalon.

Résultats

La concentration de glucose de la lumière intestinale peut être déterminée soit à partir de la courbe étalon ou à partir de la formule si après.

Concentration du glucose (g/l) = (DO essai / DO standard) * concentration du standard.

La quantité de glucose absorbée sera exprimée par unité de poids frais d'intestin.

2. Protéines

Acides aminés

Les acides aminés sont les blocs élémentaires constitutifs des protéines. Chez toutes les espèces, des bactéries aux humains, les protéines sont composées d'une même série de 20 acides aminés standards. Dix-neuf d'entre eux sont des acides α -aminés comprenant un radical amine ($-\text{NH}_3^+$) et un acide carboxylique (carboxyle ; $-\text{COOH}$) attachés à un atome de carbone central appelé atome de carbone- α (C_α) du fait qu'il est adjacent au radical carboxyle. Sur l'atome C_α est également attaché un atome d'hydrogène ainsi qu'une chaîne latérale variable ou groupement « R ». La seule exception à cette structure générale est la proline qui possède un second radical amine et qui est en réalité un iminoacide- α . On désigne souvent les acides aminés soit par une abréviation correspondant aux trois premières lettres de leur nom soit par une seule lettre. Par exemple, la proline sera abrégé en Pro ou en P.

Toutes les protéines sont composées d'une même base de 20 acides aminés standards. Un acide aminé typique possède un groupement amine, un groupement carboxyle, un atome d'hydrogène et un radical (groupement R) attachés à un atome de carbone- α central (C_α). La proline est une exception puisqu'elle possède un second groupement amine.

Stéréoisomères

Les 20 acides aminés, à l'exception de la glycine, possèdent quatre groupements différents arrangés en tétraèdre autour de l'atome C_α et ils peuvent donc exister en une configuration D ou L. Ces deux stéréoisomères sont images l'un de l'autre par un miroir mais ne sont pas superposables et ils ne peuvent pas se distinguer que sur la base des rotations

différentes du plan de rotation d'une lumière polarisée qu'ils produisent. Dans les protéines, on ne trouve que les isomères L.

Les 20 acides aminés standards

La série des 20 acides aminés standards possède différentes chaînes latérales R leur attribuant des propriétés physico-chimiques variées (polarité, acidité, basicité, aromaticité, volume, inflexibilité conformationnelle, capacité à former des liaisons hydrogène, capacité de liaison transversale et réactivité chimique. La glycine (Gly, G) a un atome d'hydrogène à son radical R. L'alanine (Ala, A), la valine (Val, V), la leucine (Leu, L) l'isoleucine (Ile, I) et la méthionine (Met, M) possèdent des chaînes latérales aliphatiques qui sont hydrophobes et chimiquement inertes. Les chaînes latérales aromatiques de la phénylalanine (Phe, P), de la tyrosine (Tyr, Y) et du tryptophane (Trp, W) sont également de nature hydrophobe. La conformation rigide de la proline (Pro, P) comprend sa chaîne latérale aliphatique liée au groupement amine et c'est donc en réalité un acide imminé. La cystéine (Cys, C) porte un radical thiol, hydrophobe, hautement réactif, qui peut former un pont disulfure avec un autre résidu de cystéine. Les acides aminés basiques, tels que l'arginine (Arg, A) et la lysine (Lys, K) possèdent des chaînes latérales chargées positivement alors que la chaîne latérale de l'histidine (His, H) peut être chargée soit positivement soit non chargée à un pH neutre. Les chaînes latérales des acides aminés acides comme l'acide aspartique (Asp, D) et l'acide glutamique (Glu, E) sont chargées négativement à pH neutre. Les chaînes latérales amides de l'asparagine (Asn, N) et de la glutamine (Glu, Q) et les chaînes latérales hydroxyles de la sérine (Ser, S) et de la thréonine (Thr, T) ne sont pas chargées, elles sont polaires et peuvent former des liaisons hydrogène.

Ionisation

Les groupements amine- α et carboxyle- α des acides aminés régissent comme des groupements acide-base en donnant ou en acceptant un proton lorsque le pH est modifié. A pH acide, les deux groupements peuvent être complètement ionisés mais dès que le pH augmente c'est d'abord le groupement carboxyle qui perd un ion hydrogène, puis le groupement amine. Pour les 20 acides aminés standards, le pK (c'est la valeur du pH correspondant à la demi-dissociation du radical) est compris dans un intervalle allant de 1.8 à 2.9 pour le groupement carboxyle- α et de 8.8 à 10.8 pour le groupement amine- α . Les acides aminés ayant une chaîne latérale ionisable possèdent un groupement acide-base supplémentaire, avec un pK propre.

Les protéines sont les plus abondants des constituants cellulaires, elles comportent des espèces de fonctions très diverses :

- enzymes : sont des protéines (ou parfois des acides ribonucléiques) dont le rôle est de catalyser les réactions chimiques du vivant. Comme tout catalyseur, une enzyme permet d'augmenter la vitesse d'un processus sans être consommée, donc sans apparaître dans le bilan réactionnel.

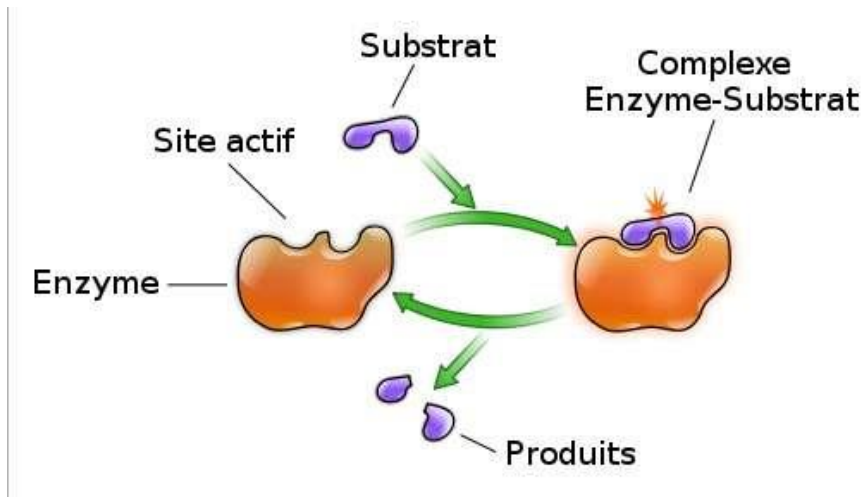


Figure 01 : réaction enzymatique

Les enzymes sont très utilisés en industries agroalimentaires, elles peuvent intervenir lors du procédé de fabrication pour améliorer les qualités de l'aliment comme dans la panification, la fabrication de fromages, ou pour une meilleure conservation.

- hormones : Une hormone est une molécule messagère produite par le système endocrinien (une glande endocrine ou un tissu endocrinien) en réponse à une stimulation et capable d'agir à très faible dose. Elle est ensuite diffusée dans l'ensemble de l'organisme.

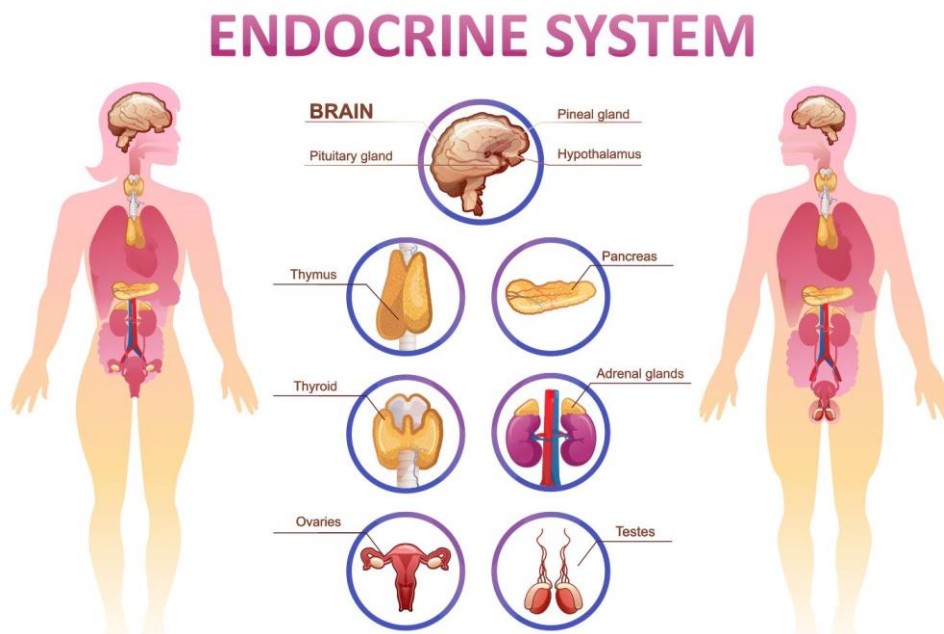


Figure 02 : système endocrinien chez l'Homme

- transporteurs : Ils transportent les molécules au travers des membranes, on peut diviser les protéines de transport en deux catégories ; les canaux protéiques et les protéines porteuses:

Les canaux protéiques forment des pores aqueux qui relient directement les compartiments intra et extracellulaires.

Les protéines porteuses se lient au substrat qu'elles transportent mais ne forment jamais de connexions directes entre le liquide extra et intracellulaire.

Contrairement aux canaux protéiques, les protéines porteuses sont ouvertes d'un côté ou de l'autre de la membrane, mais jamais des deux cotées en même temps.

Les cellules ont besoin de 2 types de protéines de transport, du fait de leurs propriétés différentes, les canaux protéiques permettent des transports plus rapides au travers des membranes mais ne sont pas sélectifs vis-à-vis de ce qu'ils transportent.

Les protéines porteuses, plus lentes permettent quant à elle de faire la différence entre des molécules proches, de plus, les protéines porteuses peuvent transporter des molécules plus grosses que celle transportées par les canaux protéiques.

Les protéines peuvent être aussi des régulateurs, anticorps ou éléments de structure.

Les statistiques montrent que dans les pays industrialisés, la consommation de protéines est souvent élevée, par contre on constate, dans de nombreuses régions moins favorisées ou en voie de développement, qu'il est difficile de fournir à la population la quantité de protéines suffisante.

La production de protéines animales (viande, lait, œuf) est coûteuse et dépend de la conversion des végétaux. Le rendement de cette conversion est faible, il faut à peu près 20 Kg

de protéines végétales pour 1 Kg de protéines de bœuf ou 4 Kg de protéines végétales pour 1 Kg de protéines de volailles.

Il est donc indispensable de mieux utiliser directement les protéines d'origine végétale, surtout dans les pays en voie de développement. Toutefois, la quantité nutritive des protéines végétales provenant des céréales, des graines oléagineuses ou d'autres sources n'est pas comparable à celle des protéines animales. Cela est due à la déficience en un ou plusieurs acides aminés essentiels. De plus, leur apport nutritionnel peut être compromis dans certains cas par la présence de facteurs antinutritionnels.

Une des tâches de l'industrie agroalimentaire est donc de trouver la meilleure utilisation possible des protéines végétales pour la consommation humaine.

Structure des protéines

Les protéines sont constituées d'une ou de plusieurs chaînes polypeptidiques, enchaînement linéaire de vingt sortes différentes d'acides aminés, la chaîne polypeptidique constitue le squelette de la protéine.

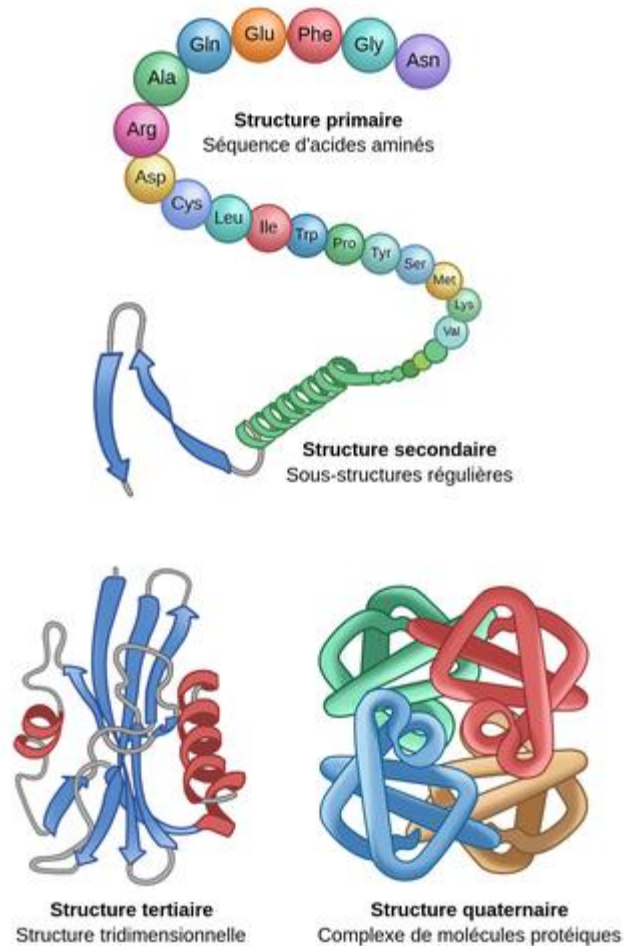


Figure 03 : Structure des protéines

- Structure primaire :

La séquence des acides aminés, c'est-à-dire la représentation séquentielle de leur alignement, représente la structure primaire. Les chaînes protéiques les plus courtes connues

(secréline, glucagon) ne contiennent pas moins de 20 à 100 résidus d'acides aminés et la plupart d'entre elles de 100 à 500.

- Structure secondaire :

Des motifs d'organisations privilégiées de la chaîne polypeptidique s'établissent entre différents segments de la séquence. Les configurations les plus notables sont l'hélice Alpha et le feuillet Béta formés par deux ou plusieurs segments. Dans le premier cas, les acides aminés se disposent en hélice dont la stabilité est assurée par des liaisons hydrogènes. Dans le deuxième cas, il s'agit de chaînes plus ou moins parallèles, stabilisées aussi par des liaisons hydrogènes. La structure Béta est une structure en zig-zag plus étirée que l'hélice Alpha.

- Structure tertiaire ou tridimensionnelle :

Cette configuration d'une chaîne polypeptidique porte le nom de structure tertiaire, elle rassemble les formes précédentes, sa représentation sur un plan est difficile, et cependant cette structure à une grande importance au niveau des activités de la protéine.

Ce niveau de structure correspond à l'organisation spatiale par repliement des différents motifs entre eux : elle correspond à une conformation énergétiquement favorable.

- Structure quaternaire :

Pour beaucoup de protéines, la structure tertiaire n'est pas la structure fonctionnelle, celle-ci se caractérise par un niveau d'organisation supérieur : plusieurs chaînes protéiques s'associent pour former un édifice plus complexe, appelé structure quaternaire, c'est la situation rencontrée pour l'hémoglobine. La structure quaternaire n'est pas l'apanage de toutes les protéines, mais toutes possèdent une structure primaire, secondaire et tertiaire. Toutefois, des chaînes courtes d'acides aminés (peptides) peuvent ne pas avoir de structure secondaire et tertiaire bien définie.

Classification des protéines

La classification des protéines -comme tout élément biochimique- peut être établie d'après plusieurs bases, ou bien c'est que nous appelons les critères de classification ;

- Chimique :

Holoprotéines qui ne contiennent que des acides aminés comme les albumines (solubles dans l'eau pure, difficilement précipitables par les sels), les globulines (moins solubles et plus facilement précipitables).

Hétéroprotéines qui contiennent des acides aminés et d'autres composés appelés groupement prosthétique. Selon la nature chimique du groupement prosthétique, on distingue les nucléoprotéines, les métalloprotéines et les glycoprotéines, etc.

- Conformation :

Sphéroprotéines globulaires, elles sont en général plus facilement solubles (albumines et globulines).

Scléroprotéines fibreuses, elles sont constituées de fibres ou de fibrilles, et sont pratiquement insolubles (collagènes et kératines).

- Fonction :

Protéines structurales ;

Protéines plasmatiques et des liquides biologiques (sang, lait, etc.) ;

Protéines à activité biologique (enzymes, hormones, transporteurs, etc.) ;

Protéines alimentaires (protéines économiquement favorisées, digestives et savoureuses).

Toutes les protéines contiennent du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et de l'oxygène, presque toutes contiennent du soufre et parfois du phosphore, du fer, du zinc et du cuivre. Ce sont des macromolécules parfois très complexes, vingt acides aminés participent à

la construction des protéines globulaires, les protéines fibrillaires comme le collagène contiennent deux acides aminés supplémentaires : l'hydroxy-proline et l'hydroxy-lysine.

Métabolisme des protéines

Le métabolisme peut être représenté en deux compartiments, la masse protéique corporelle d'une part, en équilibre avec un pool extra-cellulaire plasmatique, ou pool métabolique, carrefour où entrent les acides aminés provenant de l'alimentation et du catabolisme, et duquel sortent les acides aminés participant aux synthèses ainsi que ceux ayant subi une dégradation et sont excrétés.

Le métabolisme des acides aminés est rythmé par l'alternance de phases de pénurie (jeune) et d'opulence (repas), les actes principaux du métabolisme des acides aminés se déroulent sur trois scènes : l'intestin, le foie et enfin le muscle, imposant par sa masse (40% du poids du corps, près de 8 Kg d'acides aminés).

Digestion et absorption des protéines

La digestion des protéines s'accomplit en différentes étapes au cours desquelles, à chaque fois, interviennent des protéases spécifiques.

- Au niveau de l'estomac, la protéine est hydrolysée dans des conditions fortement acides (pH 2-3) par la pepsine, une enzyme qui coupe la molécule protéique en peptides de taille relativement grande.
- Au niveau du duodénum, la digestion se prolonge par l'action de protéases secrétée par le pancréas (trypsine, chymotrypsine, carboxypeptidases A et B, élastase). La trypsine et la chymotrypsine libèrent des peptides de tailles moyennes ou courtes tandis que les carboxypeptidases commencent à isoler des acides aminés.
- Au niveau intestinal, un certain nombre de peptidases (aminopeptidases, dipeptidases), situées dans les cellules en brosse bordant la paroi intestinale (intestin grele),

participant largement à l'hydrolyse pour former des petits peptides (di ou tri-peptides) ou même libérer des acides aminés.

