

4.2. Les altérations des aliments

Un aliment est considéré comme altéré lorsqu'il perd ses qualités d'acceptation. Les facteurs pris en compte pour juger des qualités d'acceptation d'un aliment comprennent la couleur, la texture, la saveur (odeur et goût), la forme et l'absence d'anomalies.

Les qualités d'acceptation d'un aliment peuvent être perdues en raison d'une infestation d'insectes et de rongeurs, d'actions physiques et chimiques indésirables et de la croissance de microorganismes. Un exemple de détérioration physique est la déshydratation des légumes frais (flétrissement). La détérioration chimique comprend l'oxydation des graisses, le brunissement des fruits et légumes et la dégradation autolytique de certains légumes (par les pectinases) et les poissons (par les protéinases). La détérioration microbienne résulte soit de la croissance microbienne d'un aliment, soit de l'action de certaines enzymes microbiennes présentes dans un aliment.

- A partir des glucides de l'aliment (et dérivés), l'hydrolyse des polymères (amidon, cellulose) modifie la texture; et la fermentation des dimères et monomères (saccharose, maltose, lactose, glucose, fructose, etc.) provoque la formation d'acides et de composés carbonylés par exemple ainsi incidence sur le goût et l'arôme.
- A partir des protides de l'aliment (et dérivés), l'hydrolyse des polymères (protéines) modifie texture; et les actions de décarboxylation, désamination, désulfuration etc. sur les acides aminés modifient le goût, l'odeur et forme des catabolites toxiques.
- A partir des lipides de l'aliment (et dérivés) l'oxydation et la lipolyse modifie le goût.

4.2.1. Lait et produits laitiers

Le **lait cru** contient de nombreux types de microorganismes provenant de différentes sources. La détérioration microbienne du lait cru peut résulter du métabolisme du lactose, des composés protéiques, des acides gras (insaturés) et de l'hydrolyse des triglycérides. Si le lait est réfrigéré immédiatement après la traite et conservé pendant des jours, la détérioration sera principalement causée par des bâtonnets psychrotrophes à Gram-, tels que *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* spp. et certains coliformes. Les *Pseudomonas* et les espèces apparentées, étant négatifs pour le lactose, métabolisent les composés protéiques pour changer la saveur normale du lait en amère, fruitée ou impure. La croissance des coliformes lactose-positifs produit de l'acide lactique, de l'acide acétique, de l'acide formique, du CO₂ et de l'H₂ (par fermentation mixte) et provoque le caillage, le moussage et l'aigre du lait. Cependant, si le lait cru n'est pas réfrigéré rapidement, la croissance des mésophiles, tels que les espèces de *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Clostridium* et coliformes, longtemps avec *Pseudomonas*, *Proteus* et d'autres, prédomine. Mais les espèces hydrolysant le lactose, comme *Lactococcus* spp. et *Lactobacillus* spp., produisent suffisamment d'acide pour abaisser considérablement le pH et empêcher ou réduire la croissance des autres.

Le lait cru est **pasteurisé** avant d'être vendu pour être consommé sous forme de lait liquide. Les bactéries thermoduriques (*Micrococcus*, *Enterococcus*, certains *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium* et les spores de *Bacillus* et *Clostridium*) survivent au processus. De plus, les coliformes, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* et autres types similaires peuvent entrer comme contaminants post-pasteurisation. Le **lait pasteurisé**, sous stockage réfrigéré, a une durée de conservation limitée, principalement en raison de la croissance de ces contaminants psychrotrophes,

comme *Bacillus cereus*. Les spores de *Bacillus* spp. Psychrotrophes, survivant à la pasteurisation, germent et se multiplient pour provoquer l'apparition d'odeurs et de goûts atypiques.

Le lait traité à **ultra haute température** (UHT : 150°C pendant quelques secondes) est un produit essentiellement commercialement stérile qui ne peut contenir que des spores viables de certaines bactéries thermophiles. Le lait UHT n'est pas sensible à la détérioration à la température de stockage ambiante mais peut être abîmé s'il est exposé à des températures élevées (40°C ou plus).

Le **beurre** contient 80% de matière grasse du lait et peut être salé ou non salé. La croissance de bactéries (*Pseudomonas* spp.), de levures (*Candida* spp.) et de moisissures (*Geotrichum candidum*) à la surface provoque des défauts de saveur (putride, rance ou poisson) et une décoloration de la surface.

4.2.2. Viande

Les viandes fraîches des animaux destinés à l'alimentation et des oiseaux contiennent un grand groupe de bactéries d'altération potentielles qui comprennent des espèces de *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Shewanella*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Hafnia*, *Proteus*, *Brochothrix*, *Micrococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Carnobacterium* et *Clostridium*, ainsi que les levures et les moisissures.

