

rida

mounira.ariech@univ-msila.dz

**PRÉAMBULE :**

Ce polycopié est destiné aux étudiants de la troisième année LMD, option : Alimentation, Nutrition et Pathologies du domaine des SNV et organisé selon le programme assigné par le CPND.

**Volume horaire :** **45 heures de cours étalées sur 15 semaines.**

**Semestre : *6***

**Unité d’enseignement méthodologie UEM 3.2.1(O/P) : L’industrie Alimentaire**

**Matière 2 : Les microorganismes dans l’industrie Agro-alimentaire**

**Crédits : 5**

**Coefficient : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

L’étudiant sera capable de décrire la relation entre les microorganismes et l’industrie agroalimentaire, les différents types de microorganismes intervenant dans la microbiologie alimentaire.

**Connaissances préalables recommandées**

Avoir des acquis en TC (biochimie et microbiologie ).

**CONTENU DE LA MATIERE MIAA:**

1. **Introduction succincte aux grands groupes d'aliments**

(Classification des aliments selon leurs constituants : protéines, lipides, glucides, eau, éléments minéraux, vitamines, etc.)

1. **Micro organismes intéressants la microbiologie alimentaire**

(Classification, description des genres et espèces, rôle et effets bénéfiques et nuisibles).

- Ferments lactiques (streptocoques, lactobacilles, bifidobactéries) ;

- Entérobactéries ;

- Bactéries saprophytes ;

- Microcoques ;

- Bactéries sporulées ;

- Vibrions ;

- Actinobactéries ;

- Brucelles ;

- Moisissures ;

- Levures.

1. **Altérations microbiennes des aliments et moyens de lutte**

1. Divers aspects de la bactériologie alimentaire.

2. Facteurs influençant la flore d'altération des aliments.

- Facteurs du milieu (pH, Aw, pression osmotique, température, salinité, etc.).