Les acides aminés libres et les petits peptides sont absorbés à travers les cellules à bordure en brosse de la muqueuse intestinale. Des mécanismes spécifiques d'absorption sont en jeu pour les acides aminés (neutres, acides ou basiques) et pour les peptides.

La plupart des peptides absorbés sont hydrolysés à l'intérieur des cellules intestinales. La vitesse de transport des oligopeptides, renfermant 2 à 6 acides aminés, est plus rapide que celle des acides aminés qui les constituent.

Les acides aminés absorbés sont ensuite transportés vers le foie via la veine porte, pour 100g de protéines alimentaires ingérées par jour, seulement 10g environ sont éliminés dans les fèces bien qu'en plus de 50 à 70g de protéines endogènes soient sécrétées quotidiennement dans le tractus gastro-intestinal. La plupart de ces protéines sont aussi digérées et absorbées, ce mécanisme fournit un taux et proportion optimaux des divers acides aminés pour la synthèse des protéines corporelle.

3. Lipides

Définition

Les lipides sont les dérivés naturels des acides gras, résultant de leur condensation avec des alcools ou des amines. Les lipides, qu'ils soient « apparents » comme dans le beurre et les huiles, ou « dissimulés » comme dans le lait, le fromage, la viande ou les œufs, jouent un rôle important dans l'alimentation ; rôle nutritionnel tout d'abord, grâce à l'apport énergétique (9cal/g), d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles.

Classification des lipides

On distingue différentes classes de lipides.

Lipides simples ou ternaires

Se sont des dérivés des acides gras ne contenant dans leurs molécules que du carbone, de l'hydrogène, et de l'oxygène. Ils comprennent les glycérides, les cérides, et les stérides.

Lipides complexes

Constitués de mêmes éléments que les lipides simples, mais ils contiennent en plus dans leurs molécules de l'azote, ou du phosphore ou du soufre ou des oses, on distingue les glycérophospholipides et les sphingolipides.

Propriétés des lipides

Les propriétés des lipides sont liées à la structure glycéridique et à la nature des acides gras qui ont une influence notable sur les caractères des aliments.

Propriétés physiques

Les propriétés physiques différentes des corps gras sont dues à la distribution des acides gras dans les triglycérides.

Point de fusion

Toute graisse ou huile naturelle ne présente jamais un point de fusion net mais un intervalle de fusion plus ou moins étendu, car elle contient divers triglycérides revêtent trois formes de cristallisation (α , β' , β), ayant des points de fusion différents; ils sont monotropiques c'est-à-dire que l'on a toujours l'évolution $\alpha \longrightarrow \beta' \longrightarrow \beta$

La forme α étant celle présentant le point de fusion le plus bas, la forme β ayant le point de fusion le plus élevé et étant plus stable; c'est la forme la plus difficile à atteindre. Et β' est la forme intermédiaire (souvent la graisse demeure sous cette forme).

Le tableau (04) représente le point de fusion des trois formes de cristallisation de quelques triglycérides simples.

Tableau 04 : points de fusion de différentes formes cristallines de quelques triglycérides
simple

	α	β'	β
Tri laurine	15°C	35°C	46°C
Tri myristine	33°C	46°C	57°C
Tri palmitine	45°C	56°C	65°C
Tri stéarine	54°C	65°C	71°C
Tri oléine	-32°C	-12°C	5°C
Tri linoléine	/	-43°C	-13°C

Viscosité

La plupart des corps gras usuels ont une viscosité qui varie beaucoup moins en fonction de la température. À l'exception de l'huile de ricin, les huiles présentent une viscosité relativement élevée.

Le tableau ci-dessous donne l'ordre de grandeur des viscosités des principales huiles.

Tableau 05 : la viscosité V_{20} (cP) de certaines huiles

tournesol	colza	mais	soja	arachide	olive
51-57	86-97	55-56	53-58	68-82	17-20

Toutefois, les corps gras sont des mélanges, ce qui explique leurs propriétés physiques mal définies.

Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques sont à la fois celles de la fonction ester ou acide et celles de la chaîne carbonée des acides gras.

Propriétés de la fonction

La saponification

Au cours de cette réaction, les corps gras (graisses ou huiles) sont hydrolysés en milieu alcalin par une base, généralement de la potasse (KOH) ou de la soude (NaOH), à une température comprise entre 80 et 100°C.

La température élevée sert à accélérer la réaction de saponification, la saponification des corps gras produit du glycérol et un mélange de carboxylates (de sodium ou de potassium) qui constitue le savon.

En industries agroalimentaires, la neutralisation des huiles comestibles se réalise souvent par saponification en utilisant la soude caustique en solution à des concentrations qui sont calculées -automatiquement- en fonction de l'acidité initiale de l'huile brute sujette de raffinage. Le savon résultant de cette technique de raffinage est séparé par centrifugation. Le tableau (06) représente les valeurs de l'indice de saponification de quelques corps gras.

Tableau 06 : *les valeurs de l'indice de saponification de quelques corps gras*

Huile	indice de saponification
ricin	175-187
amande	100-106
saindoux	192-197
arachide	188-196
suifs	192-198

Propriétés de la chaîne carbonée

La chaîne saturée présente une relative inertie chimique, par contre, la chaîne insaturée peut être le siège de nombreuses réactions, parmi ceux-ci

a. L'hydrogénation

Elle est appliquée à grande échelle pour «durcir» les huiles et les stabiliser, elle consiste à fixer l'hydrogène au niveau des doubles liaisons des acides gras non saturés, il existe deux types d'hydrogénation dont les applications sont différentes ;

a.1. L'hydrogénation sélective

Les voies indiquées par le schéma ci-après expliquent la réaction d'addition d'hydrogène sur la double liaison.

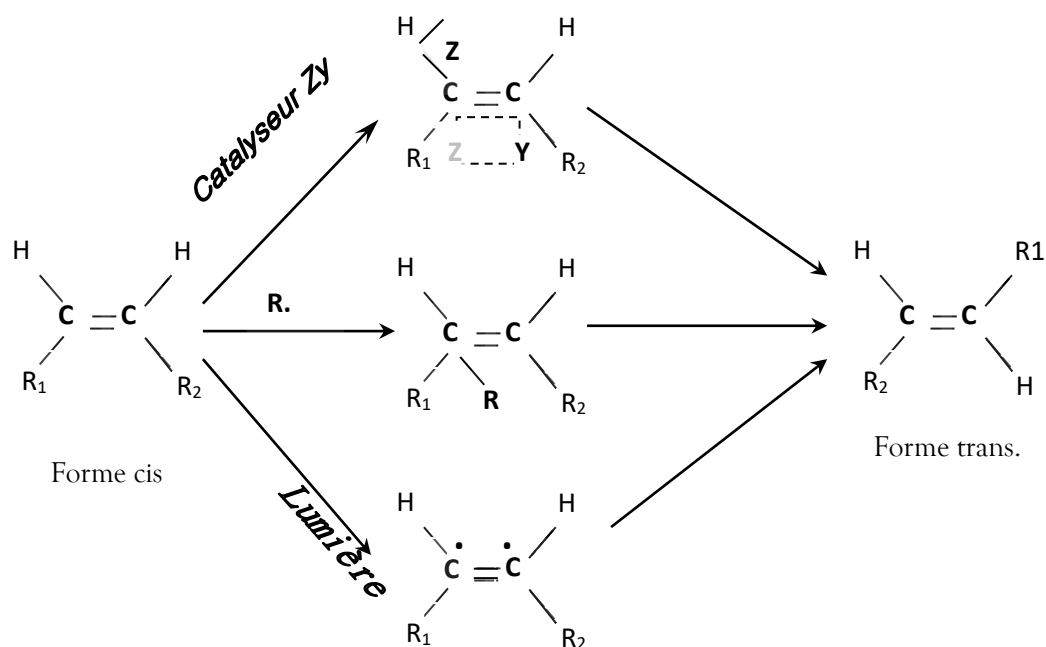


Figure. 04 : schéma d'une étape d'hydrogénation

a.2. L'hydrogénation partielle ou totale

Ayant pour but la préparation de bases grasses solides pour la fabrication de la margarine ou graisses émulsifiantes.

b. Autoxydation

Une réaction chimique qui conduit à la dégradation des corps gras suite à l'exposé à l'air et à la lumière, se traduit par l'apparition d'une odeur de rance et la formation de composés nouveaux, à l'origine du processus, une molécule d'oxygène se fixe en alpha de la double liaison pour donner un hydroperoxyde, la figure suivante représente les différentes étapes de l'oxydation des lipides.

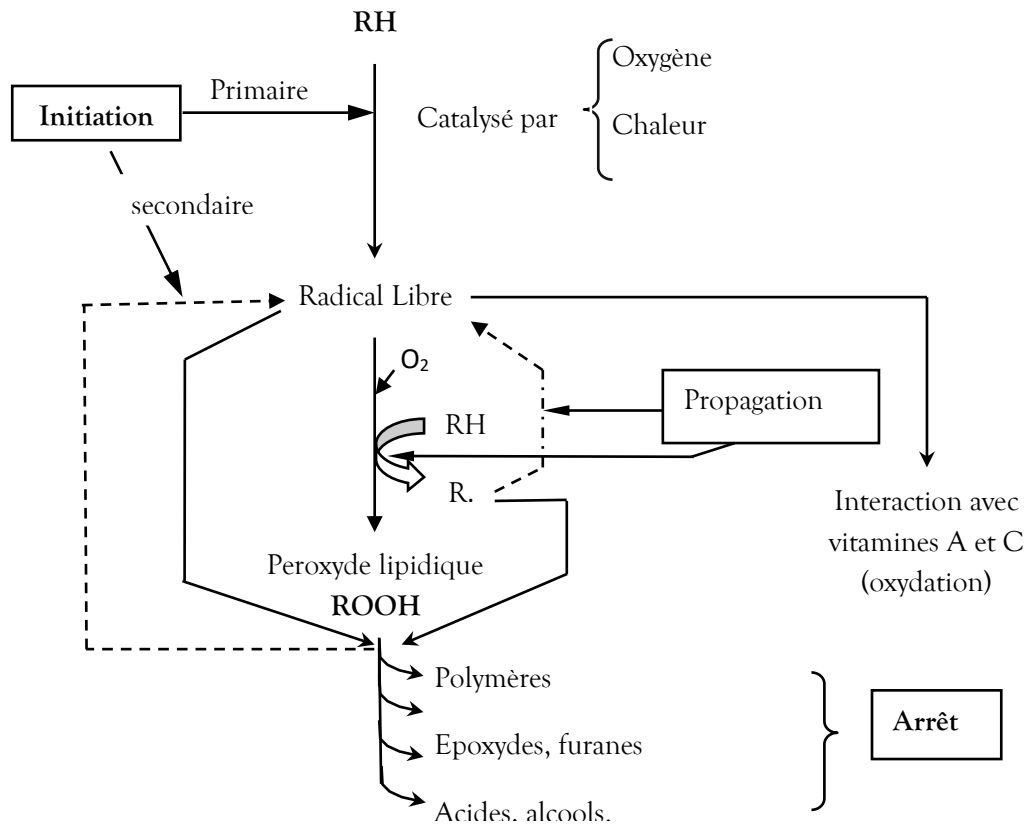


Figure. 05 : réactions d'oxydation des lipides

Plus les doubles liaisons sont nombreuses, plus la vitesse d'autoxydation est élevée. Le tocophérol naturellement présent dans les huiles est un antioxydant protège les corps gras contre l'oxydation, ils sont peu touchés par la purification.

Les huiles végétales

Définition

Elaborées principalement à partir de plantes oléagineuses, les huiles végétales sont les premiers corps gras consommés au monde. Chaque huile a sa composition particulière, qui lui confère ses qualités et propriétés spécifiques, tant gustatives que nutritionnelles. Les huiles de graines se consomment raffinées, les huiles de fruits peuvent se consommer vierges.

Classification des huiles

Les huiles peuvent être classées selon leur degré de siccativité ; la siccativité d'une huile est la capacité de se polymériser rapidement à l'air.

Les huiles siccatives

Les acides gras à doubles liaison conjuguée, dont le représentant principal est l'acide oléostéarique, caractérisent les huiles siccatives.

Ex : huile de lin, de tournesol.

Les huiles demi-siccatives

Les acides à deux doubles liaisons ; l'un d'eux, l'acide linoléique, est en association avec l'acide oléique ; lorsqu'il est un peu abondant, il caractérise les huiles demi-siccatives.

Ex : huile de coton, de maïs, de colza, de soja.

Les huiles non-siccatives

Les acides gras à doubles liaison dont certain (acide oléique) caractérisent les huiles non siccatives.

Ex : huile d'olive, d'arachide, d'amande.

Les huiles végétales peuvent être classées aussi comme suit ; comestibles et industriels.

On subdivise les huiles végétales en 2 classes ;

a) huiles végétales fluides : arachide, colza, germes de maïs, olive, noix, soja, tournesol.

b) huiles végétales concrètes : coprah, palme, palmiste.

Il faut signaler que parmi les huiles végétales ; deux huiles non alimentaires produites en quantités considérables et très connues : l'huile de lin, riche en acide gras insaturés et de ce fait fortement siccative, employée en peintures et vernis ; et l'huile de ricin utilisée pour fabrication de fibres synthétiques.

Les huiles, en général, sont composées de plus de 99% de triglycérides, dont les constituants majeurs sont les acides gras. D'une manière générale, plus les acides gras qui la composent sont insaturés et longs, plus une huile sera fluide à la température ambiante. Les différences de composition quantitative en acides gras sont dues aux variations des conditions de culture (sol, amendement, climat).

Le tableau (07) représente la température de solidification de quelques huiles.

Tableau 07 : la température de solidification des principales huiles alimentaires

huiles végétales alimentaires	températures de solidification (°C)
huile d'olive	- 6 (trouble à +2)
huile de colza	-10
huile de tournesol	-17
huile de maïs	-10 à -20
huile de soja	-10 à -16
huile d'arachide	3

Composition des huiles

Toutes les graisses sont en réalité un amalgame d'acides gras, même si un type d'acide domine généralement. La plupart des huiles végétales contiennent des concentrations importantes en AG Saturés, AGMI, AGPI, comme montre le tableau suivant.

Tableau 08 : répartition des acides gras de quelques huiles végétales

huiles 100 g	AG saturés (en g)	AG mono-insaturés (en g)	AG poly-insaturés (en g)	vit. E (en mg)
olive	17,10	65,04	13,40	12,00
arachide	19,84	45,15	30,12	17,20
colza	6,15	64,25	25,50	15,00
maïs	12,30	26,10	56,70	30,00
noix	9,30	17,05	68,95	3,20
soja	14,10	20,50	60,50	15,00
tournesol	11,60	22,50	61,40	56,00

Les acides gras les plus communs constituant les huiles végétales sont représentés dans le tableau (09).

Tableau 09 : les principaux acides gras des huiles alimentaires

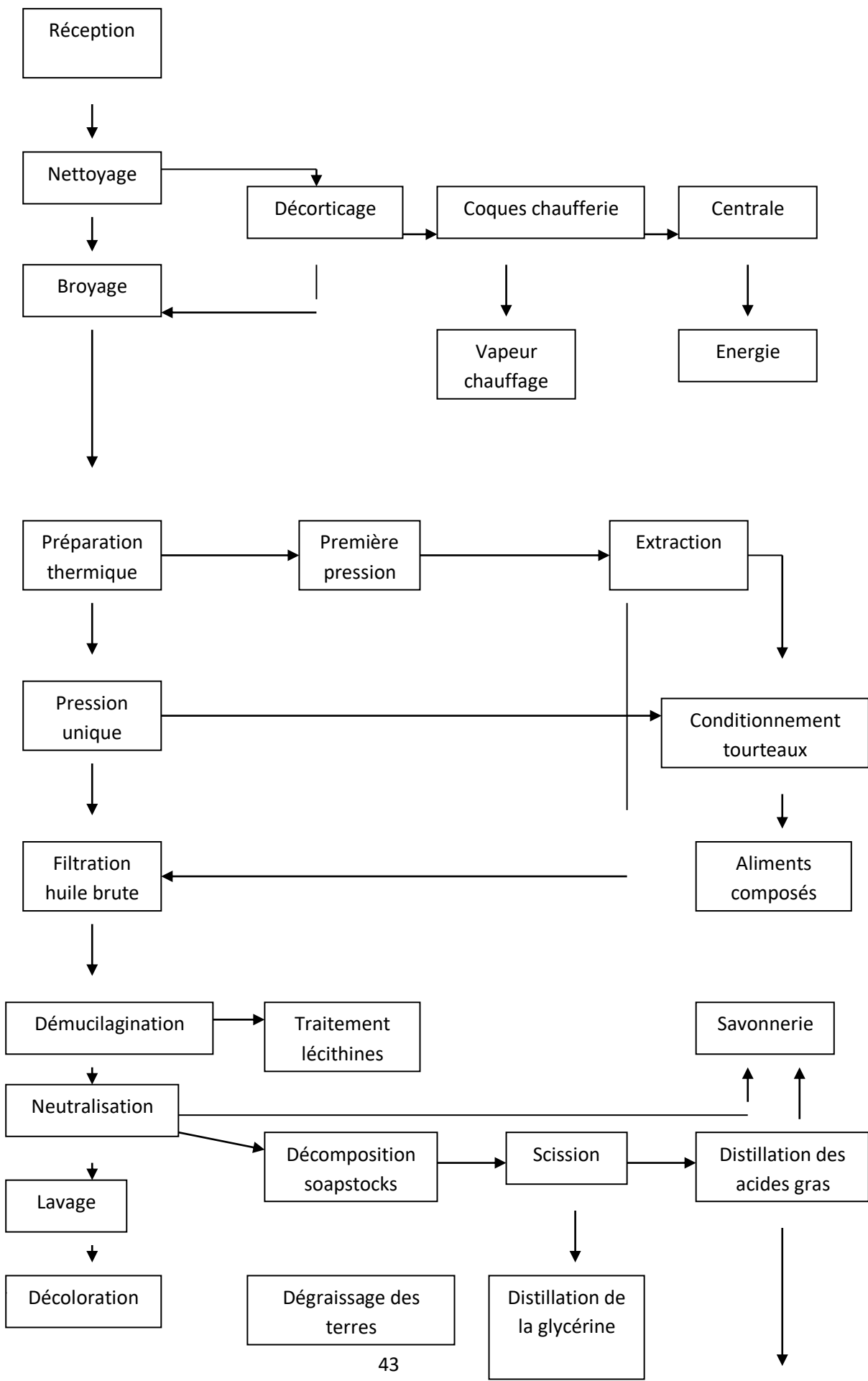
nom commun	symbole	source alimentaire
acides gras saturés		
- palmitique	C14: 0	- huile de noix de coco
- stéarique	C18: 0	toutes grasses et huiles
- arachidique	C20: 0	toutes huiles de lard, huile
- caprique	C 8 : 0	d'arachide
- butyrique	C 4 : 0	
acides gras monoinsaturés		
oléique	C18:1 n-9 (cis)	
élaïdique	C 18 :1 n-9 (tans)	- toutes grasses et huiles
palmitoléique	C 16 : 1 n-7	végétales
acides gras poly insaturés		
- linoléique	C18:2 n-6	-toutes huiles végétales

Technologie de l'obtention des huiles végétales

Les huiles peuvent être obtenues à partir des graines ou de fruits oléagineux (tournesol, colza, soja, cacahuètes, olives) ; pour les rendre stables, limpides de gout et d'odeur, elles passent par trois procédés successifs qui sont la trituration, l'extraction et le raffinage.