La flore d'altération prédominante dans une viande est déterminée par la disponibilité des nutriments, la disponibilité en oxygène, la température de stockage, le pH, le temps de stockage du produit et le temps de génération des microorganismes présents dans un environnement donné.

Pour retarder la détérioration microbienne, les viandes fraîches sont conservées à température réfrigérée ($\leq 5^{\circ}\text{C}$). Ainsi, les bactéries normalement psychrotrophes sont les types les plus prédominants dans la détérioration de la viande crue. Sous stockage aérobique à basse température, la croissance des aérobies psychrotrophes et des anaérobies facultatifs est favorisée.

Dans les **viandes coupées au détail**, *Pseudomonas* spp. croît rapidement, en utilisant d'abord le glucose, puis les acides aminés; le métabolisme des acides aminés s'accompagne de la production de sulfures de méthyle, d'esters et d'acides malodorants. Dans les viandes à pH élevé ou à faible teneur en glucose, ou les deux, *Acinetobacter* et *Morexella* métabolisent préférentiellement les acides aminés et produisent des odeurs indésirables. La détérioration par ces aérobies stricts sous forme d'odeurs désagréables est détectée dans une population d'environ 10^{7-8} cellules/cm². La couleur rouge oxygénée de la myoglobine subit une oxydation pour produire de la métmyoglobine grise ou brune.

La **viande réfrigérée** dans une atmosphère modifiée, comme dans un mélange de CO₂ et d'O₂, favorise la croissance de *Brochothrix thermosphacta* anaérobie facultative. Il métabolise le glucose en acide acétique et en acétoïne, et la leucine et la valine en acides isovalériques et isobutyriques, pour produire une odeur (odeur de fromage). Dans des conditions anaérobies, il métabolise le glucose pour produire de petites quantités d'acide lactique.

Les anaérobies et anaérobies facultatifs psychrotrophes peuvent se développer dans de la viande emballée sous vide pour produire différents types de détérioration. *Lactobacillus curvatus* et *Lab. sake* métabolisent le glucose pour produire de l'acide lactique, et les acides aminés, leucine et valine, en acides isovalériques et isobutyriques. Cette détérioration n'est pas considérée comme hautement indésirable, car après ouverture de l'emballage, l'odeur disparaît. Cependant, lorsqu'ils métabolisent la cystéine et produisent du gaz H₂S, les produits ont une odeur et une couleur indésirables. *Leuconostoc carnosum* hétérofermentaire et *Leu. gelidum* produisent du CO₂ et de l'acide lactique, provoquant une accumulation de gaz et de liquide dans l'emballage. *Shewanella putrefaciens*, qui peut se développer dans des conditions aérobies et anaérobies, métabolise les acides aminés (en particulier la cystéine)

pour produire des sulfures de méthyle et du H_2S en grandes quantités. Outre les odeurs désagréables, elle affecte négativement la couleur normale des viandes. H_2S oxyde la myoglobine en une forme de méthyoglobine, provoquant une décoloration verte. Les espèces anaérobies facultatives *Enterobacter*, *Serratia*, *Proteus* et *Hafnia* métabolisent les acides aminés tout en poussant dans la viande pour produire des amines, de l'ammoniac, des sulfures de méthyle et des mercaptans, et provoquent la putréfaction. Certaines souches produisent également H_2S en petites quantités pour provoquer le verdissement de la viande. Parce que les amines et l'ammoniac sont produits, le pH de la viande passe généralement à une gamme alcaline, et la viande peut avoir une couleur rosâtre à rouge. Il a été constaté que *Clostridium* spp., comme *Clostridium laramie*, provoque une détérioration associée à une protéolyse et une perte de texture de la viande, une accumulation de liquide dans le sac et une odeur désagréable, avec une odeur prédominante d' H_2S . La couleur de la viande devient inhabituellement rouge au début puis passe au vert (en raison de l'oxydation de la myoglobine par l' H_2S).

Les **viandes hachées** s'altèrent plus rapidement que la viande coupée au détail car elles ont plus de surface. Lors d'un stockage aérobique, la croissance de bactéries aérobies (principalement *Pseudomonas* spp.) provoque des changements d'odeur, de texture et de couleur. L'intérieur est initialement microaérophile (en raison de l'oxygène dissous de l'air emprisonné), qui devient ensuite anaérobique, et la croissance des bactéries facultatives prédomine. Dans les produits emballés sous vide, la croissance des bactéries lactiques prédomine au stade initial. Les bactéries lactiques hétérofermentaires peuvent provoquer une accumulation de gaz dans l'emballage. Certaines bactéries lactiques se développent également en utilisant des acides aminés. Lorsque le glucose est épuisé, les anaérobies facultatifs à Gram- se développent et dégradent les acides aminés pour produire une odeur putride.