- Facteurs induits par l'effet de traitements physiques et physico-chimiques.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Sommaire** | | |
|  | **Préambule**.................................................................................................................................................... | 02 |
|  |  |  |
| **Chapitre I : Introduction succincte aux grands groupes d'aliments** | | |
|  |  |  |
| **I.1.** | **Classification des aliments selon le constituant majeur**....................................... | 07 |
| **I.2.** | **Classification des aliments selon la nature des nutriments qui les composent** | 07 |
| **I.3.** | **Classification des aliments selon leur rôle dans le corps**................................... | 09 |
| **I.3.1.** | Macronutriments énergétiques et structuraux.............................................................................. | 09 |
| **I.3.2.** | Minéraux : nutriments structuraux et catalytiques..................................................................... | 09 |
| **I.3.3.** | Vitamines : des nutriments très particuliers.................................................................................... | 10 |
| **I.3.4.** | Autres constituants alimentaires d’intérêt nutritionnel.............................................................. | 10 |
| **I.3.5.** | Additifs alimentaires................................................................................................................................. | 10 |
| **I.3.6.** | Composés nocifs ou toxiques présents dans les aliments.......................................................... | 10 |
|  |  |  |
| **Chapitre II : Les micro-organismes intéressants la microbiologie alimentaire** | | |
|  |  |  |
| **II.1.** | **Ferments lactiques (Lactobacilles, Streptocoques et Bifidobactéries)**.......... | 11 |
| **II.1.1.** | Présentation des bactéries lactiques.................................................................................................... | 11 |
| **II.1.2.** | Action des bactéries lactiques dans les aliments............................................................................ | 11 |
| **II.1.3.** | Principaux genres des bactéries lactiques........................................................................................ | 12 |
| **II.1.3.1.** | Genre *Lactobacillus...................................................................................................................................* | 12 |
| **II.1.3.2.** | Genre *Streptococcus.................................................................................................................................* | 13 |
| **II.1.3.3.** | Genre *Bifidobacterium............................................................................................................................* | 13 |
| **II.2.** | **Entérobactéries**...................................................................................................................................... | 14 |
| **II.2.1.** | Généralités.................................................................................................................................................... | 14 |
| **II.2.2.** | Coliformes.................................................................................................................................................... | 15 |
| **II.2.3.** | Coliformes fécaux ou thermotolérants.............................................................................................. | 15 |
| **II.2.4.** | *Escherichia coli...........................................................................................................................................* | 15 |
| **II.2.5.** | *Salmonella....................................................................................................................................................* | 16 |
| **II.2.6.** | *Shigella..........................................................................................................................................................* | 17 |
| **II.3.** | **Bactéries saprophytes**............................................................................................................................... | 17 |
| **II.3.1.** | Saprophytisme............................................................................................................................................ | 17 |
| **II.3.2.** | Bactéries saprophytes .............................................................................................................................. | 17 |
| **II.3.3.** | *Listeria*............................................................................................................................................................ | 18 |
| **II.3.4.** | *Pseudomonas...............................................................................................................................................* | 18 |
| **II.4.** | **Microcoques**............................................................................................................................................... | 19 |
| **II.4.1.** | Généralités.................................................................................................................................................... | 19 |
| **II.4.2.** | *Staphylococcus aureus............................................................................................................................* | 19 |
| **II.4.2.1.** | Principaux pathologies dues à *staphylococcus aureus............................................................* | 19 |
| **II.4.2.2.** | Toxi-infections alimentaire (TIA) dues à *S. aureus....................................................................* | 20 |
| **II.4.3.** | *Micrococcus................................................................................................................................................* | 20 |
| **II.5.** | **Bactéries sporulées**............................................................................................................................ | 20 |
| **II.5.1.** | Généralités.................................................................................................................................................... | 20 |
| **II.5.2.** | Bactéries sporulées aérobies.................................................................................................................. | 20 |
| **II.5.2.1.** | Intoxications alimentaires dues à *Bacillus cereus.........................................................................* | 21 |
| **II.5.2.2.** | Maladie du charbon est due à *Bacillus anthracis......................................................................* | 21 |
| **II. 5.2.3.** | Activité enzymatique de *Bacillus subtilis........................................................................................* | 22 |
| **II.5.3.** | Bactéries sporulées anaérobies............................................................................................................. | 22 |
| **II.5.3.1.** | Toxi-infections alimentaires à *Clostridium perfringens.........................................................* | 22 |
| **II.5.3.2.** | Botulisme du à *Clostridium botulinum............................................................................................* | 22 |
| **II.5.3.3.** | Tétanos........................................................................................................................................................... | 23 |
| **II.6.** | **Vibrions**...................................................................................................................................................... | 23 |
| **II.6.1.** | Généralités.................................................................................................................................................. | 23 |
| **II.6.2.** | Choléra......................................................................................................................................................... | 23 |
| **II.6.3** | Campylobacteriose................................................................................................................................... | 24 |
| **II.6.4.** | *Aeromonas.*.................................................................................................................................................. | 24 |
| **II.6.5.** | *Plesiomonas*.................................................................................................................................................. | 24 |