Procédé technologique de l'obtention de l'huile à partir des graines oléagineuses

La figure (06) représente le schéma de la fabrication de l'huile à partir des graines oléagineuses, ainsi que les différents traitements de production des corps gras.



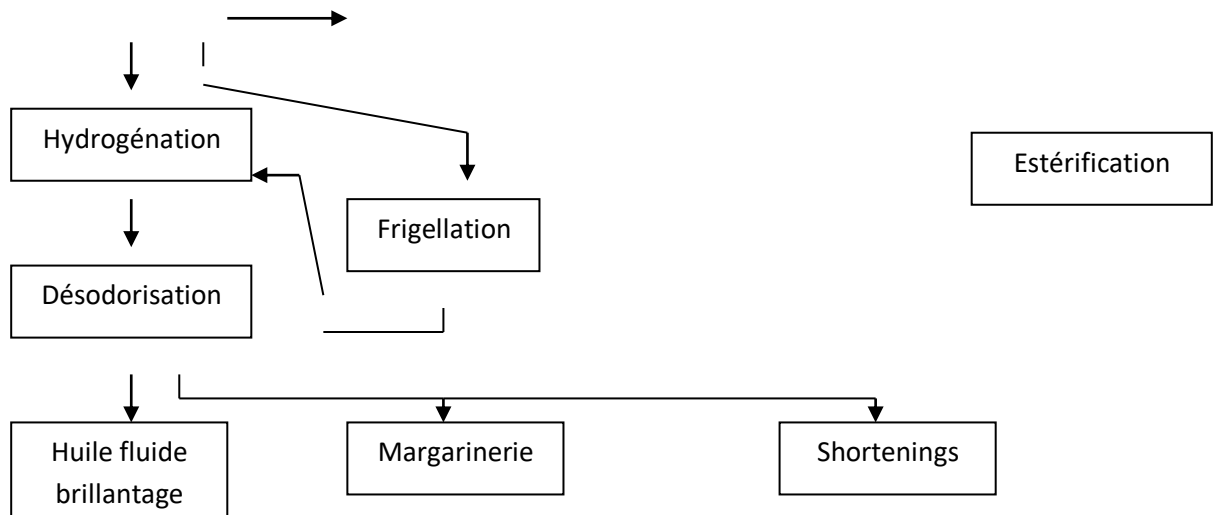


Figure. 06 : schéma général de la production des corps gras

Trituration

L'ensemble des traitements qui ont pour but d'obtenir de l'huile des graines est dénommé « trituration ». Cette dernière opération regroupe plusieurs étapes successives qui sont le décorticage, le nettoyage, le broyage, et l'aplatissage pour augmenter la surface de contact.

Le traitement à la vapeur (70-130°C pendant 15 à 90 min) permet de faire éclater les cellules qui libèrent l'huile, de détruire les substances indésirables comme le gossypol présent dans les graines de coton, d'accroître le rendement. Mais la qualité de l'huile peut être abaissée.

A la fin, on a la pression proprement dite qui sert à séparer d'une part l'huile et d'autre part, le résidu solide qui est le tourteau de pression.

Extraction

Le résidu solide qui est le tourteau de pression contient encore une quantité d'huile, c'est pour cela qu'il est nécessaire de l'extraire en lavant le tourteau avec l'hexane.

Le mélange solvant-huile est séparé par distillation suivie d'un entrainement à la vapeur en vue d'éliminer les dernières traces. L'huile brute dite d'extraction part au raffinage, comme l'huile brute de pression.

Raffinage

Une fois les huiles sont extraites (par pression ou par extraction), elles renferment environ 10 à 15% d'impuretés (acides gras libres et phospholipides) qui sont éliminées par une série de traitements de purification. Les huiles brutes, pour être consommées et pour acquérir une stabilité, un goût et une odeur appréciable, doivent passer par l'opération de raffinage qui est destinée à débarrasser les huiles alimentaires des impuretés naturellement présentes. Elle élimine également les contaminants apportées par les modes de culture moderne (usage de pesticides) et les mycotoxines.

Le raffinage regroupe quatre opérations qui se déroulent en continu et qui sont :

a) la déémulsionnement

Qui sert à enlever les phospholipides et les impuretés qui sont nuisibles, tant au cours du raffinage que pour la conservation de l'huile ou son utilisation. Leur élimination se fait en les rendant insolubles dans l'huile par hydratation.

b) neutralisation

Le rôle de cette étape est d'éliminer les acides gras libres libérés par les cellules des graines au cours du traitement de trituration ; ces derniers sont la cause de l'instabilité et du goût indésirable.

La neutralisation se fait par la mise en contact de l'huile brute avec la solution de soude, ce qui va engendrer une réaction aboutissant en dernier lieu à des savons hydrosolubles. On obtient une huile neutre en séparant les savons par centrifugation.

c) la décoloration

La décoloration c'est l'élimination des pigments et des matières colorantes. On y parvient en les fixant soit à l'aide de terres décolorantes ou de charbon actif ; ensuite, il y aura la séparation de l'huile décolorée des gâteaux de décoloration.

d) la désodorisation

La désodorisation a pour but d'éliminer toutes les substances de goût ou d'odeur désagréable (acides à chaînes courtes, aldéhydes, cétones, alcools.

Ces composants puisque qu'ils sont volatils, il suffit de les éliminer par entrainement à la vapeur d'eau.

Il est nécessaire de bien faire la distinction entre les différentes familles d'huiles pour les utiliser.

Usage à froid

Les huiles de première pression à froid doivent être utilisées à froid, en assaisonnement des salades, des crudités de saison mais aussi des plats composés de légumes cuits ou sur des plats chauds déjà cuisinés. Ce sont d'excellents «crus», leurs qualités nutritionnelles exceptionnelles (riche en AGPI) sont ainsi totalement préservées.

Usage à chaud

Certaines huiles sont plus résistantes à la chaleur par leur composition, peuvent être employées pour la cuisson sans dégager de fortes odeurs et sans que leur structure moléculaire ne soit altérée.

Exemple : l'huile d'olive, huile de palme sont particulièrement résistante aux haute températures. Le tableau ci-dessous montre la température critique de certaines huiles végétales.

Tableau 10 : la température critique de certaines huiles végétales

huile	olive	tournesol	sésame	soja	germe de mais	noix	arachide
température (°C)	210	160	150	150	140	140	220

Intérêt nutritionnel

Les graisses sont nécessaires pour maintenir l'organisme en bonne santé, mais il ne faut pas abuser et les prêter avec attention à la quantité et la qualité que nous ingérons. Une consommation excessive de graisses en générale et de graisses saturées en particulier est reconnue comme un des principaux facteurs de risque dans le développement d'affections comme les maladies cardiovasculaires et l'obésité et l'hypertension.

Selon plusieurs études, le risque est lié surtout avec la consommation de la matière grasse d'origine végétale employée en industries agroalimentaires notamment les graisses hydrogénées, *trans* et l'huile de palme qui est utilisée dans beaucoup de préparations alimentaires pour remplacer la matière grasse d'origine animale, et ce, pour ses qualités technologiques et organoleptique et son prix qui reste très bas par rapport aux autres huiles.

Une alimentation qui fournit 30% de l'énergie journalière sous forme de graisse est favorable à la santé. L'apport total de calories sous forme de graisse saturée devrait néanmoins être limité entre 10 et 11%. Alors que l'apport en acide gras "*trans*" ne devrait pas prendre une grande part.

Exemple : Huile d'olive

L'huile d'olive est la matière grasse extraite à partir de fruit de l'olivier, elle porte plusieurs dénominations selon les traitements effectués lors de son extraction et selon son acidité. Parmi les huiles végétales alimentaires, l'huile d'olive occupe une place particulière

pour diverses raisons et par le fait que cette huile, provenant de fruit, soit consommée surtout à l'état vierge.

Huile d'olive vierge

L'huile d'olive vierge est de l'huile obtenue à partir du fruit de l'olivier par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques (centrifugation et une filtration), dans des conditions thermiques notamment, qui permettent de maintenir la composition et les caractéristiques organoleptiques de l'huile telles qu'on les trouve dans le fruit. L'huile d'olive vierge est une huile propre à la consommation à l'état naturel. Elle contient une grande variété de constituants mineurs, pour certains à l'état de traces, mais sont responsable de l'arôme de l'huile.

Huile d'olive raffinée

L'huile d'olive raffinée est de l'huile obtenue à partir d'huile d'olive vierge, que son acidité et/ou ses caractéristiques organoleptiques rendent impropre à la consommation à l'état naturel, elle est soumise à des techniques de raffinage n'entraînant aucune altération de la structure glycérique initiale.

Le tableau représente les différentes dénominations de l'huile d'olive.

Tableau 11 : Les différentes dénominations de l'huile d'olive

Mode d'obtention, traitement	Dénomination	Acidité max. en g pour 100g
1) Huile d'olive vierge : Obtenu par des procédés mécaniques ou physiques dans des conditions thermiques n'entraînant pas d'altération, pas de traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation, et la filtration.	a) Huile d'olive vierge extra	1
	b) Huile d'olive vierge fine	2
	c) Huile d'olive vierge courante	3,3
	d) Huile d'olive vierge lampante	3,3
Traitement de raffinage	2) Huile d'olive raffinée	0,5
Coupage d'huile d'olive raffinée et d'huile d'olive vierge autre que lampante	3) Huile d'olive	1,5
Traitement au solvant de grignons	4) Huile de grignons d'olive brute	-
Raffinage d'huile de grignons	5) Huile de grignons d'olive raffinée	0,5
Coupage d'huile de grignons raffinée et d'huile vierge	6) Huile de grignons d'olive	1,5

Composition de l'huile d'olive

L'huile d'olive est caractérisée d'une part par sa composition en acides gras, d'autre part par la présence de composants mineurs, notamment par des teneurs non négligeables d'antioxydants.

Le tableau (12) représente la composition de l'huile d'olive.

Tableau 12 : composition de l'huile d'olive

Vitamine E	150 mg/kg
Provitamine A	3 à 30 mg
Acides gras saturés	8 à 24 %
Acides gras insaturés	75,5 à 90,5 %
Acide oléique	56 à 83 %
Acide linoléique	3,5 à 20 %

Le principal constituant lipidique de l'huile d'olive est un acide gras mono-insaturé, l'acide oléique, celui-ci représente 65 à 80 pour cent des acides gras de l'huile d'olive.

La consommation de l'acide oléique a un indiscutable intérêt dans la médecine préventive, ainsi, les maladies cardiovasculaires, plusieurs pathologies digestives et hépatobiliaires, peuvent être prévenues ou diminuées par la consommation de quantités suffisantes de graisses mono-insaturées,

Depuis une trentaine d'années, de nombreux travaux ont été consacrés au rôle de l'huile d'olive dans la prévention de ces pathologies, soulignant ainsi l'intérêt de l'alimentation méditerranéenne (dont la principale source de graisse est constituée par l'huile d'olive).

Le tableau (13) représente les valeurs des principales constantes physiques de l'huile d'olive.

Tableau 13 : principales constantes physiques et chimiques de l'huile d'olive

Caractéristiques physico-chimiques	Valeurs moyennes
Densité à 20°C	0,910-0,916
Volume de chaleur spécifique à 20°C	75-79
Indice de réfraction	1,468-1,470
Indice d'iode	75-94
Indice de saponification	184-196

Technologie de préparation d'huile d'olive

La technologie propre à la préparation de l'huile d'olive comprend un ensemble des opérations successives, les opérations que doivent subir les olives pour l'extraction de l'huile après la récolte, le transport, et lavage des olives dans l'huilerie sont les suivantes :

-Broyage des olives.

-Extraction d'huile d'olive ;

1. Décantation.

2. Centrifugation.

-Stockage des huiles.

Broyage des Olives

L'huile naturelle est masquée par les tissus végétaux qui les renferment. Pour les libérer, il est donc nécessaire de faire éclater les tissus par des procédés mécaniques.

On utilise deux types de broyeurs :

-Les broyeurs à meules en pierre ;

-Les broyeurs métalliques, qui peuvent être à marteaux, à disques dentés ou à cylindre striés.

Extraction d'huile d'olive

Il existe deux types d'extraction couramment utilisés :

Le système d'extraction par pression des scourtins, qui sont posés les uns sur les autres sur un wagonnet.

Le système d'extraction par centrifugation horizontale des pâtes, ou décanteur, qui peut être à trois phases (le grignon, avec une densité de l'ordre de 1,2 kg/dm³, va dans la partie la plus éloignée de l'axe de tour; les margines, avec une densité légèrement inférieure, de 1,015 à 1,086 kg/dm³, sont évacuées sur l'anneau intermédiaire; et l'huile, dont la densité est d'environ 0,916 Kg/dm³, reste autour de l'axe) ou à deux phases (grignon humide et huile). L'extraction peut être suivie du raffinage proprement dit ce qui est la règle dans les huileries industrielles. Le raffinage aboutit à une huile stable par modification des acides gras.

La figure (07) présente le schéma de production de l'huile d'olive.

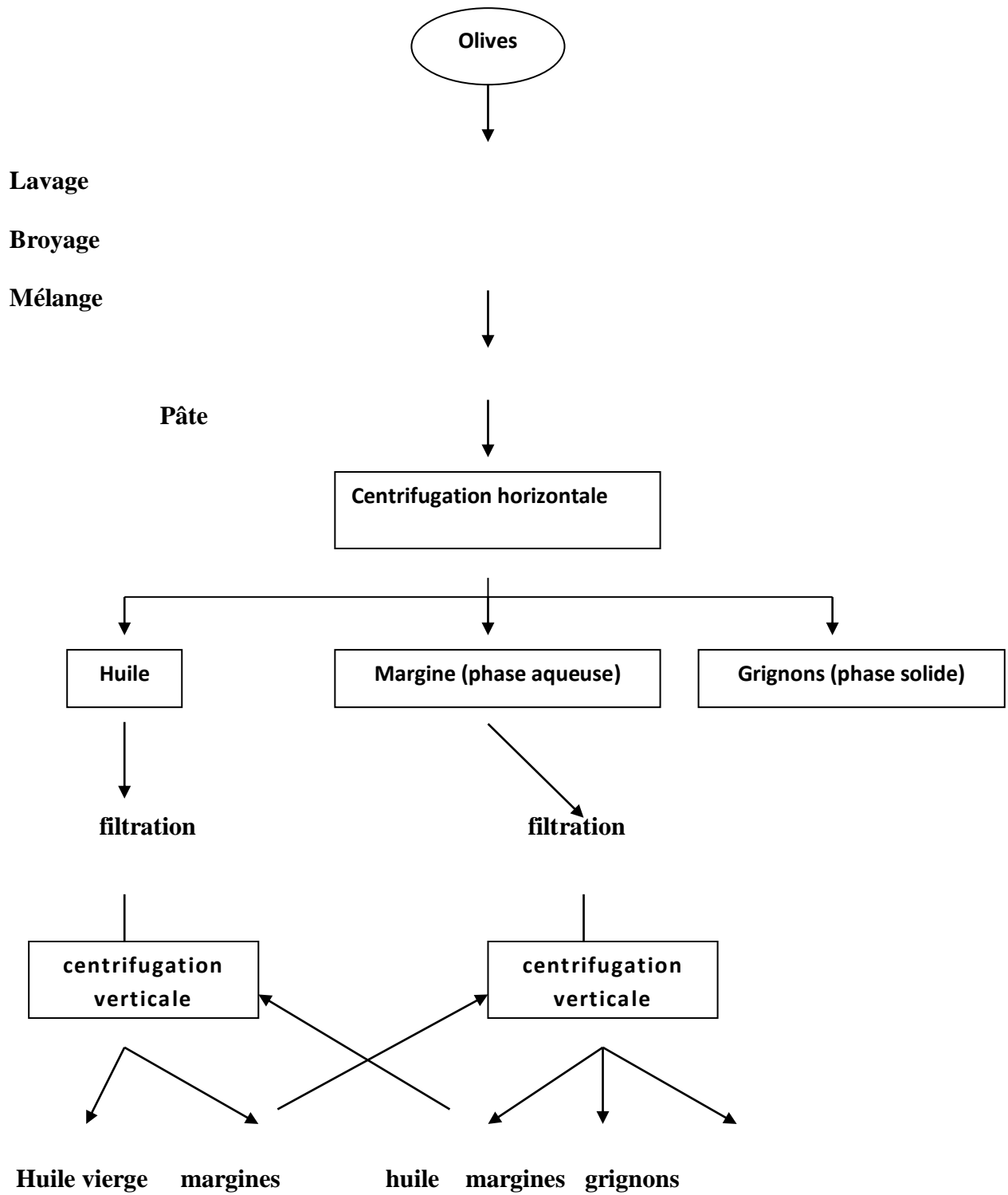


Figure 07 : schéma de production de l'huile d'olive

Stockage

L'huile obtenue de l'opération précédente, les moûts provenant du pressage des olives ont une humidité supérieure à 0,5%, les huiles de bonne qualité retiennent, l'humidité et les impuretés pendant longtemps sont appelés huile vierge.

Intérêt nutritionnel de la consommation de l'huile d'olive

Comparée avec la totalité des autres huiles végétales ou animales, l'huile d'olive présente un intérêt nutritionnel particulier.