Pour réduire la détérioration des **viandes fraîches**, le niveau microbien initial doit être réduit. De plus, un stockage à basse température (proche de 0 à $-1^{\circ}C$), un emballage sous atmosphère modifiée et un emballage sous vide doivent être effectués. Plusieurs autres méthodes visant à réduire la charge microbienne initiale et à ralentir le taux de croissance des bâtonnets à Gram- sont soit utilisées, soit testées. Celles-ci comprennent l'ajout de petites quantités d'acides organiques pour abaisser le pH de la viande (légèrement supérieur à pH 5,0), le séchage des surfaces de la viande (pour réduire l' A_w) et une combinaison des facteurs indiqués précédemment, notamment une température de stockage plus basse.

4.2.3. Poissons

Les poissons sont sensibles à la détérioration par l'action des enzymes autolytiques, l'oxydation des acides gras insaturés et la croissance microbienne. Les tissus des poissons contiennent des niveaux élevés de composés azotés non protéiques (acides aminés libres, oxyde de triméthylamine et créatinine), de peptides et de protéines, mais presque pas de glucides; le pH est généralement supérieur à 6,0. Les bâtonnets aérobies à Gram-, tels que *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter*, *Moraxella* et *Flavobacterium*, et les bâtonnets anaérobies facultatifs, tels que *Shewanella*, *Alcaligenes*, *Vibrio* et les coliformes, sont les principales bactéries d'altération. Cependant, en raison du temps de génération relativement plus court, la détérioration par *Pseudomonas* spp. psychrotrophes prédomine sous stockage aérobique à la fois à aux températures réfrigérée et légèrement supérieure. Chez les poissons stockés sous vide ou au CO_2 , les bactéries lactiques (y compris *Enterococcus*) peuvent devenir prédominantes.

Les bâtonnets à Gram- métabolisent initialement les composés azotés non protéiques par désintégration (oxydation), puis par putréfaction pour produire différents types de composés volatils tels que NH_3 , indoles, H_2S , mercaptans, sulfure de diméthyle (en particulier par *She. putrefaciens*) et acides gras volatils (acides acétique, isobutyrique et isovalérique). Les espèces bactériennes protéolytiques produisent également des protéinases extracellulaires qui hydrolysent les protéines de

poisson et fournissent des peptides et des acides aminés pour un métabolisme accru par les bactéries d'altération. Les composés volatils produisent différents types d'odeurs désagréables. La croissance bactérienne est également associée à la production de substances visqueuses, à la décoloration des branchies et des yeux (chez le poisson entier) et à la perte de la texture musculaire (mou en raison de la protéolyse).

Dans les poissons stockés sous vide ou dans des emballages de CO₂, des bactéries anaérobies et anaérobies facultatives peuvent se développer, y compris des bactéries d'acide lactique. Les poissons salés sont sensibles à la détérioration par des bactéries halophiles telles que *Vibrio* (à basse température) et *Micrococcus* (à température plus élevée). Les poissons en conserve (thon, saumon et sardines) subissent un traitement thermique pour produire des produits commercialement stériles. Ils peuvent être altérés par des thermophiles sporulés à moins que des conditions de conservation et de stockage appropriées ne soient utilisées.

4.2.4. Céréales et dérivés

Les grains et les graines ont normalement 10 à 12% d'humidité, ce qui abaisse l' A_w à environ $\leq 0,6$ et inhibe ainsi la croissance microbienne. Dans les grains de céréales, pendant la récolte, la transformation et le stockage, si l' A_w augmente au-dessus de 0,6, certaines moisissures peuvent se développer. Certaines espèces de champignons de stockage des genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Rhizopus* peuvent endommager les grains très humides. De nombreux types de lentilles et de haricots sont germés pour être consommés. Pendant le stockage, les bactéries à Gram+ et à Gram-, levures et moisissures peuvent se développer et produire une saveur désagréable.

L' A_w des pains est normalement suffisamment bas (0,75 à 0,9) pour empêcher la croissance des bactéries. Cependant, certaines moisissures (moisissures de pain: *Rhizopus stolonifer*) peuvent se développer. Les pâtes peuvent être altérées par les microorganismes avant le séchage en raison de mauvaises pratiques de fabrication. Les pâtes molles peuvent être altérées par des bactéries, des levures et des moisissures.

Les pâtisseries comprennent des gâteaux et des coquilles cuites au four remplies de crème pâtissière, de crème ou de sauces. Elles peuvent être altérées par les microorganismes qui viennent avec les ingrédients ajoutés après la cuisson, comme le glaçage, les noix, les garnitures et la crème. Certains matériaux utilisés comme garnitures peuvent avoir un A_w élevé, ce qui permet la croissance bactérienne.