| **II.6.6.** | *Pectinatus*...................................................................................................................................................... | 24 |
| **II. 7.** | **Actinobactéries**........................................................................................................................................... | 24 |
| **II.7.1.** | Généralités................................................................................................................................................... | 24 |
| **II.7.2.** | *Propionibacterium.....................................................................................................................................* | 25 |
| **II.7.3.** | Bactéries corynéformes saprophytes................................................................................................ | 25 |
| **II.7.4.** | *Streptomyces...............................................................................................................................................* | 26 |
| **II.7.5.** | Mycobacterium.......................................................................................................................................... | 26 |
| **II.8.** | **Brucelles**.................................................................................................................................................... | 27 |
| **II.8.1.** | Généralités................................................................................................................................................... | 27 |
| **II.8.2.** | Définition de la brucellose.................................................................................................................... | 27 |
| **II.8.3.** | Mode de transmission à l’homme....................................................................................................... | 28 |
| **II.8.4.** | Physiopathologie de la brucellose....................................................................................................... | 28 |
| **II.8.5.** | Signes cliniques de la brucellose selon le type............................................................................ | 28 |
| **II.8.6.** | Etiologie bactérienne............................................................................................................................... | 29 |
| **II. 9.** | **Moisissures**................................................................................................................................................... | 29 |
| **II.10.** | **Levures** .......................................................................................................................................................... | 30 |
| **II. 10.1.** | Généralités................................................................................................................................................... | 30 |
| **II.10.2.** | Position taxonomique............................................................................................................................... | 30 |
| **II.10.3.** | Espèces de levure utilisées en industries agroalimentaires..................................................... | 31 |
| **II.10.4.** | Espèces de levure qui contaminent les denrées alimentaires................................................. | 31 |
| **II.10.5.** | Effets............................................................................................................................................................... | 31 |
|  |  |  |
| **Chapitre III : Altérations microbiennes des aliments et moyens de lutte** | | |
|  |  |  |
| **III.1.** | **Diverses aspects de la microbiologie alimentaire**......................................................................... | 32 |
| **III.1.1.** | Origine des micro-organismes des aliments................................................................................... | 32 |
| **III.1.2.** | **Micro-organismes utiles**......................................................................................................................... | 32 |
| **III.1.2.1.** | Fermentations.............................................................................................................................................. | 33 |
| **III.1.2.2.** | Autres utilisations microbiennes dans le domaine alimentaire............................................... | 34 |
| **III.1.2.3.** | Mise en œuvre des fermentations industrielles............................................................................. | 34 |
| **III.1.3.** | **Microorganismes d’altération**............................................................................................................... | 36 |
| **III.1.3.1.** | Autres causes d’altération alimentaire............................................................................................. | 36 |
| **III.1.3.2.** | Altérations provoquées par les microorganismes......................................................................... | 36 |
| **III.1.3.3.** | Types des bactéries d’altération............................................................................................................ | 37 |
| **III.1.4.** | **Micro-organismes « marqueurs » ou témoins de la qualité hygiénique**....... | 39 |
| **III.1.5.** | **Micro-organismes pathogènes**............................................................................................................. | 40 |
| **III.1.5.1.** | Différentes catégories de maladies liées à la consommation des aliments.......................... | 40 |
| **III.1.5. 2.** | Principaux micro-organismes pathogènes d’origine alimentaire.......................................... | 41 |
| **III.2.** | **Facteurs influençant la flore d’altération des aliments**...................................................... | 46 |
| **III.2.1.** | **Facteurs du milieu influençant la flore d’altération des aliments (pH, Aw, pression osmotique, température, salinité, etc.)**................................................................................. | 46 |
| **III.2.1.1.** | Facteurs intrinsèques................................................................................................................................ | 46 |
| **III.2.1.1.1.** | Activité de l’eau.......................................................................................................................................... | 46 |
| **III.2.1.1.2.** | pH.................................................................................................................................................................... | 48 |
| **III.2.1.1.3.** | Potentiel d’oxydoréduction.................................................................................................................... | 49 |
| **III.2.1.1.4.** | Facteurs nutritifs........................................................................................................................................ | 49 |
| **III.2.1.1.4 .1.** | Substances antimicrobiennes................................................................................................................ | 49 |
| **III.2.1.1.4 .2.** | Constituants naturels............................................................................................................................... | 50 |
| **III.2.1.1.4 .3.** | Facteurs produits lors du stockage...................................................................................................... | 50 |
| **III.2.1.2.** | Facteurs extrinsèques............................................................................................................................... | 50 |
| **III.2.1.2.1.** | Température et humidité........................................................................................................................ | 50 |
| **III.2.1.2.2.** | Atmosphère de conservation................................................................................................................. | 50 |
| **III.2.2.** | **Facteurs induits par l’effet de traitement physiques et physico-chimiques** | 51 |
| **III.2.2.1.** | Définition des termes fréquemment utilisés.................................................................................... | 51 |
| **III.2.2.2.** | Conditions affectant l’efficacité de l’activité des agents antimicrobiens.............................. | 52 |
| **III.2.2.3.** | Utilisation de méthodes physiques dans le contrôle..................................................................... | 52 |
| **III.2.2.4.** | Utilisation d’agents chimiques dans le contrôle............................................................................ | 53 |
|  | **Références bibliographiques** | 55 |
|  | **Glossaire** | 56 |