Compte tenu de sa richesse en acides gras monoinsaturés, l'huile d'olive a une quantité d'acides gras polyinsaturés jouant un rôle dans la perméabilité des membranes cellulaires (synthèse de prostaglandines, myélinisation, multiples processus enzymatiques).

L'apport de l'huile d'olive dans l'alimentation est indispensable à la croissance et à la minéralisation osseuse.

a-Acides gras mono-insaturés et cholestérol sanguin

Par comparaison avec un régime riche en graisses saturées, le régime mono-insaturé réduit le cholestérol total et le cholestérol des LDL (lipoprotéines de basse densité) et n'affecte pas le cholestérol des HDL (lipoprotéines de haute densité). Par comparaison avec un régime riche en acides gras polyinsaturés, le régime riche en mono-insaturés a le même effet sur le cholestérol total et le cholestérol des LDL mais augmente le cholestérol des HDL.

b-Effets sur le métabolisme des lipoprotéines

Il a été montré une corrélation positive entre le pourcentage d'acides gras mono-insaturés dans le régime et le catabolisme des LDL.

Les acides gras mono-insaturés influencent également le métabolisme des HDL. Il est maintenant bien établi que la fraction HDL a un effet protecteur de l'athérosclérose. En fait, ces lipoprotéines sont impliquées dans la captation du cholestérol cellulaire, première étape du transport de retour du cholestérol.

c-huile d'olive et pression artérielle

Un certain nombre d'études ont montré que l'huile d'olive était favorable pour réguler la pression artérielle. Les pays qui consomment des quantités élevées de graisses mono-insaturées ont des niveaux moyens de pression systolique et diastolique plus bas que les régions consommatrices de graisses saturées.

d-Rôle préventif vis-à-vis de certaines pathologies

L'incidence et la mortalité de plusieurs cancers sont plus basses dans les pays méditerranéens ; c'est le cas des cancers du sein, du côlon, des ovaires, de l'utérus et de la prostate.

À la différence des maladies cardiovasculaires ischémiques, où le rôle préventif de l'huile d'olive est maintenant bien établi, de nouvelles études, aussi bien expérimentales que cliniques, notamment de vastes études épidémiologiques, sont nécessaires avant de pouvoir conclure sur son rôle dans la prévention des cancers.

Normes et législation

La détermination des caractéristiques physicochimiques représentent le fondement de l'identification d'un corps gras.

Indices chimiques et physiques (CODEX STAN 33-1981) :

Densité relative (20°C/eau à 20°C) :

- Huile d'olive vierge	}	0,910 - 0,916
- Huile d'olive raffinée		

Indice de réfraction (n^{20}) :

- Huile d'olive vierge	}	1,4677 - 1,4700
- Huile d'olive raffinée		

Indice de saponification (mg de KOH/g d'huile) :

- Huile d'olive vierge	}	184 - 196
- Huile d'olive raffinée		

Indice d'iode (Wijs) :

- Huile d'olive vierge	}	75 - 94
- Huile d'olive raffinée		

Insaponifiable :

- Huile d'olive vierge	}	15 g/kg1
- Huile d'olive raffinée		

Exemple : L'œuf

Intérêt nutritionnel

L'œuf intervient pour une grande part dans nos régimes alimentaires et, de ce fait, il représente un intérêt économique non négligeable. Les protéines de l'œuf sont de haute valeur biologique au même titre que la viande, le poisson ou la volaille. Ainsi, les protéines de la viande, de l'œuf et du poisson peuvent s'intervertir. On estime que 2 à 3 œufs représentent l'équivalent de 100 g de viande ou de poisson. Les lipides de l'œuf dont les triglycérides et les phospholipides ont la propriété de faire contracter la vésicule biliaire plus rapidement, plus fortement et plus longtemps que les autres lipides. Ceci explique pourquoi la consommation d'œuf peut être la source de sensations pénibles dans certaines pathologies gastro-intestinales. Pour des sujets sains, cette stimulation de la vésicule biliaire, loin d'être un inconvénient, est bénéfique pour l'émulsion des graisses. Cependant, il faut souligner que l'œuf est très riche en cholestérol et il est généralement écarté des régimes proposés aux malades qui présentent les troubles cardio-vasculaires. Aussi sa valeur calorique est importante, en moyenne : 80 Calories par œuf.

Composition moyenne de l'œuf

En moyenne, la coquille de l'œuf représente 12 % de son poids. Les teneurs des différents constituants de l'œuf sont exprimées en pourcentage :

Eau : 75% de l'œuf entier ; le blanc contient beaucoup plus d'eau (87,5%) que le jaune (50%).

Glucides : On ne retrouve pratiquement pas de glucides, sinon que des traces.

Lipides : Ils représentent 12 % de l'œuf entier. Les lipides sont inégalement répartis dans l'œuf, inexistant dans le blanc et la totalité dans le jaune. Ils représentent 32 % du poids du jaune. Les lipides sont présents dans le jaune sous forme d'émulsion. Ils sont formés en partie de glycérides. Leur composition par jaune d'œuf est comme suit :

1,6 g de lécithines, majoritairement des phospholipides.

0,3 g de cholestérol.

Protéines : Ils représentent 14% de l'œuf entier. Les protéines de l'œuf entier sont les meilleures protéines au point de vue de la qualité et de l'équilibre des acides aminés. En effet, dans toutes les études nutritionnelles, elles sont prises comme protéines de référence.

Il faut distinguer deux types de protéines :

Ovalbumine : qui est la protéine du blanc, elle représente 11% de son poids.

Ovovitelline : qui est la protéine du jaune, elle représente 16% de son poids.

Sels minéraux et vitamines : les œufs sont riches en phosphore et en fer. Pour les vitamines : on retrouve des vitamines hydrosolubles du groupe B et des quantités notables de vitamines liposolubles : A et la D dans le jaune. Néanmoins, il n'y a pas de relation entre l'intensité de la coloration du jaune et la richesse en vitamine A.

Etude du pourcentage respectif du blanc et du jaune d'œuf

Tarer 2 béchers de 100 ml.

Peser l'œuf entier.

Séparer soigneusement le blanc du jaune de l'œuf et l'introduire respectivement dans les deux béchers précédemment tarés.

Noter le poids de ces béchers et calculer le poids du blanc : le poids du jaune est calculé par différence avec celui de la coquille.

Par rapport au poids de l'œuf entier de départ, calculer les pourcentages respectifs de blanc, de jaune et de la coquille.

Lécithines et cholestérol du jaune d'œuf

Extraction

Placer le jaune d'œuf dans un erlenmeyer et ajouter 100 ml d'acétone RP.

Agiter pendant 5 minutes.

Filtrer sur entonnoir avec un papier filtre dégraissé.

Reprendre le précipité avec 100 ml d'acétone et filtrer à nouveau pour que l'extraction soit totale. De cette façon, on sépare le cholestérol et les lécithines :

Le résidu sec contient les lécithines : garder-le soigneusement dans un coin de paille propre pour les dosages ultérieurs.

Le filtrat acétonique contient le cholestérol.

Cholestérol

Hydrolyse

Evaporer le filtrat acétonique, obtenu précédemment, à 70-80°C, dans un bain-marie et à l'air ambiant.

Reprendre le résidu d'évaporation avec 30 ml de soude alcoolique.

Placer au bain-marie bouillant pendant 10 minutes.

Mettre la solution dans une ampoule à décanter et rincer avec 50 ml d'eau distillée le béccher contenant la solution lipidique de cholestérol.

Ajouter cela dans l'ampoule à décanter.

Verser 30 ml d'éther éthylique dans l'ampoule à décanter.

Agiter et laisser décanter.

Récupérer la phase aqueuse inférieure dans un bécher.

Récupérer la phase étherée supérieure, qui contient le cholestérol, dans un bécher.

Pour une meilleure extraction, laver la phase aqueuse précédente avec 30 ml d'éther éthylique et reprendre dans l'ampoule à décanter. Recommencer ainsi 1 fois l'opération précédente.

Réunir les 2 phases supérieures étherées ainsi obtenues dans un erlenmeyer et évaporer au bain-marie ou à l'étuve ventilé à 120°C.

Mise en évidence du cholestérol

Le dosage du cholestérol se fait par spectrophotométrie à 650 nm par la réaction de LIEBERMANN-BURCHARD. Ce dosage est délicat dans la mesure où la coloration vert foncé obtenue est très instable dans le temps et les lectures au spectrophotomètre doivent obligatoirement se faire dans un délai rigoureux de 3 minutes après l'obtention de cette coloration.

Préparation de l'essai

Reprendre le résidu sec obtenu dans l'erlenmeyer avec 10 ml d'anhydride acétique.

Mise en évidence du cholestérol par la méthode de LIEBERMANN-BURCHARD

Préparer 5 tubes à essai.

Tube 1 ou blanc : 1 ml d'anhydride acétique RP.

Tube 2 : standard faiblement concentré.

1 ml de solution standard de cholestérol à 10 µg/ml.

Tube 3 : Standard fortement concentré.

1 ml de solution standard de cholestérol à 100 µg/ml.

Tube 4 : échantillon à analyser : 1 ml d'essai dilué.

Tube 5 : échantillon à analyser : 5 ml d'essai dilué.

Ajouter à chacun de ces 5 tubes à essai ainsi préparés et en série :

1 ml de chloroforme.

3 gouttes d'acide sulfurique RP.

Observer la coloration qui se développe.

Mettre à l'obscurité pendant 10 minutes.

Lire au spectrophotomètre à 650 nm.

Choline et phosphates

Extraction

Essorer le résidu sec précédent sur papier filtre dégraissé.

Introduire le résidu sec dans un erlenmeyer.

Ajouter 50 ml de chloroforme RP.

Agiter et filtrer de nouveau dans un erlenmeyer.

Pour une meilleure extraction, recommencer 1 fois l'opération en utilisant 50 ml de chloroforme.

Réunir les 2 volumes d'extraction et évaporer au bain-marie bouillant.

Hydrolyse

Après évaporation, transvaser le résidu dans un ballon rodé et ajouter 10 ml de soude à 10%.

Hydrolyser pendant 15 minutes au bain-marie bouillant, le ballon rodé étant surmonté d'un réfrigérant. A la fin de cette opération, la lécithine est saponifiée.

Neutraliser ensuite avec de l'acide acétique (environ 2 à 3 ml) en vérifiant avec un papier pH.

Porter encore 3 minutes au bain-marie bouillant.

Filtrer sur filtre mouillé.

Caractérisation de la choline

Mettre une goutte de la solution filtrée sur une lame de verre porte-objet.

Ajouter 2 gouttes de la solution iodo-iodurée.

Couvrir avec une lamelle et examiner aussitôt au microscope à fort grossissement : il se forme un précipité ocre qui se transforme peu à peu en cristaux bruns de périodure de choline. Ces cristaux disparaissent rapidement.

Protéines : dosage de l'ovovitelline du jaune d'œuf par gravimétrie

Il est possible de doser les protéines de l'œuf par colorimétrie, avec la méthode classique de LOWRY : mais, dans le cas de l'œuf, on se heurte à deux difficultés essentielles :

D'une part, des difficultés d'extraction et de solubilisation totales des protéines, avant leur dosage proprement dit ;

D'autre part, avec l'ovovitelline, qui est la protéine du jaune, il y a de nombreuses interférences avec les multiples composés colorés du jaune et la réaction colorimétrique elle-même, ces artefacts rendent le dosage très aléatoire. Dans ces conditions, nous doserons l'ovovitelline par gravimétrie, c'est-à-dire par la pesée d'un précipité.

Il est important de sécher le précipité obtenu pendant un temps maximum à l'étuve à 105°C, pour que le résultat soit exact.

Principe

Après délipidation, du jaune d'œuf par le réactif de FOLCH, il y a formation d'un précipité contenant les protéines. Les lipides se dissolvent dans le chloroforme ; les protéines sont précipitées par le méthanol. Ce précipité est séché, puis pesé.

Mode opératoire

Effectuer 1 essais identiques et en procédant comme suit :

Dans un tube à centrifuger, préalablement taré, peser exactement un poids de 400 mg de jaune d'œuf.

Ajouter 3,2 ml de méthanol et 1,6 ml de chloroforme.

Agiter et placer au frigidaire pendant 1 heure à 4°C.

Ajouter 5 ml d'éther sulfurique (diéthyléther).

Attendre 1 heure à température ambiante.

Centrifuger 5 minutes à 3000 tours par minute.

Sécher au maximum le précipité obtenu à l'étuve (105°C).

Peser le précipité obtenu.

Résultats

Les résultats seront exprimés de deux manières :

Soit en concentration

Le résultat est exprimé mg de protéines/100 g de jaune d'œuf.

Soit en quantité absolue

Le résultat est exprimé alors en mg de protéines ramenés au poids de l'échantillon de jaune d'œuf effectivement pesé.

Soit P_1 le poids en g du précipité obtenu.

Soit P_2 le poids en g de l'échantillon du jaune d'œuf pesé (environ 0,4g).

La concentration de protéines, exprimée en g pour 100 g de jaune d'œuf, sera égale à :

$X = (P_1 * 100) / P_2$ en g de protéines pour 100 g de jaune d'œuf.

La quantité totale de protéines en g contenue dans le jaune d'œuf effectivement analysé, sera égale à :

Y (g de protéines) = $P_1 * \text{poids du jaune d'œuf en g} / P_2$

4. Vitamines

Vitamines liposolubles

Vitamine A

La vitamine A est une substance extrêmement importante. À considérer la fréquence des déficiences qui sévissent dans la plupart des pays du tiers monde. La vitamine A est une vitamine liposoluble. Sa présence et son absorption intestinale sont donc liées aux lipides alimentaires. Elle est sensible à l'oxydation et à la lumière. En général, elle est thermostable à condition que l'élévation de la température se fasse en l'absence d'oxygène. Par contre, l'évaporation, la pasteurisation ou l'irradiation du lait n'ont que peu d'effet sur sa teneur en vitamine A, alors que l'écémage réduit la teneur.

Elle est insoluble dans l'eau. De ce fait, Il n'y a pas de perte dans l'eau de cuisson, alors que le bêta-carotène est particulièrement entraîné dans les eaux de cuisson. On estime que la destruction est inférieure à 20% lors de la cuisson des aliments.

Dans la nature, la vitamine A se trouve sous différentes formes, le plus connu est sous le nom « rétinol », ou le déhydrorétinol. Le Rétinol est la vitamine A traditionnelle, que l'on trouve habituellement dans le régime animal, tandis que le déhydrorétinol se rencontre chez

les poissons d'eau douce et les oiseaux qui se nourrissent de ces poissons. Ces 2 formes de vitamine A ont des effets similaires.

Provitamine A et activité totale

Les végétaux représentent la seule source de la provitamine A disponible, il s'agit de substances colorées, les caroténoïdes que les animaux transforment partiellement en vitamine A. La vache et la poule convertissent la provitamine A en vitamine A. Dans le lait et les œufs, les fractions relatives de la vitamine A et de ses précurseurs dépendent en partie de la nourriture de l'animal, de l'espèce, voire de la race.

Les carotènes, qui jouent le rôle de provitamine ou précurseur de la vitamine A, sont des substances jaunes dont les plantes sont largement pourvues. Cette couleur jaune du carotène peut être masquée dans certains aliments par le verre de la chlorophylle, pigment végétal qui lui est souvent associé.

Il existe des différentes sortes de caroténoïdes. On distingue les carotènes Alpha, bêta, gamma et la crypto-xanthine pigmentant le maïs.

La transformation de ces substances en vitamine A se fait dans la paroi de l'intestin et dans le foie. Le rétinol est absorbé au niveau de l'intestin grêle en présence de sels biliaires selon un mécanisme de transport actif. Il est ensuite incorporé au chylomicrons excrétés dans la lymphe et rejoint la circulation générale par le canal thoracique. Le bêta-carotène semble être théoriquement 2 fois plus efficace que les autres carotènes pour donner de la vitamine A. Comme au cours de cette transformation, il se produit des pertes. Il est admis que 1 µg de bêta-carotène absorbé a l'activité biologique de 0,5 µg de rétinol. En conséquence, 1 µg de bêta-carotène dans l'aliment équivaut à environ 1/6 µg de rétinol.

Avitaminose A

Les carences en vitamine A sont relativement fréquentes. Dans certaines régions du monde, principalement dans les pays en voie de développement, la carence en vitamine A est de nos jours, la carence la plus répandue dans le monde. 10 à 15% des enfants et 35 à 45% des adultes consomment moins de 2/3 de ces des recommandations et même 2 à 6% de ces adultes ont des apports qui se situent en dessous de 1/3 de recommandations.

En cas d'avitaminose A, apparaissent des troubles de la régénération du pourpre rétinien. Ce qui se traduit par une cécité crépusculaire, premier signe de la carence, si la

carence se poursuit, la cornée de l'œil devient opaque et se déforme, le tissu plané se dessèche, on aboutit à une cécité complète.

Une autre fonction importante de la vitamine A constitue à maintenir l'intégrité des tissus épithéliaux, notamment de la peau et de toutes les membranes, les membranes qui tapissent les conduits qui s'ouvrent à l'extérieur de l'organisme. En l'absence de la vitamine A, on observe un dessèchement de la peau, genoux, coude, etc. Et des membranes.

Les sécrétions des cellules muqueuses sont alors inhibées, ainsi que le travail des cils membraneux qui sont chargés de garder la surface des cellules propres, et de ce fait, la porte sera ouverte à toutes sortes d'infections ; sinusite, angine, des abcès de l'oreille, de la bouche ou des glandes salivaires.

Une avitaminose A provoque la xérophtalmie, arrêt de la sécrétion de larmes, cette maladie est très répandue chez les nourrissons et les enfants sous alimentés. On évalue à peu près 20.000 le nombre d'enfants qui deviennent aveugles chaque année Parce que leur alimentation manque de rétinol.

Un taux de vitamine A dans le sang reste constant par le car le foie libère la vitamine au fur et à mesure des besoins. Dans certaines maladies du foie, par exemple la cirrhose, ces réserves sont très réduites. Le fait que des réserves existent normalement explique pourquoi les symptômes de carence sont plutôt longs à se développer.

Fonction de la vitamine A

La vitamine A, comme de nombreuses substances, jouent des rôles fondamentaux dans les êtres humains. Elle intervient dans les mécanismes de la vision en participant à la formation du pourpre rétinien, récepteur de la lumière pour la vision crépusculaire. Elle est un élément de défense anti-infectieux. Elle est indispensable à la croissance et favorise la protection des muqueuses et des épithéliums.

Son rôle dans la prévention de certains cancers épithéliaux semble de plus en plus confirmé. Certains auteurs signalent qu'une faible consommation des fruits et légumes riches en bêta-carotène va de pair avec une augmentation de risque de cancer diversement localisé, cancer du poumon, de l'estomac, de l'œsophage et du col utérin notamment.

La vitamine A est de plus, nécessaire pour la formation et le maintien de l'émail dentaire, la santé des gencives, de la vessie et des voies urinaires.

Depuis peu, on sait que la vitamine A est aussi responsable de la libération d'une enzyme nécessaire pour former l'os à partir de cartilage. À la synthèse de l'acide ribonucléique RNA et à la production de certaines hormones ovariennes.

Par ailleurs, elle renforce les défenses immunitaires en stimulant les lymphocytes T et joue le rôle d'antioxydant en inactivant les radicaux libres.

Sources alimentaires de la vitamine A

Deux unités sont couramment utilisées pour quantifier l'activité de vitamine A, l'équivalent rétinol ER et l'unité internationale UI.

1ER = 1 µg de rétinol = 6 µg de bêta carotène = 3,33 UI de Rétinol = 10 UI de bêta carotène.

Les principales sources de la vitamine A sont les viandes et les œufs (27% de l'apport journalier moyen), les laits et dérivés (23%), les matières grasses ajoutées (15%) et les fruits et légumes (15%).

Cependant, les produits animaux ne sont pas la source unique, les produits végétaux sont des sources non négligeables, mais alors que chez les animaux, la vitamine A se trouve sous forme de rétinol, dans les végétaux elles se trouvent sous forme de caroténoïdes et plus particulièrement de bêta-carotène, qui sont des précurseurs de la vitamine A, il existe d'ailleurs une relation directe entre le degré de pigmentation des fruits et légumes (Vert, jaune, orange) et la teneur en caroténoïdes, en plus de la alimentaire de la vitamine A, vient d'ajouter le rôle important joué par les vitamines synthétiques dans l'efficacité et la sécurité au sont aussi bonnes que celles des vitamines naturelles.

Besoin en vitamine A

L'apport des vitamines dépend particulièrement de la composition et de la densité nutritionnelle des aliments absorbés. Il est aussi corrélé au niveau énergétique de la ration.

Le contrôle individuel de ces apports est très difficile en raison de la variation des teneurs en vitamines des aliments consommés.

On constate que la femme voit son besoin s'accroître lors de la grossesse ou lors de l'allaitement. Il semble également que l'utilisation des contraceptifs oraux augmente ce besoin.

Ces données sont fondées sur des régimes alimentaires variés contenant à la fois de la vitamine A et du carotène. Si le régime est entièrement végétarien, de plus grande quantité de carotène peuvent être nécessaire car le taux de conversion en rétinol de ce dernier est bas. On estime que la part de la vitamine A et de bêta-carotène dans les apports seront respectivement d'environ 70% et 30%. De plus la bêta-carotène est considéré comme une source importante de la vitamine A.

Toxicité

Des effets nocifs pour la santé ont été rapportés chez les sujets ingérant dans des quantités excessives de la vitamine A. Ces effets apparaissent généralement lorsque le taux sérique de vitamine A sont supérieurs à 1500 microgrammes par litre, et lorsque le foie contient des taux de rétinol de ses esters supérieurs à 3000 microgrammes par gramme de tissu hépatique, chiffres, environ 10 fois supérieur à la concentration normale. L'apport excessif de vitamines A reste stocké dans l'organisme et des symptômes de toxicité peuvent surgir après un certain temps. Ces symptômes se traduisent par un manque d'appétit, des démangeaisons, de gonflements douloureux des bras et des jambes. La manifestation la plus marquée est un épaissement irrégulier de certains os longs ; elle s'accompagne généralement d'une hépatomégalie, d'altérations cutanées et d'une chute de cheveux.

Le bêta-carotène est peu absorbé au niveau du tube digestif, et sa transformation en rétinol diminue au fur et à mesure que le statut vitaminique A augmente. C'est pourquoi, bien que 6 microgrammes de bêta-carotène soient considérés être l'équivalent de 1 microgramme de rétinol dans les conditions physiologiquement d'un régime normal, l'administration chronique de hautes doses n'entraîne pas d'hypervitaminose A.

Vitamine D

Le nom de la vitamine A été donné à une famille de composés, dont on a une activité anti rachitique. Ce sont des stéroïdes et diffèrent par leur chaîne latérale fixée en C₁₇.

Cette vitamine est associée au rachitisme et, chez l'adulte, à l'ostéomalacie. Au moins 10 substances naturelles possèdent une certaine activité vitaminique D. Mais seulement deux de ces substances ont une réelle importance pratique puisqu'elles sont présentes dans la nourriture. Il s'agit du calciférol (vitamine D₂) et cholécalférol (vitamine D₃). Le cholécalférol est la forme la plus active pour les enfants. C'est donc ce qui va servir de référence pour la mesure de la vitamine D.

La vitamine D a une sensibilité propre aux différents facteurs de dégradation, elle est stable à l'oxydation et peut être sensible à la chaleur, mais sensible à la lumière ultraviolette et au pH Alcalin. En général, elle résiste bien à la cuisson et aux divers traitements qui peuvent subir les aliments.

La vitamine D est exprimée en unité internationale (UI), une unité internationale équivaut à 0,025 microgrammes de vitamine. Une unité internationale équivaut à 0,025 microgrammes de Vitamine D₃.

Carence en vitamine D

Les effets de carence en vitamine D sont surtout remarquables chez les enfants et les jeunes. La croissance est ralentie et les os ne se développent pas normalement. Cette déformation persiste à l'âge adulte et favorise les maladies respiratoires dont le cas du thorax étroit ou pose de grands problèmes pour la grossesse et l'accouchement si le pelvis ne s'est pas développé.

Selon plusieurs auteurs, la déficience en vitamine D est rare chez l'adulte, pourtant elle peut se produire pendant la grossesse, la lactation, chez les personnes âgées ou chez les personnes qui ont plus de recevoir une alimentation pauvre en vitamine D sont encore privées de l'action de soleil. Cette constatation peut être critiquée par beaucoup d'études récentes qui ont remarqué que la déficience en vitamine D s'installe de plus en plus dans plusieurs catégories de population à cause du manque d'une bonne hygiène de vie (alimentation raffinée, sédentarité et surcharge pondérale).

Le rachitisme des adultes, appelé Ostéomalacie est une maladie dans laquelle les os sont mous et fragiles par manque de calcium ou du phosphore.

La vitamine D, calcium et le phosphore sont liés, et l'insuffisance d'un seul de ces trois éléments peut aboutir au rachitisme ou à l'ostéomalacie.

Métabolisme de la vitamine D

Le calciférol présent dans le sang a une double origine ;

- Alimentaire. L'ergocalciférol ou vitamine D₂ (qui peut être synthétisé par l'homme) et le Cholécalfiférol ou vitamine D₃.

- Endogène, cholécalfiférol synthétisé dans les couches basales et muqueuses de l'épiderme à partir de delta-7-cholestérol sous l'influence des rayons ultraviolets.

Récemment, il a été montré que le placenta synthétise le 1,25-dihydroxycholécalférol à partir du 25-hydroxycholécalférol provenant du foie maternel.

Absorption

Le calciférol exogène est incorporé aux sels biliaires et absorbé au niveau de jéjunum. Il rejoint ensuite la circulation générale par la voie lymphatique.

Diffusion

Le Calciférol circule dans le sang fixé aux protéines. Il sera transformé en métabolites actifs, d'abord par hydroxylation sur le carbone 25 au niveau du foie : 25 (OH) D₃ puis sur le carbone 1 au niveau du rein : 1,25 (OH)₂ D₃.

La vitamine D est stockée au niveau du foie, des tissus adipeux et des muscles. Il existe un cycle entéro-hépatique. Cette vitamine est éliminée par voie fécale dans la bile.

Fonctions de la vitamine D

La vitamine D passe de l'organisme de la mère à celui de l'enfant dès avant la naissance et elle est ensuite transmise lors de l'allaitement.

La 1,25 (OH)₂ D₃ est une hormone qui augmente l'absorption du calcium au niveau de l'intestin, son transport à travers le placenta maternel et sa disposition au niveau de l'os, par ailleurs, la 1,25 (OH)₂ D₃ joue un rôle important dans le contrôle immunitaire.

La vitamine D joue un rôle fondamental dans le métabolisme phosphocalcique. Globalement, la finalité de ces actions intestinales osseuses et rénale est d'augmenter le pool phosphocalcique disponible sur la minéralisation de l'os.

Sources de vitamine D

La vitamine D ne se trouve à l'état naturel que dans les lipides de certains produits d'origine animale, les œufs, les fromages, le lait et le beurre sont de bonnes sources dans une alimentation normale. La viande et le poisson, en apporte de petites quantités tandis que des huiles, les huiles de foie de poisson sont très riches et que les céréales, les légumes et les fruits n'en contiennent pas. L'apport alimentaire de vitamine D est inférieur à 50% des apports conseillés dans les régimes pauvres en poissons gras, d'œufs, de foie et de matière grasse d'origine laitière.

La synthèse cutanée couvre une part plus ou moins importante des besoins selon les habitudes alimentaires, le mode de vie, la saison et le climat, cette part est difficile à évaluer.

Le lait maternel ne contient environ que 0,05 microgrammes de vitamine D pour 100 ml. Ce qui est insuffisant pour empêcher la le rachitisme bien que l'apport en calcium soit satisfaisant.

Donc, des enfants nourris au sein ont besoin d'une supplémentation en vitamine D ou d'une large exposition au soleil. La plus grande partie du lait, les margarines et d'autres aliments sont enrichis par la vitamine D, de sorte que le risque est presque plus grand d'avoir trop que trop peu de vitamine D.

Besoins en vitamine D

Il est impossible de définir les besoins alimentaires de l'être humain en vitamine D car cette vitamine est fournie à la fois par l'action du soleil sur la peau et l'absorption des aliments.

Pour les enfants de 1 à 6 ans, les recommandations ne peuvent se fonder sur une aucune donnée expérimentale. Cependant dans plusieurs parties du monde, le rachitisme est particulièrement fréquent parmi les enfants de ce groupe d'âge malgré une bonne exposition au soleil (afrique, Amérique du sud et toute la ceinture du Mexique à l'extrême orient).

Les apports quotidiens de vitamine D conseillés chez l'adulte sont aussi ceux qui varient le plus d'un pays à l'autre, par exemple, sont à 400 UI en Allemagne, 400 à 1200 UI en France. D'après certains auteurs, la quantité de vitamine D quotidienne ne doit pas dépasser les 400 unités internationales.

Enfin, rien n'indique que le sexe, le poids corporel ou l'activité physique affecte les besoins en vitamine D à aucun âge. En dehors de la lumière solaire, aucun autre facteur ne semble exercer une influence sur les besoins.

Toxicité

La vitamine D, la vitamine qui risque le plus d'entraîner de réaction de surcharge, en effet, elle est responsable de l'absorption du calcium au niveau de l'intestin et son administration à doses massives sur une longue période peut provoquer une ossification des tissus mous. Le dépôt de calcium dans les reins est d'une d'importance particulière puisqu'elle peut entraîner une insuffisance rénale susceptible d'être fatale.

Les enfants sont particulièrement sensibles à l'action toxique de la vitamine D, d'autres symptômes sérieux peuvent se développer chez l'adulte, et qui se manifeste par des

vomissements, des diarrhées et une perte de poids. Des préparations concentrées de vitamine D ne doivent être prises que sur prescription médicale.

Vitamine E (tocophérol)

La vitamine E est le terme générique utilisé habituellement pour désigner les différents tocophérols. Elle est constituée d'un noyau hydroxychromone sur lequel est fixé une chaîne phtyl entièrement saturée.

On connaît actuellement huit composés différents qui présentent une activité vitaminique E. Cependant, la forme alpha tocophérol est la plus active et c'est elle qui sert actuellement de référence pour la vitamine E.

La vitamine E est stable à la chaleur et aux différentes variations de pH. Elle est peu sensible à la lumière UV et très sensible à l'oxydation. De même que la congélation peut occasionner des pertes importantes.

La destruction des différents isomères du tocophérol dépend de la sévérité du traitement et du type de produit testé en particulier à longueur des chaînes et le degré d'insaturation.

Carence en vitamine E

Il n'existe aucune preuve qu'une déficience en vitamine E chez l'homme diminue les performances athlétiques, la vigueur sexuelle ou la longévité. D'ailleurs, des carences en vitamine E semblent très rares bien que les besoins augmentent considérablement en présence d'acides gras polyinsaturés.

Malheureusement une carence en vitamine E participe au développement de l'anémie hémolytique du prématuré et peut perturber la maturation neurologique. En plus de l'immunité. Il n'est donc pas correct d'appeler la vitamine E la vitamine de la reproduction comme cela arrive souvent, car d'une part sa carence amène de nombreux autres troubles spécifiques et d'autre part, toutes les vitamines sont nécessaires pour la reproduction à des degrés divers.

Métabolisme

Les esters de tocophérol contenus dans l'alimentation sont hydrolysés dans l'intestin puis la vitamine E est absorbée en présence de sels biliaires, incorporé au chylomicrons, elle rejoint la circulation générale par le canal lymphatique.

Dans le plasma, la vitamine E est liée aux lipoprotéines LDL et HDL. Elle peut être stockée au niveau du tissu adipeux et du foie.

La vitamine E est éliminée en majeure partie dans la bile et le reste dans les urines.

Fonctions de la vitamine E

Les végétaux sont dotés du pouvoir de synthétiser des tocophérols en proportion directe avec le taux d'acides gras polyinsaturés présent dans ces végétaux.

La vitamine E a une action antioxydante vis-à-vis des radicaux libres, il joue ainsi un rôle dans la stabilisation de lipides membranaires. Elle en favorise également la transformation vers les métabolites fonctionnels précurseurs des eicosanoïdes et protège d'autres micronutriments tels la vitamine A.

L'alpha tocophérol a aussi une action anti-hémolytique anti-agrégante et semble avoir un effet dans la restauration des déficits immunitaires.

Il existe une relation très intéressante entre la vitamine E et un oligo-élément, le sélénium. En effet des quantités minimales de sélénium pouvaient remplacer les besoins en vitamines E de l'animal sous certaines conditions. Cependant les relations qui existent entre la vitamine E et le sélénium ne sont pas encore étudiées bien que chacune des deux substances semble avoir une action d'épargne vis-à-vis l'autre.

Il est également intéressant de noter qu'il existe une corrélation inverse entre la mortalité par cardiopathies ischémiques et de la vitamine E.

Par ailleurs, l'alpha tocophérol retarde la détérioration de la couleur superficielle de la viande et diminue l'oxydation des lipides.

Sources de la vitamine E

Les tocophérols sont largement répandus de l'alimentation mais l'activité est vitaminique E est en fonction de la proportion d'alpha tocophérol, les tocophérols bêta, gamma et delta ayant une bien moindre activité.

Les principales sources de la vitamine E sont les matières grasses ajoutées qu'ils fournissent à elles seules près de la moitié des apports en vitamine E, les fruits et légumes contribuent pour 22% , dans un régime comportant une faible consommation d'huile végétale, les apports en vitamine E correspondent à moins de 50% des apports conseillés, 500 g de légumes permettent de couvrir 30% des apports conseillés.

Il est nécessaire de noter que l'écémage du lait et le blutage des céréales réduisent la teneur de vitamines e de ses aliments.

Besoins en vitamine E

Les besoins en vitamines E, comme tout ceux des autres vitamines, varie en fonction des autres composants de régime, par exemple, les besoins en vitamine E augmentent avec l'abondance dans le régime des acides gras polyinsaturé. La présence des graisses rances, des substances oxydantes ou de sélénium modifient sans aucun doute les besoins en vitamine E.

La quantité de vitamine E semble largement couvrir les besoins, à l'exception des jeunes filles et des jeunes femmes qui font partie des groupes à risque.

Toxicité

La toxicité des composants de la vitamine E est négligeable même si relativement de grande quantité sont ingérées, à la différence de vitamines A et D. D'ailleurs, la vitamine E est souvent utilisée à titre d'antioxydant dans l'industrie agroalimentaire.

Par contre, chez le prématuré, l'administration de fortes doses de vitamine E, particulièrement par voie intraveineuse, a été impliqué dans la survenue des décès inexplicés et dans l'augmentation de l'incidence d'entérocolites nécrosantes, d'état infectieux, des lésions hépatiques et rénales.

La vitamine E peut exacerber les effets anticoagulants des antagonistes de la vitamine K, elle est donc contre-indiquée si l'on utilise un traitement anticoagulant oral.

Vitamines hydrosolubles

Ce sont les vitamines solubles dans l'eau. Elles sont facilement excrétées dans l'urine, du fait de leur nature hydrophile et de leur faible poids moléculaire.

Les vitamines hydrosoluble, bien qu'ayant des propriétés distinctes, sont intimement liés entre elles par les réactions cellulaires où elles sont impliquées. Nous allons pourtant les considérer séparément en tenant compte des signes symptômes qui se manifestent lorsqu'il y a carence, du rôle qu'elle joue, de la source alimentaire et ses besoins.

Vitamine C (acide l-ascorbique)

La vitamine C est constituée d'un sigle lactone qui comporte une fonction cétone, une fonction ène-diol et deux fonctions alcool.

Par l'oxydation de l'acide l-ascorbique, on obtient l'acide déhydroascorbique, qui a la même activité métabolique.

Les valeurs normales de vitamine C dans le plasma sont de 8 à 14 mg par litre.

La vitamine C est la plus fragile des vitamines. Elle est peu sensible à la chaleur et à la lumière, sensible au pH neutre et alcalin est très sensible à l'oxygène et au froid.

La dégradation de la vitamine C peut atteindre 90 à 100% lors de la cuisson prolongée, du maintien au chaud ou du réchauffage des aliments, ces pertes sont beaucoup plus importantes pendant le stockage que pendant la cuisson.

Carence en vitamine C

Une carence en cette vitamine peut entraîner des signes cliniques comme le scorbut et biologique comme la diminution du taux de leucocytes.