**Chapitre I : Introduction succincte aux grands groupes d'aliments**

Nous mangeons et buvons tous les jours, ceci correspond à la satisfaction de notre besoin d’apport quotidien d’énergie et de matière. Cet apport se fait sous forme d’aliments solides et liquides. Ce sont des substances complexes, le plus souvent naturelles, ayant subit ou non un traitement technologique et/ou culinaire, conservés avec ou sans traitement particulier. Les aliments sont consommés en raison de leur valeur d’apport d’énergie et/ou de matière, mais aussi en raison de leurs qualités organoleptiques, émotionnelles et sociologiques. En matière de classification des aliments, on peut les regrouper :

* Selon leur constituant en nutriments majeur (les aliments gras, les aliments riches en amidon , les aliments riches en protéines,...).
* Selon les nutriments (les glucides, les lipides, les vitamines et les protéines) ;
* Selon leur rôle dans la nutrition humaine (les aliments énergétique, les aliments ayant un rôle protecteur et ceux qui servent à la constitution et la cicatrisation du corps) .
* Selon leur origine, animale ou végétale. Tous les aliments, d’origine animale ou végétale, contiennent un ensemble de nutriments. le sucre blanc raffiné, qui est constitué de cent pour cent de glucides (saccharose) est une exception.
* ou selon leur valeur commerciale (par exemple, les céréales, les racines et les tubercules, les noix et les oléagineux, les fruits et les légumes à feuilles).

**I.1. Classification des aliments selon le constituant majeur**

Les aliments qui constituent l'alimentation de l'homme peuvent être classés en sept groupes selon leur composition chimique (Tableau1) :

**I.2. Classification des aliments selon la nature des nutriments qui les composent**

Sous leur apparence de complexité et de variété d’aspect et de goût, les aliments tirent en réalité leur valeur nutritive d’un nombre relativement restreint de substances. Ces substances nutritives sont les nutriments, absorbables par l’intestin et nécessaires aux structures et activités cellulaires.

On distingue :

* **Macronutriments:** il s’agit au sens large des protéines, des lipides et des glucides, dont l’apport est indispensable en quantités importantes ( de l’ordre de dizaines de grammes par jour),
* **Micronutriments:** il s’agit de la plupart des minéraux et les vitamines dont les apports se situent dans la gamme de µg ou mg/jour.

Fait important, les macronutriments sont le plus souvent des molécules de grande taille et de structure complexe qui nécessitent une dégradation préalable (digestion) en molécules suffisamment petites et simples pour être absorbées. Ainsi :

* les protéines sont la source d’acides aminés ;
* les lipides, d’acides gras, de cholestérol, de glycérol, etc. ;
* les glucides complexes sont sources d’oses, tels que glucose, galactose, fructose, xylose et des dérivés tel le sorbitol, etc.

Pour être strict, il convient de parler de **« molécules sources de nutriments »** lorsqu’il s’agit des protéines, des glucides et des lipides, alors que les acides aminés, les acides gras, le cholestérol, les divers oses, les vitamines et les minéraux peuvent être considérés comme les **« nutriments cellulaires »** (Figure1).