Les premiers symptômes qui apparaissent, à la suite d'une carence aigüe sont, la fatigue, la peau sèche, des follicules hémorragiques, des altérations de la gencive, des douleurs articulaires, la perte des plombages dentaires accompagnés de carie, un taux très bas d'acide ascorbique dans le sang et les urines.

Les formes modérées de scorbut peuvent se rencontrer, notamment chez des jeunes enfants alimentés exclusivement de lait cuit et de bouillies de céréales. Dans ce cas, on observe des troubles de la croissance, de la faiblesse, de l'agitation et de l'enflure aux articulations.

Par ailleurs, un déficit en vitamine C contribue à diminuer l'absorption du fer et pourrait constituer un facteur de risque des cardiopathies ischémiques.

Métabolisme

L'absorption de la vitamine C se fait au niveau de l'iléon proximal par un système de transport actif. Elle diffuse dans le sang mais les formes de transport sont inconnues. Elle diffuse ensuite dans les tissus.

Les organes où les concentrations sont les plus importantes, sont l'hypophyse, les corticosurrénales et le foie. Les leucocytes joueraient un rôle de transport et de stockage. La vitamine C est éliminée dans les urines sous forme de métabolites.

Fonctions de la vitamine C

La vitamine C est nécessaire à l'élaboration et à l'entretien du tissu conjonctif interstitiel. Elle constitue un élément essentiel de la substance collagène qui relie les cellules entre elles. Ainsi, chez les personnes souffrant d'une carence d'acide ascorbique, les cellules endothéliales des capillaires ont perdu leur résistance normale. Elles sont donc fragiles, ce qui cause des hémorragies. De même, la dentine des dents est le tissu ostéoïde des os ne se forment pas normalement. Ce rôle de ciment cellulaire explique aussi la mauvaise cicatrisation et la lenteur de la guérison des blessures que l'on observe chez les individus manquant d'acide ascorbique.

De ce qui précède, on peut conclure que la vitamine C joue certainement un rôle dans la fixation du calcium.

L'acide ascorbique est également nécessaire pour maintenir la solidité et l'élasticité des vaisseaux sanguins. Si la vitamine C vient à manquer, la fragilité des vaisseaux sanguins augmente et apparaissent de minuscules hémorragies sous-cutanées.

La vitamine C influence la formation d'hémoglobine, l'absorption du fer de l'intestin et son dépôt dans le foie. Elle joue aussi un rôle important dans de nombreuses réactions d'oxydoréduction. Ces propriétés réductrices et sa capacité à protéger les radicaux libres semblent être au centre de ces fonctions biologiques.

En plus, son apport joue un rôle, protecteur pour certains cancers épithéliaux, sur le tonus général, le rendement neuromusculaire, la résistance à la fatigue, en froid et aux infections.

Les glandes surrénales contiennent davantage de vitamine C que les autres organes et il se peut que cette vitamine soit concernée d'une façon ou d'une autre par la sécrétion d'hormones du cortex surrénalien.

Sources alimentaires

Les principales sources de la vitamine C sont les fruits et légumes, elle apporte près de $\frac{3}{4}$ des apports journaliers moyens de vitamine C. Mais il faut savoir que l'acide ascorbique est la plus instable de toutes les vitamines connues, elle est en effet très rapidement oxydée en une substance moins active, l'acide déhydroascorbique, qui peut à son tour être oxydé et perd à ce moment toute activité vitaminique. Donc les teneurs en vitamine C des fruits et

légumes peuvent varier énormément, voire être nul selon l'état de fraîcheur, l'exposition du fruit dans l'arbre où le mode de conservation de ses produits.

Le mieux est de consommer ces aliments à l'état frais, si possible cru ou après congélation préalable.

On trouve la vitamine C également dans le foie ainsi que dans les viandes, les poissons et le lait mais en très faible quantité.

Vitamine B9 (acide folique)

Plusieurs acides glutamiques peuvent s'enchaîner et former des polyglutamates qui constituent 90% des folates présents dans l'alimentation et les milieux biologiques.

Les folates sont sensibles à la chaleur, à la lumière, aux acides et aux bases ainsi qu'aux oxydants et aux réducteurs.

Les pertes dans les aliments peuvent atteindre 50 % de la teneur initiale.

Carence en vitamine B9

La carence en folates est la carence la plus fréquente observée chez le sujet sain. Une valeur inférieure à 3 microgrammes par litre dont le sérum est à 150 microgrammes par litre dans les érythrocytes et signes de carence tissulaire.

Elle se traduit par une longue rouge, des troubles intestinaux, de la diarrhée et une anémie qui peut être profonde. Certaines anémies, telles celles qui surviennent pendant la grossesse, la petite enfance où l'enfance sont améliorées par l'administration de folacine, de même les anémies consécutives à la pellagre.

Métabolisme

Les folates des aliments sont le plus souvent des polyglutamates et nécessitent pour être absorbés au niveau de jéjunum proximal l'action d'une conjugale intestinale qui hydrolyse les polyglutamates en monoglutamate. Ceux-ci sont absorbés au niveau du jéjunum proximal selon un mécanisme actif.

Ces monoglutamates sont alors réduits physiologiquement actives, ensuite convertis en dérivés méthylés qui passeront dans le sang portal.

Ce méthyle-tétra-hydro-folate va en partie au foie où il sera stocké, en partie au-dessus utilisateur, autrement dit tous les tissus à renouvellement rapide, la moelle osseuse par exemple.

Les folates sont éliminés dans la bile et dans les urines.

Fonctions de la vitamine B 9

Les différentes formes de folacine sont transformées en plusieurs coenzymes actives, qui sont très abondantes dans le foie.

Les folates sont impliqués dans le transport d'unité mono carbonée dans un grand nombre de réactions de synthèse métabolisme des acides aminés des purines et des pyrimidines. Ces dernières entrent dans la formation des acides nucléiques qui sont vitaux à toute division cellulaire. Les coenzymes de la folacine sont également responsables de la synthèse de certains acides aminés, spécialement la glycine et la sérine. Ces réactions nécessitent de l'acide ascorbique ainsi que les consignes de la vitamine B 6 et B 12.

Par ailleurs, la folacine est reconnue comme un médicament efficace contre l'anémie mégaloblastique.

Sources alimentaires

Il existe de grandes disparités dans les teneurs en folates. Certains types de pains ont une teneur élevée en acide folique dû à la grande quantité de levure ajoutée pour obtenir une fermentation rapide. Étant donné que ces pains servent de nourriture de base à beaucoup de personnes, des carences en acide folique sont rarement observées chez ces populations.

Besoins en vitamine B 9

Les besoins en acide folique, nutriment indispensable à toute division cellulaire, sont augmentés chaque fois qu'il existe une expansion tissulaire, ce qui est le cas pendant la grossesse.

De même que les jeunes filles, les femmes, des personnes âgées et les alcooliques sont des groupes à risque.

Actuellement, on recommande une quantité de 0,4 mg par jour de folacine pour les hommes et les femmes adultes. Il s'agit d'une quantité relativement élevée mais qui tient compte des pertes possibles dues à la cuisson et à des troubles d'absorption.

Toxicité

L'effet des doses élevées d'acide folique n'a pas encore été étudié de façon très approfondie. Mais il semble que 50 à 100 fois l'apport quotidien recommandé soit une évaluation prudente.

Vitamine B 12 (cobalamine ou cyanocobalamine)

La vitamine B 12 se distingue par sa couleur rouge et la présence de sa molécule d'un atome de cobalt central, et d'un groupement nucléotidique adénine ribose phosphate. De plus c'est la seule vitamine que les plantes supérieures sont incapables de synthétiser. La vitamine B 12 n'est pas très stable à la chaleur ni à la lumière. Elle est décomposée par les agents réducteurs, les acides et les bases. Pendant la pasteurisation du lait, environ 10% de la vitamine sont perdus. Dans les conditions normales de préparation des aliments, on considère que les pertes ne dépassent pas 20 à 25%.

Carence en vitamine B 12

La manifestation la plus importante de la carence en vitamine B 12 est l'anémie pernicieuse. Cette maladie ne répondait à aucun traitement et terminée par la mort.

Chez l'homme, la carence en cobalamine peut se produire de 2 manières.

Comme le résultat d'un régime déficient chez les végétariens stricts.

Par suite d'un mécanisme défectueux de l'absorption anémie pernicieuse.

Métabolisme

La cobalamine contenue dans l'alimentation se fixe aux facteurs intrinsèques sécrétés par l'estomac puis est absorbé au niveau de l'iléon terminal. Dans le sang, la vitamine B 12 est liée à des protéines.

La vitamine B 12 est stockée au niveau du foie. Il existe un cycle entéro-hépatique majeur.

Fonctions

La vitamine B 12 est le cofacteur de deux types de réactions enzymatiques, les réactions d'isomérisation et de transmutation. Après être transformé en enzyme, elle devient essentielle pour le bon fonctionnement de toutes les cellules, mais particulièrement celle de la moelle épinière, du système nerveux et du tractus gastro-intestinal.

Il semblait que la vitamine B 12 ait une fonction importante dans la synthèse des globules rouges et des bases puriques et pyrimidiques, entrant dans la composition des acides nucléiques.

Les activités physiologiques de la vitamine B 12 et de l'acide folique sont étroitement liées.

Sources alimentaires

Les végétaux sont dépourvus de vitamines B 12. Par contre, des produits animaux en sont exclusivement riches. Ainsi, la viande et les œufs assurent 69% des apports nutritionnels en vitamine B 12.

Besoins en vitamine B 12

Dans les pays pauvres, le régime est souvent pauvre en aliments d'origine animale, donc les déficiences en vitamine B 12 ne sont pas rares. Normalement, les réserves corporelles de vitamine B 12 sont de 5 à 10 mg, quantité suffisante pour satisfaire aux besoins de quelques mois mais, finalement, en l'absence de nouvel apport, les réserves s'épuisent et une carence se développe. Les besoins normaux ont été fixés à 3 microgrammes par jour.

Toxicité

Il existe dans l'organisme des mammifères un mécanisme qui limite l'excès en vitamines B 12 dans le tube digestif. Par conséquent, plus le statut de la vitamine B 12 est élevé plus le taux d'absorption est faible même en cas de dose importante.

Des doses de 30 mg par jour soit 10000 fois l'apport quotidien recommandé ne pose aucun problème selon la littérature.

Mise en évidence de la vitamine A dans le lait entier

Saponification

La saponification dure 1 heure au bain-marie bouillant (100°C), pour ce faire :

Dans un erlenmeyer de 200 ml, mélanger :

20 ml de lait normal.

20 ml d'alcool à 95°.

Ajouter 4 g de potasse (KOH) dissoute dans 5 ml d'alcool à 95°.

Placer 1 heure au bain-marie bouillant en agitant de temps à autre pour que la saponification soit totale.

Extraction de l'insaponifiable

Placer le mélange saponifié refroidi dans une ampoule à décanter.

Ajouter 30 ml d'éther de pétrole.

Mélanger doucement et laisser décanter quelques minutes jusqu'à séparation complète des 2 phases.

Soutirer et éliminer la phase aqueuse inférieure.

Laver la phase supérieure étherée avec 30 ml d'eau distillée.

Soutirer et éliminer la phase aqueuse inférieure et recueillir la phase supérieure étherée dans un erlenmeyer propre.

Evaporer l'éther au bain-marie bouillant, sous courant d'air.

Traiter le résidu sec par 1 ml de chloroforme et 2 gouttes d'anhydride acétique RP.

Mise en évidence de la vitamine A

La vitamine A est mise en évidence par la réaction de CARR et PRICE. Pour cela :

Ajouter au résidu sec précédent, traité par le chloroforme et l'anhydride acétique RP, 2 ml du réactif de CARR et PRICE.

Observer l'apparition d'une coloration bleue, très fugace qui se développe et qui vire au violet.

Si la réaction ne se produit pas, ajouter 1 ou 2 cristaux de trichlorure d'antimoine.

5. Sels minéraux

Introduction

Tout organisme, ou aliment, une fois calciné, laisse derrière lui un petit tas de cendres. Ces dernières sont constituées par les sels minéraux, qui sont essentiels à la vie et sont fournis aux êtres humains par l'alimentation.

Les sels minéraux sont indispensables et s'expriment par de très petites quantités (milligrammes voire microgramme).

A titre d'exemple, les sels minéraux représentent les 4% du poids d'un être humain. En effet, les sels minéraux accomplissent quelques fonctions essentielles ;

- Ils contrôlent l'équilibre hydrique ;
- Règlent l'équilibre acido-basique ;
- Font partie de certaines structures (os, dent) ;
- Entrent dans la composition des enzymes et des hormones.

Les éléments minéraux se divisent en 2 groupes, ceux dont les quantités nécessaires à l'organisme sont relativement importantes, les macroéléments ; calcium, chlore, magnésium, phosphore, potassium, sodium, soufre et les oligoéléments que l'on trouve en infime quantité ; chrome, cobalt, cuivre, fluor et fer.

Rôle des sels minéraux

Pression osmotique

Si une membrane est demie perméable, l'eau diffuse de la solution la plus diluée vers la solution la plus concentrée on a alors le phénomène d'osmose, le mouvement des substances entre le sang et les fluides extracellulaires et entre ces fluides et les cellules dues à l'influence de la pression osmotique qui a son tour, est dû principalement à la concentration.

Une perte d'eau s'accompagne toujours d'une perte de sels minéraux, mais dans certaines circonstances, ces pertes ne sont pas proportionnelles. Admettant qu'un individu est privé d'eau, ces pertes d'eau continuent, bientôt apparaissent la sensation de soif, puis des changements hormonaux qui commandent au rein de réabsorber plus d'eau. Et l'urine devient de plus en plus concentrée. La perte d'eau n'étant plus compensée, le liquide extracellulaire

devient à son tour de plus en plus concentré. Selon la loi de l'osmose. On assiste alors à un déplacement de l'eau du liquide intracellulaire moins concentré vers le liquide extracellulaire pour tenter d'établir l'équilibre, ce qui a pour résultat que les cellules se déshydratent et que finalement, la mort peut survenir.

Un flux nerveux et contraction musculaire

Nous venons avoir à quel point les sels jouent un rôle important dans le maintien de l'équilibre hydrique, tout aussi fondamental, et le rôle de ces sels dans le maintien de l'irritabilité normale des nerfs et de la contractilité des tissus musculaires.

Lorsqu'un nerf est stimulé, la perméabilité de la membrane d'une aire s'accroît, ce qui rend possible la polarisation, c'est-à-dire le passage momentané des ions sodium de l'extérieur à l'intérieur de la membrane et celui des ions potassium dans le sens inverse, ceci a pour effet d'exciter la membrane et ainsi l'excitation passe.

Les minéraux spécialement impliqués dans la contraction et le relâchement musculaire sont le calcium, le potassium, le magnésium et le sodium. Le calcium est important pour la contraction. Le potassium et le magnésium et le sodium permettent le relâchement du muscle.

Équilibre acido-basique

Les sels minéraux absorbés interviennent dans le maintien de l'équilibre Acido-basique, le pH du sang et des tissus est voisin de la neutralité, mais très légèrement alcalin, la valeur est strictement comprise entre 7,2 et 7,4. Pour éviter toute variation de pH, l'organisme dispose de plusieurs mécanismes, dont les minéraux jouent un rôle de premier plan.

Les minéraux qui forment des acides sont relativement abondants dans les graisses, les produits céréaliers, la viande, les œufs, la volaille et le poisson. Par contre, les fruits et légumes donnent en général une réaction alcaline. En effet, une fois ingérée, les acides de fruits sont complètement métabolisés par l'organisme et donc en réalité une réaction basique. De plus, les sels minéraux exercent de nombreuses activités catalytiques et bioactivateurs. Les différents métaux bioactivateurs dans le métabolisme de l'être vivant se situe dans le tableau de la classification périodique entre le sodium et le zinc.

Les macroéléments

Sodium

Le sodium est un composant du sel de table. Le sel était utilisé comme assaisonnement et comme un agent conservateur dans le milieu extracellulaire, c'est le principal cation. Il y en a 14 fois plus que dans le milieu cellulaire.

Nous avons vu que le sodium est un élément important pour le maintien de l'équilibre hydrique acido-basique ainsi que pour l'irritabilité nerveuse. Il participe également aux transports actifs de glucose à l'intérieur des cellules de sodium et facilement absorbées et est plus important du point de vue physiologique. L'organisme dispose donc de nombreux moyens de conserver le sodium.

Les apports alimentaires varient considérablement selon les concentrations, cependant la concentration est bien régulée pour les apports allant de 1 à 10 g par jour. Les pertes de sodium peuvent être dues à l'élimination urinaire et à la transpiration. La plupart du sodium consommé est sous forme de sel, mais certains aliments constituent des sources de sel important, viande séchée. Par exemple, les aliments végétaux naturels sont généralement pauvres en sodium. Les fruits sont tous en très pauvres. Par contre les aliments d'origine animale en général une teneur en sodium plus élevée. Le lait représente une bonne source de sodium, soit une moyenne de 50 mg par son ml. L'excès de sodium dans l'organisme se manifeste par la soif, l'individu va alors se mettre à boire et peut de nouveau contrôler le taux de sodium.

L'organisme est capable de stocker de petites quantités de sodium dans les tissus osseux et cartilagineux, ces réserves sont trop faibles pour permettre de satisfaire les besoins en sodium quand l'organisme transpire beaucoup.

Il peut y avoir de grandes pertes de sodium lors de diarrhées ou de vomissements. Quand le taux de sodium s'effondre, il y a passage du potassium du compartiment intracellulaire vers le compartiment extracellulaire, dans ce cas apparaissent très vite une fatigue musculaire, des vertiges et des nausées, cet état exige l'absorption d'eau salée qui va provoquer un rapide soulagement.

Cependant, un déficit de sel est à craindre seulement lorsque la perte dépasse 2,5 à 3% du poids corporel. Généralement le sodium est un cation dont le bilan est très facile à

maintenir en équilibre, étant donné les extraordinaires capacités de souplesse de conserver le sodium en cas d'apport réduit et à l'éliminer en cas d'apport excessif.

Potassium

Le potassium est un cation intracellulaire et qui diminue avec l'âge, plus de 90% du total de potassium d'un organisme est intracellulaire alors que le potassium extracellulaire ne représente que 2% de la masse totale. En plus de son importance dans la régulation de l'équilibre hydrique et acido-basique, le potassium est un composant du tissu musculaire, il joue des rôles dans le métabolisme cellulaire, la synthèse protéique, le métabolisme des glucides et l'excitabilité neuromusculaire.

Une carence en cet élément peut se traduire par une faiblesse musculaire ou même la paralysie, un manque prolongé de potassium risque même d'aboutir à l'arrêt cardiaque, mais généralement, il n'y a pas de carence d'apport, une alimentation normale en apporte 2 à 4 g par 24 h. Cependant un déficit en potassium est fréquemment observé chez les enfants victimes à la fois d'un régime protéinique insuffisant et de fréquentes diarrhées. De même, lors des activités sportives intenses, il faut apporter un supplément potassique sous forme de fruits frais et secs, de laitage avant, pendant et après la compétition.

Il semble que chez l'Homme, un rapport sodium/potassium égal à 1 soit tout à fait souhaitable. Il n'y a que très peu d'aliments naturels qui sont pauvre en potassium. Les viandes constituent de bonnes sources de potassium, de même que le lait mais moins dans les fromages et les céréales.

Chlore

Le chlore n'en présente que 0,11% du poids total de l'organisme, ils se rencontrent dans les tissus végétaux et animaux. Un des rôles majeurs du chlore est d'entrer dans la composition de l'acide chlorhydrique de l'estomac. Cet acide a plusieurs fonctions ;

- Il ajuste le pH au niveau favorable pour l'action des enzymes ;
- Il est nécessaire pour favoriser l'absorption du fer et probablement d'autres oligoéléments ;
- Il arrête la croissance des micro-organismes présents dans l'alimentation ;

Les membranes cellulaires sont perméables au chlore ce qui permet à celui-ci de contribuer au maintien de la pression osmotique.

L'équilibre acido-basique du sang est maintenu en partie grâce aux déplacements des chlorures entre les cellules sanguines et le plasma. Le chlore est excrété normalement par la transpiration, l'urine et les fesses.

Comme pour le potassium et le sodium il n'y a pas de carence d'apport, une alimentation normale en apporte 1,7 à 5,1 g par jour. Cet apport est considéré comme adéquat et satisfaisant.

Calcium

Le calcium est un élément très important de l'organisme, il est aussi le plus abondant, à la naissance, l'organisme du nouveau-né renferme 25 g de calcium, à 10 ans, notre corps en contient environ 390 g, à 17 ans 800 g, et à l'âge adulte, le squelette en contient environ 1,2 kg.

La plus grande partie du calcium se trouve dans les os et les dents, mais environ 1% du calcium total est distribué dans la musculature et dans le liquide extracellulaire.

Fonctions du calcium

Le calcium représente environ 25% du poids sec de l'os, le calcium est déterminant dans l'édification du squelette et le maintien du capital calcique tout au long de la vie.

Un fœtus à terme présente un pool calcique d'environ 30 à 40 g dans les $\frac{3}{4}$ utilisé dans le dernier trimestre de la grossesse pour la minéralisation des os.

L'enfance est l'adolescence, période de croissance, nécessite également des apports importants afin d'assurer la construction du squelette.

Avec l'avance de l'âge, le capital osseux tend à décroître avec pour conséquent l'ostéoporose qui atteint un très grand nombre de personnes âgées, surtout les femmes. Ces conséquences sont graves, qu'il s'agisse de tassements vertébraux ou surtout des fractures du col du fémur. Cette réduction du capital osseux est essentiellement liée à la baisse du taux d'estrogène à la ménopause. Mais des études récentes ont également mis en évidence le rôle joué par la diminution, avec l'âge, de l'absorption intestinale du calcium, et par des apports calciques alimentaires insuffisants.

Par conséquent, la meilleure solution pratique semble à l'heure actuelle d'augmenter l'absorption de calcium des populations dont nous savons qu'elles sont sensibles à

l'ostéoporose. Ce n'est qu'à partir de 900 à 1000 mg de calcium consommés par jour qu'on se trouve dans une situation normale.

Le rôle protecteur du calcium contre l'hypertension artérielle est, depuis quelque temps, envisagé. Un apport de calcium alimentaire inadéquat ou faible est un facteur principal de développement des troubles cardiovasculaires liés à l'hypertension. Plus la quantité de calcium absorbée par un individu au cours de sa vie est faible, plus sa tension artérielle sera élevée et plus grand sera le risque d'hypertension.

Une autre fonction importante du calcium consiste à intervenir dans la formation du caillot sanguin.

Le calcium est également impliqué dans :

Le contrôle du rythme cardiaque.

L'excitabilité neuromusculaire.

L'activation de nombreux systèmes enzymatiques.

La stimulation de la sécrétion de plusieurs hormones.

La perméabilité de la membrane cellulaire.

Mais le calcium ne peut remplir toutes ses fonctions seul, son action repose sur une subtil association avec ;

- Le phosphore, autre composant essentiel de la trame osseuse, phosphore et calcium sont indissociables, la carence de l'un entraîne la non-utilisation de l'autre.

- La vitamine D indispensable, elle contrôle le taux du calcium et du phosphore dans l'organisme et conditionne leur absorption intestinale.

- Des hormones, comme la calcitonine, qui contrôle elle aussi la régulation des échanges de calcium entre les os et le sang.

Déficience et excès de calcium

Les consommations moyennes de calcium alimentaire sont insuffisantes dans la plupart des pays occidentaux, mais une déficience en calcium seul à peu de chance de se produire chez l'homme. L'organisme dispose de mécanismes protecteurs favorisant une

meilleure utilisation du calcium lorsque l'apport alimentaire est inadéquat. Le rachitisme chez l'enfant et l'ostéomalacie chez l'adulte proviennent d'ordinairement tous d'un manque de vitamines D, qui aboutit à une déficience en calcium.

Une quantité insuffisante de calcium durant la phase de formation des dents peut, par la suite provoquer de sérieux problèmes dentaires. Cependant, le calcium n'est pas le seul à intervenir, le fluor, la consommation d'aliments sucrés, l'hygiène buccale sont autant de facteurs qui influencent la santé des dents.

Par ailleurs la nature et la qualité des apports protéiques semblent également être importantes dans l'utilisation du calcium. Des apports importants en protéines augmentent les besoins en calcium. Un régime riche en fibres pourrait conduire à une diminution dans l'absorption du calcium.

Absorption et excrétion du calcium

L'absorption du calcium dans l'intestin grêle est normalement réglée de façon précise pour faire face aux besoins. 1000 mg arrivent dans le tube digestif vient de s'ajouter aux 600 mg de calcium de sécrétion digestive, ce qui fait 1600 mg seront offerts à l'absorption intestinale.

L'absorption du calcium dépend ;

- De certains états physiologiques tels que la croissance, la grossesse durant lesquelles elle augmente. Mais cette augmentation ne permet pas de compenser l'élévation des besoins.
- Les apports importants en protéines, et en sodium augmentent les besoins en calcium, alors que la présence du lactose des produits laitiers améliore son absorption.
- Le rapport calcium phosphore joue sûrement un rôle dans l'absorption intestinale du calcium et donc dans sa biodisponibilité.
- Le calcium des végétaux peut être gêné par la présence de fibres, de phytates, d'oxalates etc., donc il sera moins absorbé.

L'âge de l'individu est aussi important. Dans les périodes de croissance, de grossesse et d'allaitement, l'organisme absorbe davantage de calcium. Le corps s'adapte en effet remarquablement.

Pour un individu normal, une absorption de 30% du calcium journalier et dans la règle. Généralement, l'absorption de calcium augmente avec l'augmentation de la quantité de calcium ingérée.

L'absorption se fait à la fois par transfert actif et par diffusion passive. La vitamine D est nécessaire pour le transfert, elle agit à la surface des cellules muqueuses permettant le passage du calcium.

Sources du calcium

Le lait et les produits laitiers constituent sans doute la source la plus remarquable du calcium. En plus de calcium le lait contient des protéines, du lactose, des phosphates et souvent de la vitamine D, éléments qui améliorent l'utilisation du calcium.

Le lait de vache renferme à peu près 4 fois plus de calcium que le lait humain, celui de la chèvre à peu près 5 fois plus, et de la brebis à peu près 7 fois plus. Cependant, les nourrissons absorbent environ les 2/3 du calcium présents dans le lait de leur mère, mais seulement 35 à 50% du calcium présent dans le lait de vache. Ceci est un bel exemple de la faculté que possède l'organisme humain de satisfaire strictement ses besoins en calcium.

Les autres éléments pouvant contribuer de façon importante à l'apport calcique sont les légumes-feuilles, les légumes secs, les noix et les fruits secs, les agrumes, les boissons et en particulier les eaux. Mais l'apport par les végétaux peut être minimisé dans certains cas, notamment par la diffusion du calcium dans l'eau de cuisson. Celle-ci peut être évitée par les cuissons à la vapeur et la consommation des eaux de cuisson.

Besoins en calcium

L'évaluation du besoin en calcium est rendue difficile par le fait qu'il existe de grandes différences entre les individus dans leur aptitude à utiliser le calcium alimentaire.

Les nourrissons, les enfants et les adolescents ont des besoins élevés en calcium puisque qu'ils sont en croissance. De même, le calcium est important pendant la grossesse, à cause des besoins du fœtus, et un allaitement réussi demande une gestion accrue de calcium, afin de prévenir une diminution de la masse osseuse de la mère. Les doses journalières recommandées varient considérablement. Un enfant de un à 3 ans a besoin de 600 mg par jour, 700 mg par jour pour les enfants de 4 à 9 ans et pour les enfants de 10 à 12 ans à peu près 900 mg.

Pour les adolescents de 13 à 19 ans les besoins varient entre 1000 et 1500 mg de calcium par jour.

Les adultes ont besoin de 800 mg par jour de calcium. Certaines catégories de consommateurs ont besoin de plus de calcium, une femme enceinte par exemple a besoin de 1000 à 1500 mg par jour et une femme allaitante 1200 mg par jour.

Il semble pourtant évident qu'une bonne partie de la population peut ajuster ses besoins calciques à 500 ou 600 mg par jour sans manifester le moindre symptôme de privation. Les recommandations ci-dessus tiennent compte d'une bonne marge de sécurité.

Phosphore

Le phosphore est un élément non métallique qui a été identifié pour la première fois dans l'urine en 1669. Sous sa forme libre, il est très toxique, brille à l'obscurité et s'enflamme spontanément. Mais dans la nature il n'existe que sous forme combinée souvent avec le calcium dans les os et les roches.

Le phosphore est présent dans l'organisme humain à raison de 1%. Il est l'un des éléments les plus importants car ils participent à pratiquement toutes les réactions de l'organisme.

Fonctions du phosphore

Le phosphore se combine avec le calcium pour la formation et le durcissement des tissus osseux et dentaires.

Le phosphore, outre sa parenté avec le calcium dans le squelette, est important par son rôle dans le métabolisme. Les phosphates inorganiques contribuent au maintien de la neutralité du sang et de l'équilibre acido-basique de l'organisme. De même les groupements phosphates jouent un rôle fondamental dans la reproduction, la transmission des caractères héréditaires, la division cellulaire et la synthèse des protéines.

Les phosphates entrent également dans la composition des phospholipides qui permettent l'émulsification et le transport des graisses et des acides gras. Ils sont de même indispensables à l'oxydation des glucides, pour la production de l'énergie (ATP).

Source du phosphore

L'absorption du phosphore dépend de la vitamine D, mais sa carence ne paraît pas exister. Sa répartition, parmi les aliments, est meilleure que celle du calcium. Les taux les plus élevés se trouvent dans les aliments riches en protéines et dans les céréales.

La viande contient beaucoup de phosphore, surtout les abats, ainsi que les poissons, la volaille, de même que les fromages, le lait, les noix, les produits à base de céréales complètes et les fruits secs.

Magnésium

Le magnésium est un des minéraux les plus abondants dans l'organisme, à raison de 30 g en moyenne. Il se répartit dans le squelette et les dents pour 70%. Les 30% restants contribuent à régulariser l'activité métabolique.

Dans d'autres domaines biologiques, le magnésium remplit de nombreuses fonctions tant chez la plante que chez l'animal. Composant central de la chlorophylle, le pigment vert des plantes, elle est absolument indispensable à l'organisme végétal pour son activité de photosynthèse sans laquelle la vie n'existerait pas.

Fonctions du magnésium

Comme nous l'avant mentionné ci-dessus, la concentration en ions libres de magnésium dans une cellule semble régulariser l'activité métabolique. En tant qu'activateur d'enzymes, le magnésium est nécessaire pour le transfert et la libération d'énergie sous forme de liaisons phosphates dans le métabolisme de molécules d'ATP. Il est aussi vital à l'équilibre du système nerveux, à l'activité des défenses immunitaires et à celles de nombreuses vitamines. Le magnésium est aussi un cofacteur pour les enzymes impliqués dans la synthèse des protéines et des acides nucléiques et il influence la libération de certaines hormones.

Les exemples de carences sont rares, mais ont été observés dans des cas d'alcoolisme et dans divers états de maladies et de malnutrition. Les États de carence de magnésium s'expriment par des troubles neuromusculaires, une diminution de la pression sanguine, des troubles de comportement, de la dépression, de la faiblesse, des tremblements et même des convulsions semblables à celles associées au manque de calcium.

Absorption du magnésium

L'absorption des sels de magnésium est relativement lente et ne se produit que dans l'intestin grêle, car ces sels sont difficilement solubilisés, environ 1/3 du magnésium ingéré et absorbé.

La voie d'absorption empruntée par les sels de magnésium serait la même que celle du calcium, de sorte que pour certains auteurs, une consommation élevée de l'un des sels freinerait l'absorption de l'autre.

Sources alimentaires

La distribution du magnésium dans la nourriture tend à suivre celle des protéines et du phosphore. Le fait de bouillir les légumes provoque des pertes sensibles de magnésium si l'eau de cuisson est jetée.

Les pommes crues contiennent 8 mg de magnésium pour 100 g, les épinards contiennent 88 mg par 100 g et le pain complet contient 78 mg pour 100 g.

Besoins en calcium

Les besoins sont plus élevés lors de la grossesse ou pendant la lactation. Ils dépendent de la taille corporelle et de l'alimentation. Généralement un adulte a besoin de 350 à 400 mg de magnésium par jour. Les symptômes de carence sont longs à se développer chez l'Homme à cause des réserves corporelles. À part les cas déjà mentionnés comme l'alcoolisme et le diabète, les carences en magnésium ne se produisent pas chez l'Homme normal dont l'alimentation est équilibrée.

Les oligo-éléments

Les oligo-éléments, comme les macroéléments, sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Leurs rôles sont très divers, un minéral assure aussi plusieurs fonctions. À noter toutefois qu'en dehors des rôles structurels qu'il pourrait tenir, et sont souvent impliqués dans la régulation de nombreux systèmes enzymatiques.

Si les fonctions du fer ou de l'iode sont connues depuis fort longtemps, c'est récemment qu'on a pu établir le rôle important que joue le zinc dans la croissance et le métabolisme des acides nucléiques, l'influence du chrome sur la tolérance du glucose chez l'homme est le rôle de cuivre dans la formation de collagène.

Il n'est pas possible de classer les oligo-éléments d'une manière simple, car ils diffèrent beaucoup dans leurs fonctions, leur distribution et leurs propriétés chimiques.

Le fer

C'est l'oligo-élément le plus représenté dans l'organisme et qui intervient dans nombreuses fonctions biologiques.

Le corps d'un adulte contient 2,5 à 4 g de fer, dont les 2/3 sont présents dans l'hémoglobine, le reste est en réserve dans le foie, et présent à un moindre degré dans les reins, la rate et d'autres organes.

Bien que le rôle physiologique du fer soit connu depuis longtemps, la carence en fer constitue le trouble nutritionnel le plus répandu dans le monde. Elle touche particulièrement les pays en voie de développement, mais elle est également fréquente dans les pays de niveaux sociaux économiques élevés.

Dans le cas des pays industrialisés, la réduction des apports énergétiques observés au cours des dernières décennies et la faible densité en fer de l'alimentation rend difficile la satisfaction des besoins en fer de larges groupes de population.

En cas de déficience de fer, il y a risque de diminution ou de hémoglobine ou synthèse, mais également au risque de perturbations métaboliques au niveau des muscles squelettiques et cardiaques, du cerveau et du foie, de la synthèse de l'ADN et du collagène, de la régulation de la température, des capacités de défense immunitaire, etc. Alors qu'une surcharge en fer due à l'alimentation est rare, elle n'arrive que dans des situations spéciales et entraîne un accroissement important des réserves de fer et finalement la cirrhose du foie.

Absorption du fer

L'absorption du fer commence dans l'estomac et se poursuit dans tout l'intestin grêle. Le taux de fer est régularisé principalement par l'absorption intestinale. Seuls de petites quantités présentes dans les urines, la sueur, les cheveux, les ongles, ainsi les pertes provoquées par les menstruations, ont besoin d'être remplacés.

Le fer présent dans les céréales, les légumes et les graines de légumineuses à l'exception du soja, n'est que faiblement absorbé, soit un à 5 %, pour les autres aliments l'absorption est un peu meilleure, par exemple pour la viande et les poissons 20 à 25% (fer héminique, le soja 20 %. L'acide ascorbique et autres substances réductrices analogue facilite

l'absorption du fer ingéré sans que le mécanisme en soit bien connu. Alors que, de nombreux inhibiteurs et autres activateurs modifient l'absorption du fer, les phytates, les tanins et les phosphates du lait.

L'absorption s'accroît aussi après hémorragie, par suite d'une anémie, etc. Elle augmente aussi pendant la grossesse et la lactation.

L'absorption du fer se fait toujours sous forme de fer ferreux. Une fois dans la cellule, le fer peut être stocké sous forme de ferritine, protéines de stockage de fer au passé directement dans le flux sanguin, où il est lié à la transferrine, protéine de transport du fer.

Fonctions du fer

Le fer se trouve dans le sang, associé à la transferrine, sous la forme d'un pigment que l'on appelle hémoglobine, cette hémoglobine est présente dans les globules rouges, elle sert à transporter l'oxygène des poumons aux cellules de l'organisme et à ramener le gaz carbonique au poumon. La durée de vie d'un globule rouge est de 120 jours, après il est détruit dans la rate, l'hémoglobine est décomposée, le fer est libéré et réutilisé en grande partie pour former de nouveaux globules rouges. Dans les conditions normales, le corps perd moins de 1 mg de fer par jour. S'il y a un surplus de fer, ce dernier est stocké dans le foie, la rate ou la moelle osseuse.