**Tableau 1.** **Classification des aliments selon le constituant majeur**

|  |  |
| --- | --- |
| **Groupe1 :**  L’eau, **les liquides et les b**oissons. | Toutes les boissons apportent l'eau, les ions minéraux et les oligo-éléments nécessaires au fonctionnement des cellules. Le corps humain est constitué de plus de 60 % d’eau. Il faut boire plusieurs fois par jour, même au-delà de l’envie de se désaltérer, en fonction des pertes liées au climat et de l’activité physique. Il faut veiller à ne pas consommer trop de boissons sucrées. |
| **Groupe2 :**  **Les fruits et les légumes frais.** | Ces aliments frais sont riches en eau, en minéraux et oligo-éléments, en vitamines et en fibres alimentaires. Ils ont une assez faible valeur énergétique : pauvres en graisses, leur teneur en sucres est variable. En raison de leurs qualités nutritionnelles, ils doivent être présents à chaque repas et il est conseillé de les diversifier au maximum. |
| **Groupe 3 :**  **Les pains,**  **les céréales,**  **les féculents et les légumes secs** | Appartiennent à ce groupe les pains, les céréales, les féculents (pommes de terre, riz, pâtes, semoules...) et les légumes secs (pois, haricots, lentilles...) Ces aliments riches en sucres lents ont une bonne valeur énergétique avec l’amidon et contribuent aussi aux apports en fibres alimentaires, en vitamines B, en minéraux (fer et magnésium.) Ils doivent être présents à tous les repas en quantité suffisante car ils assurent la couverture des besoins énergétiques sur le long terme. |
| **Groupe 4 :**  **Le lait et les produits laitiers** | Ce groupe englobe tous les produits lactés comme le lait, la crème et les yaourts ainsi que les fromages. Ces aliments apportent des protéines essentielles, des graisses animales, du calcium, du phosphore et des vitamines liposolubles. Ces aliments doivent être présents à chaque repas notamment pour les enfants en pleine croissance et les personnes âgées. La valeur énergétique, la quantité de vitamines, la teneur en protéines dépendent de la technologie utilisée pour leur préparation. |
| **Groupe 5 :**  **Les viandes,**  **les poissons,**  **les œufs** | Les aliments de ce groupe sont principalement riches en protéines animales et en acides aminés essentiels. Ils fournissent aussi du fer indispensable à la synthèse de l'hémoglobine et à l'intégrité du système immunitaire, de la vitamine B12 et des oligo-éléments. Il ne faut pas en consommer trop car, ils contiennent aussi des graisses, susceptibles d'augmenter les risques d'apparition de maladies cardio-vasculaires. |
| **Groupe 6 :**  **Les matières grasses** | Dans ce groupe on classe les huiles, le beurre, les margarines, la crème. Ce sont des aliments riches en énergie qui fournissent les lipides et les acides gras essentiels ainsi que les vitamines A, D, et E liposolubles indispensables au bon fonctionnement du système nerveux et au bon fonctionnement des cellules. Il ne faut pas abuser des matières grasses en raison des risques de maladies cardio-vasculaires. |
| **Groupe 7 :**  **Les produits sucrés** | A la pointe de la pyramide on trouve des aliments non indispensables mais que l’on mange pour le plaisir. Ce groupe comprend les boissons sucrées, les pâtisseries, les biscuits, les bonbons, le miel, la confiture, le chocolat. Tous ces aliments sont très riches en calories et contiennent des sucres rapides, qui fournissent à l'organisme de l'énergie rapidement disponible. Ils ne sont pas indispensables, même s'ils procurent beaucoup de plaisir aux gourmands. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Les nutriments présents dans les aliments peuvent être classés selon la nature chimique et selon leur aptitude à être absorbés sans ou après digestion préalable. | | |
| **Grande catégories de nutriments** | | **Nutriments cellulaires** |
| Protéine | **Digestion** | Acides aminés |
| Lipides complexes (matière grasses) | **Digestion** | Acide gras, glycerol, mono-acyl-glycerol, cholesterol. |
| Glucides (sucres) complexes | **Digestion** | Glucides (sucres simples ) ou oses. |
| Glucides simples  Minéraux  (sous forme de sels)  Vitamines  Eau | **Absorption directe** | Oses,  Sels minéraux  Vitamines  Eau |

**Figure 1.** Distinction entre les molécules sources de nutriments et les nutriments cellulaires

**I.3. Classification des aliments selon leur rôle dans le corps**

Traditionnellement, les nutriments sont classés en fonction de leur principal rôle dans l’organisme :

* Rôle énergétique (glucides et lipides) ;
* Rôle structural (protéines);
* Rôle catalytique ou régulateur (sels minéraux et vitamines).

Cette classification a été conçue dans un but didactique, alors que certains nutriments possèdent plusieurs de ces fonctions qui revêtent une importance variable selon les conditions physiologiques ou pathologiques.