20 à 30% du fer se trouve dans les protéines de stockage, ferritine et hémosidérine, alors que 60 à 75% du fer dans le corps se trouve dans l'hémoglobine, chaque molécule d'hémoglobine peut transporter 4 molécules d'oxygène. Elle est donc essentielle pour l'oxygénation de chaque cellule. Une très faible quantité est présente dans d'autres tissus, ce fer est disposé dans :

- Le réseau chromatique du noyau cellulaire.
- Les cytochromes, pigments respiratoires cellulaires.
- De nombreuses enzymes qui permettent des réactions d'oxydoréduction (cytochrome-oxydase).
- La myoglobine du muscle qui, du point de vue chimique et fonctionnel, est très semblable à l'hémoglobine et qui représente environ 3% du fer total.

Le fer doit sa très grande utilité du fait qu'il est essentiel à la constitution des globules rouges et à la capacité de l'hémoglobine à fixer l'oxygène. Cet oligo-élément est l'objet de carences de plus en plus fréquentes.

Un défaut de faire dans l'alimentation des enfants, des adolescents et des femmes particulièrement des femmes enceintes ou allaitantes entraînent une anémie nutritionnelle caractérisée par une diminution de l'hémoglobine, des hématies petites et peu colorées, une déplétion des réserves et un taux de fer plasmatique inférieur à 40 mg par 100 ml. l'anémie ferriprive, comme les autres anémies, diminue la capacité du sang à transporter l'oxygène, ce qui se traduit, si la maladie est grave, par la pâleur, la faiblesse, un manque de souffle et d'appétit et un ralentissement général des fonctions vitales de l'organisme.

Sources du fer

Le fer est très répandu dans les aliments, et la plupart des régimes alimentaires en contiennent suffisamment pour couvrir les besoins. La viande, la volaille et le poisson d'une part, les céréales et farines complètes, les farines raffinées mais enrichies, le pain même blanc mais enrichi d'autre part, les légumes à feuilles vertes ou jaunes contribuent également à la couverture du besoin, mais le fer présent dans les produits végétaux est mal absorbé s'il n'est pas accompagné d'acide ascorbique.

Il n'y a aucune corrélation entre le fer total et le fer biodisponible, un muscle, peut en effet être riche en fer, mais une grande partie de celui-ci peut être constituée de fer non héminique.

Besoins en fer

les pertes basale en fer d'un homme adulte de 65 kg sont de 0,9mg par les urines, sueur, etc. Ces pertes basales sont largement des besoins spécifiques qui doivent être compensés par l'alimentation. Comme l'absorption du fer alimentaire se situe entre 10 et 20%, un apport journalier de 10 mg devrait couvrir le besoin de l'homme adulte et de 18 mg pour les femmes de poids moyens, cette différence est due au renouvellement plus fréquent de la masse sanguine chez la femme à cause des pertes menstruelles.

En raison des nombreuses variations qui entrent en jeu, il est difficile de déterminer avec précision les besoins en fer de chaque individu, un éventuel supplément ferrugineux ne devrait être pris que sous contrôle médical.

Le zinc

La présence du zinc dans les organismes vivants et son rôle comme éléments nutritifs sont signalés depuis longtemps. La teneur en zinc du corps d'un homme de 70 kg est estimée à 1,5 à 2 g. Les concentrations les plus élevées se trouvent dans le foie, les reins, la prostate, les os, les muscles, la rétine, le sang et les cellules spermatiques.

Fonctions du zinc

Cet oligo-élément remplit plusieurs fonctions biochimiques importantes dans le métabolisme humain, principalement par son rôle dans les enzymes, tel que la nucléoside-phosphatase, qui intervient dans le développement des lymphocytes T, donc il est fondamental dans le système immunitaire. Il est très important pour le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides. Après une malnutrition, la consommation d'aliments riches en zinc permet à l'individu de gagner du poids.

Besoins en zinc

Le besoin en zinc de l'homme adulte est évalué, autour de 15 mg par 24 h. Pendant la croissance, la grossesse et la lactation, les besoins sont encore plus grands.

La carence en zinc dans l'alimentation humaine a été étudiée en plusieurs pays, les manifestations en sont une croissance défectueuse et de l'infantilisme sexuel un développement anormal des organes génitaux, de l'inappétence, des lésions cutanées, une léthargie mentale, de la diarrhée, une cicatrisation ralentie des plaies, ainsi que des troubles du goût et de l'odorat.

Une déficience en zinc peut apparaître lorsque l'ingestion est insuffisante pendant des périodes prolongées, où lorsque le régime contient un excès d'inhibiteur (phytates et fibres) de l'absorption du zinc, une carence en zinc peut également être due à une consommation excessive d'alcool.

Sources de zinc

Les meilleures sources de zinc sont les produits animaux, les viandes de bœuf et d'agneau en contiennent de 2 à 6 mg par 100 g, le lait de 0,3 à 0,5 mg, le poisson et autres produits de la mer 1,5 mg. Les légumes et les produits raffinés en contiennent très peu, les huîtres constituent une source exceptionnellement riche.

Le cuivre

Le cuivre est essentiel à la synthèse de l'hémoglobine et à l'utilisation du fer. En moyenne, le corps humain contient entre 100 et 150 mg de cuivre. Les concentrations les plus élevées se trouvent dans les cheveux, la peau, les muscles, les os et le foie.

Fonctions du cuivre

Entre 90 et 95% de cuivre sanguin se trouve dans les protéines plasmatiques et intervient dans l'absorption et le transfert du fer. Le cuivre est indispensable pour la synthèse des protéines du tissu conjonctif (le collagène, os, peau).

Le cuivre est un constituant de plusieurs autres enzymes, tel que la cytochrome oxydase et la super oxydase dismutase, qui font partie respectivement des systèmes de respiration cellulaire et de défense. Il est aussi essentiel dans la structure et le fonctionnement des systèmes nerveux et dans la formation de la mélanine, pigment de la peau.

Besoins et sources du cuivre

Les besoins semblent se situer vers un à 3 mg par jour. Le cuivre est largement réparti dans les aliments et un régime ordinaire, même de qualité médiocre, apporte entre 2 à 3 mg par jour, ce qui couvre les besoins de l'homme.

Les sources les plus riches sont les abats, les crustacés, les coquillages les légumes secs et le cacao. Le lait de vache est bien plus pauvre en cuivre, tandis que le lait humain répond aux exigences du nourrisson dans la plupart des cas.

Le manganèse

C'est un oligo-élément relativement abondant dans l'écorce terrestre, essentiel à la bonne croissance des animaux et de l'homme.

La quantité de manganèse présente dans le corps d'un adulte est de 0,47 g. Alors que pour un nouveau-né est de 0,26 g.

Fonctions du manganèse

Le manganèse intervient dans presque toutes les cellules de l'organisme. Il est plus abondant dans l'hypophyse, les glandes mammaires, le foie, le pancréas, les reins, la paroi intestinale et les os. Comme d'autres oligo-éléments, le manganèse est le cofacteur de nombreuses enzymes. Il intervient essentiellement dans la synthèse des glucides complexes et des protéines complexes.

Besoins et sources du manganèse

Les besoins sont si faibles par rapport à la quantité de manganèse présente dans les aliments et de ce fait, une déficience chez l'homme est peu probable.

Pour l'adulte, il semble que 2,5 à 5 mg par jour de manganèse soit une dose adéquate. Pour l'enfant âgé de 1 à 3 ans, la dose journalière se situe autour de 1 à 1,5 mg. Le corps ne retient que 30 mg de manganèse par jour.

Le manganèse est largement répandu dans tous les aliments. Le thé en est exceptionnellement riche, une tasse peut en contenir plus de 1,3 mg.

Fluor

Le fluor se trouve essentiellement dans les dents et le squelette. Sa présence en très faible quantité dans les dents est nécessaire pour protéger au maximum contre la carie dentaire. En ce sens, le fluor est un élément nutritif essentiel.

Pour protéger les dents de la carie dentaire il faut une quantité de fluor ne provoquant aucun dommage à l'organisme. Si la concentration du fluor dans l'eau dépasse 2 mg par litre, on observe l'apparition de petites taches brunes sur les dents qui ne sont pas dangereuses. On peut réduire cette teneur excessive en fluor par un traitement aux échanges d'ions. Si la concentration de fluor tombe à 1mg/l, aucune tâche n'apparaît, par contre l'incidence des caries dentaires chez les enfants est réduite de 50% et plus.

Fonctions du fluor

Une partie de fluor consommé pendant l'enfance s'incorpore à l'émail dentaire et le rend plus résistant aux acides organiques faibles, qui se forment à partir des aliments qui adhèrent aux dents, cela réduit beaucoup les risques de caries.

Le fluor joue un rôle très important dans les réactions biochimiques. Il active certaines enzymes et en inhibe d'autres.

Le fluor est rapidement absorbé dans l'intestin et distribué dans tout l'organisme. La principale voie d'excrétion est la voie urinaire, environ 80% du fluor ingéré sont éliminés chez l'enfant et cela peut aller jusqu'à 98% chez l'adulte.

Besoins et sources du fluor

Une alimentation ordinaire apporte à l'adulte de 0,25 à 0,3 mg de fluor par jour, auquel s'ajoute de 1 à 1,5 mg par l'eau de boisson et de cuisson des aliments qui ont

renferment généralement 1mg/l. Chez l'enfant de 1 à 12 ans, l'eau apporte de 0,4 à 1 mg par jour.

Le fluor est largement mais inégalement répartis dans la nature. Beaucoup d'aliments en contiennent, les arêtes et les petits poissons que l'on mange entièrement en sont une bonne source. Le thé en contient également mais il n'est apparemment pas utilisé par l'être humain, certains légumes verts comme les épinards et la laitue et certains fruits comme la pomme en contiennent un peu moins.

Le sélénium

C'est un oligo-élément très controversé il n'y a pas si longtemps, certains l'ayant même considéré comme un poison mortel, le sélénium est maintenant reconnu indispensable à la vie.

La fonction biochimique essentielle de sélénium est sa présence dans l'enzyme glutathionne peroxydase qui, avec la vitamine E et d'autres antioxydants, protège les composants vitaux de la cellule contre les dommages provoqués par l'oxydation.

Il stimule le processus de renouvellement des cellules sous le contrôle de l'ADN, et aurait même le pouvoir de protéger contre les effets toxiques de la pollution.

Le sélénium se trouve dans les aliments et les plantes utilisées comme fourrage. Il est aussi présent dans les légumes secs, les céréales, le poivron rouge, l'ail, etc. Les poissons malgré leurs fortes teneurs en sélénium, ne sont qu'une source secondaire du fait de la mauvaise biodégradabilité de cet oligoélément.

Les doses journalières considérées comme sûrs et adéquats sont différentes, certains rapports laissent entendre que la déficience en sélénium pourrait être un facteur aggravant de certains types de malnutrition protéino-calorique. Il a été confirmé aussi que des doses élevées de sélénium entraînent chez l'homme des caries dentaires.

Un enfant de 1 à 3 ans a besoin de 20 microgrammes de sélénium par 24 h, à l'âge de 4 à 9 ans l'enfant a besoin de 30 microgrammes par 24 h et à partir de 10 ans le besoin s'accroît jusqu'à 40 microgrammes par 24 h. Les adolescents ont besoin à peu près de 60 microgrammes de sélénium par 24 h. Un homme adulte a besoin de 70 microgrammes par 24 h de sélénium.

Le cobalt

Le cobalt est un élément essentiel pour l'homme. Il existe dans les minerais liés au soufre et à l'arsenic. La seule fonction certaine du cobalt est celle de constituant de la vitamine B₁₂ (cobalamine) qui ont contient 4 %. Les aliments d'origine végétale contiennent les taux les plus élevés de cobalt.

Le cobalt est absorbé dans les tractus intestinal, mais la majeure partie est éliminée par l'urine. L'organisme humain n'en retient que très peu et cette fraction n'a pas d'utilisation physiologique puisque l'organisme ne peut synthétiser la vitamine B₁₂.

On estime l'absorption journalière de 150 à 600 microgrammes de cobalt comme une dose adéquate.

Références bibliographiques

Cheftel JC, Cheftel H, Besançon A. (1984). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. *Tec & Doc*, 405p.

Dilmi-Bouras A. (1998). Les constituants alimentaires et leur rapport avec la santé. *OPU*, 272p.

Dupin H. (1992). Alimentation et nutrition humaines. *Ed ESF*.

Duran C. (2005). Nourrir la machine humaine. *McGill-Queen's University Press*, 301p.

FAO (2001). La nutrition dans les pays en développement. *Rapport d'experts*.

Fardet A et al. (2013). Structure des aliments et effets nutritionnels. *Ed Quae*.

Jacoto B & Campillo B. (2003). Nutrition humaine. *Ed Masson*.

Louisot P. (1974). Biochimie ; structure (les lipides). *Tec & Doc*, 87p.

Table des matières

Avant-propos	2
Liste des tableaux	3
Introduction	5
1. Glucides	8
Introduction	8
Monosaccharides	8
Glucose	9
Fructose	9
Galactose	9
Disaccharides	9
Saccharose	10
Lactose	10
Maltose	11
Oligosaccharides	11
Polysaccharides	11
Amidon	11
Propriétés physiques des amidons	12
Propriétés fonctionnelles de l'amidon	13
Glycogène	13
Les glucides en agroalimentaire	14
Sucres dérivés par hydrolyse	15
Exemple : La biscuiterie	15
Détermination du pourcentage d'amidon dans la biscotte et le pain	16
Digestion des glucides	19
2. Protéines	22
Acides aminés	22
Structure des protéines	27
Classification des protéines	30
Métabolisme des protéines	31
Digestion et absorption des protéines	31
3. Lipides	32
Définition	32
Classification des lipides	32

Propriétés des lipides	33
Propriétés physiques	33
Propriétés chimiques	35
Propriétés de la fonction.....	35
Propriétés de la chaîne carbonée.....	36
Les huiles végétales	38
Définition	38
Classification des huiles	38
Les huiles siccatives	38
Les huiles demi-siccatives.....	38
Les huiles non-siccatives.....	38
Composition des huiles	39
Technologie de l'obtention des huiles végétales.....	41
Procédé technologique de l'obtention de l'huile à partir des graines oléagineuses.....	42
Intérêt nutritionnel	47
Exemple : Huile d'olive	47
Huile d'olive vierge.....	48
Huile d'olive raffinée.....	48
Composition de l'huile d'olive	50
Technologie de préparation d'huile d'olive	51
Extraction d'huile d'olive	52
Stockage	54
Intérêt nutritionnel de la consommation de l'huile d'olive	54
Normes et législation	56
Exemple : L'œuf	57
Intérêt nutritionnel	57
Etude du pourcentage respectif du blanc et du jaune d'œuf.....	58
Lécithines et cholestérol du jaune d'œuf	59
Extraction	59
Cholestérol.....	59
Choline et phosphates.....	61
Hydrolyse.....	61
Caractérisation de la choline.....	62
Protéines : dosage de l'ovovitelline du jaune d'œuf par gravimétrie	62

4. Vitamines	64
Vitamines liposolubles	64
Vitamine A	64
Provitamine A et activité totale	65
Avitaminose A.....	65
Fonction de la vitamine A	66
Sources alimentaires de la vitamine A.....	67
Besoin en vitamine A.....	67
Toxicité	68
Vitamine D	68
Carence en vitamine D.....	69
Métabolisme de la vitamine D.....	69
Absorption.....	70
Diffusion	70
Fonctions de la vitamine D.....	70
Sources de vitamine D	70
Besoins en vitamine D	71
Toxicité	71
Vitamine E (tocophérol)	72
Carence en vitamine E	72
Métabolisme	72
Fonctions de la vitamine E	73
Sources de la vitamine E.....	73
Besoins en vitamine E	74
Toxicité	74
Vitamines hydrosolubles.....	74
Vitamine C (acide l-ascorbique).....	74
Carence en vitamine C	75
Métabolisme	75
Fonctions de la vitamine C	76
Sources alimentaires	76
Vitamine B9 (acide folique)	77
Carence en vitamine B9	77
Métabolisme	77

Fonctions de la vitamine B 9	78
Sources alimentaires	78
Besoins en vitamine B 9	78
Toxicité.....	79
Vitamine B 12 (cobalamine ou cyanocobalamine)	79
Carence en vitamine B 12	79
Métabolisme	79
Fonctions	79
Sources alimentaires	80
Besoins en vitamine B 12.....	80
Toxicité.....	80
Mise en évidence de la vitamine A dans le lait entier	80
Saponification.....	80
5. Sels minéraux.....	82
Introduction	82
Rôle des sels minéraux	82
Pression osmotique	82
Un flux nerveux et contraction musculaire.....	83
Équilibre acido-basique	83
Les macroéléments.....	84
Sodium	84
Potassium	85
Chlore.....	85
Calcium	86
Fonctions du calcium	86
Déficiences et excès de calcium.....	87
Absorption et excrétion du calcium.....	88
Sources du calcium.....	89
Besoins en calcium	89
Phosphore	90
Fonctions du phosphore	90
Source du phosphore	91
Magnésium	91
Fonctions du magnésium	91

Absorption du magnésium.....	92
Sources alimentaires	92
Besoins en calcium.....	92
Les oligo-éléments.....	92
Le fer	93
Absorption du fer.....	93
Fonctions du fer.....	94
Sources du fer	95
Besoins en fer.....	95
Le zinc.....	96
Fonctions du zinc	96
Besoins en zinc	96
Sources de zinc.....	96
Le cuivre	97
Fonctions du cuivre.....	97
Besoins et sources du cuivre	97
Le manganèse.....	97
Fonctions du manganèse	97
Besoins et sources du manganèse	98
Fluor	98
Fonctions du fluor.....	98
Besoins et sources du fluor	98
Le sélénium	99
Le cobalt	100
Références bibliographiques.....	101
Duran C. (2005). Nourrir la machine humaine. <i>McGill-Queen's University Press</i> , 301p.....	101
FAO (2001). La nutrition dans les pays en développement. <i>Rapport d'experts</i>	101
Fardet A et al. (2013). Structure des aliments et effets nutritionnels. <i>Ed Quae</i>	101
Jacoto B & Campillo B. (2003). Nutrition humaine. <i>Ed Masson</i>	101