Fait important, on sait aujourd’hui que la nature des nutriments correspond aux constituants fondamentaux des végétaux et des animaux qui servent de source alimentaire. Or, le corps humain est, lui aussi, constitué principalement des mêmes grandes catégories de molécules: protéines, glucides, lipides, minéraux et eau (les vitamines, micronutriments, ayant surtout un rôle de catalyseurs ou de régulateurs). Grâce à la digestion et à l’absorption intestinale, l’organisme reçoit donc des nutriments cellulaires qu’il utilise pour produire l’énergie ou les molécules complexes qui le caractérisent. La classification fonctionnelle des nutriments est comme suit :

**I.3.1. Macronutriments énergétiques et structuraux**

Ce sont les constituants simples des lipides, glucides et protéines, issus en majorité de la digestion. Ce sont des composés organiques qui subissent un métabolisme complexe, étroitement contrôlé par les hormones et par le système nerveux.

**I.3.2. Minéraux : nutriments structuraux et catalytiques**

Les minéraux ne sont pas dégradables au sein de l’organisme. Le « métabolisme minéral » se limite aux mouvements de ces composés entre le sang et les tissus et à leur élimination. Les minéraux ne sont pas une source d’énergie, mais sont souvent incorporés dans les structures cellulaires (notamment les membranes cellulaires et la structure des os). D’autre part, de très nombreux minéraux sont indispensables à l’activité des hormones et surtout des enzymes ; où, ils jouent un rôle catalytique.

**I.3.3. Vitamines : des nutriments très particuliers.**

Il s’agit de molécules très variées dont l’organisme a besoin d’une faible quantité mais constante pour réaliser toutes les réactions chimiques cellulaires qui sont la base de son fonctionnement. Mais, contrairement aux végétaux ou à certaines espèces animales, l’homme n’a pas la capacité de synthétiser dans l’organisme les vitamines (ou sont synthétisées mais en quantité faible et insuffisante pour répondre aux besoin de l’organisme, par exemple : la vitamine K).

Les vitamines ne sont ni une source d’énergie, ni des « briques structurales ». Ces micronutriments, peu métabolisés sont excrétés dans l’urine ; ils sont des catalyseurs ou des régulateurs des réactions cellulaires.

**I.3.4. Autres constituants alimentaires d’intérêt nutritionnel**

* **Fibres alimentaires**

Ce ne sont pas des nutriments à proprement parler puisqu’elles ne sont pratiquement pas absorbables. Cependant, elles interviennent de façon importante dans la régulation des fonctions digestives.

* **Bio-facteurs**

Ce terme englobe divers composés comme les tannins, les flavonoïdes, divers acides organiques (présents notamment dans les aliments végétaux) qui peuvent exercer une influence sur la digestion, l’absorption et le métabolisme des nutriments.

* **Microorganismes**

Des bactéries ou des moisissures apportées par certains aliments naturels et parfois volontairement sélectionnées par les industries alimentaires (yaourts) peuvent avoir un rôle bénéfique sur l’organisme.

**I.3.5. Additifs alimentaires**

Les aliments modernes, en particulier les aliments industriels, contiennent un certain nombre d’additifs qui leur assurent une bonne texture, une conservation prolongée, un goût et une couleur plus attrayants. Ces composés, généralement xénobiotiques pour l’homme, sont métabolisés par des systèmes enzymatiques spécialisés surtout dans le foie et, rejetés dans l’urine. Une législation de plus en plus rigoureuse permet aujourd’hui de concilier les exigences de la production industrielle d’aliments et celles de la santé des consommateurs.

**I.3.6. Composés nocifs ou toxiques présents dans les aliments**

Les aliments peuvent contenir naturellement des substances nocives à certaines doses. Par exemple, l’acide oxalique abondant dans les épinards et dans l’oseille, limite l’absorption intestinale du fer et du calcium. Chez les personnes prédisposées, il peut aussi précipiter, dans les voies urinaires, sous la forme de cristaux d’oxalate de calcium.

Les aliments peuvent être contaminés par des composés toxiques. Sur les arachides mal stockées peut se développer un champignon, *Aspergilus flavus*, qui sécrète les aflatoxines, substances hépatotoxiques. Les pesticides, les nitrates des engrais chimiques sont également des substances toxiques.