

Qualité de la Chair des Poissons : Facteurs de Variations et Impacts des Procédés de Transformation et de Conservation

Martinien Hospice Mahussi ASSOGBA^{*1}, Serge G. AHOUNOU¹, Gabriel Assouan BONOU¹, Chakirath Folakè Arikè SALIFOU¹, Mahamadou DAHOUDA², Antoine CHIKOU³, Souaïbou FAROUGOU⁴, Issaka YOUSAO ABDOU KARIM¹

¹Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes, Département de Production et Santé Animale, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin

²Département de Production Animale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin

³Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin

⁴Unité de Recherche en Biotechnologie de la Production et Santé Animales, Département de Production et Santé Animale, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin



Abstract - The processing and preservation processes are necessary to guarantee the microbiological, technological, organoleptic and nutritional qualities of fish. This article describes the technological (fish flesh composition, fish flesh evolution after capture, evisceration, filleting, water content, water holding capacity and pH), organoleptic (fish freshness state, color and aspect, flavor, texture), hygienic and nutritional qualities of fish and their variation factors. The processing and preservation processes of fish (refrigeration, freezing, smoking, salting and drying) were described and finally, these processes impact on fish sensory, microbiological, technological and nutritional qualities is reported. The knowledge of processing and preservation processes as well as the control of variation factors will improve the hygienic, technological, organoleptic and nutritional qualities of fish useful for human consumption.

Keywords - Fish, Processes, Variation, Smoking, Freezing, Refrigeration.

Résumé - Les procédés de transformation et de conservation sont nécessaires pour garantir les qualités microbiologiques, technologiques, organoleptiques et nutritionnelles des poissons. Cet article décrit les qualités technologiques (composition de la chair des poissons, évolution de la chair de poisson après la capture, éviscération, filetage, teneur en eau et la capacité de rétention d'eau et le pH), organoleptiques (état de fraîcheur des poissons, couleur et aspect, flaveur, texture), hygiéniques et nutritionnelles des poissons et leurs facteurs de variation. Les procédés de conservation et de transformation des poissons (réfrigération, congélation, fumage, cuisson, salage et séchage) ont été ensuite décrits et enfin, l'impact de ces procédés sur les qualités sensorielles, microbiologiques, technologiques et nutritionnelles des poissons est exposé. La connaissance des procédés de transformation et de conservation et la maîtrise des facteurs de variation au profit de ces procédés serviront à améliorer les qualités hygiéniques, technologiques, organoleptiques et nutritionnelles des poissons utiles pour la consommation humaine.

Mots clés - poissons, procédés, variation, fumage, congélation, réfrigération

INTRODUCTION

Le poisson est une denrée hautement périssable ([1], [2]) qui peut s'altérer immédiatement après sa capture que n'importe quel autre aliment, devenant vite impropre à la consommation et même dangereux pour la santé du fait des proliférations microbiennes, des modifications chimiques et d'une dégradation par des enzymes endogènes. Le pourcentage de pertes après capture et de détérioration de la qualité des produits est élevé, avec tous les risques qui en découlent pour la santé du consommateur[2]. Pour assurer la qualité des poissons, plusieurs techniques de conservation et de transformation sont utilisées et varient sensiblement selon les pays et des habitudes alimentaires. Les techniques utilisées sont, la congélation, la réfrigération, la surgélation, le séchage, le fumage, la friture, la cuisson et la fermentation, etc.... De plus, ces dernières décennies, la demande croissante en poissons dans l'alimentation humaine s'est accompagnée d'un intérêt croissant pour la qualité et la sûreté des denrées alimentaires [3]. Ainsi, atteindre un niveau de qualité sans danger des denrées, résultant de plusieurs critères préalablement définis devient une obligation.

Selon la norme [4], la «qualité » correspond à l'« aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences». De façon générale, [5] définissent la qualité d'un produit alimentaire par les « 4 S » : Sécurité (qualité hygiénique), Santé (qualité nutritionnelle), Satisfaction (qualité organoleptique), Service (qualité d'usage : facilité d'utilisation, aptitude à la transformation, prix). La maîtrise de ces différents critères de qualité lors de la transformation et la conservation des poissons permettra de garantir la sécurité alimentaire des consommateurs.

Toutefois, ces qualités peuvent être influencées par plusieurs facteurs de variations intrinsèques et extrinsèques au produit. Ainsi, la qualité initiale des poissons est sous la dépendance en premier lieu à des conditions d'élevage *ante-mortem* et des facteurs biologiques, des conditions *peri-mortem* et *post-mortem* (conditions et durées de stockage, type de transformation, etc....) ([6],[7]).

Par ailleurs, pour consommer les poissons un peu plus longtemps après la capture, il est important de les conserver ou de les transformer. Ainsi, les procédés de conservation ou de transformation permettent de préserver et/ou d'améliorer certaines qualités des produits (nutritionnelle et organoleptique) et a pour but d'allonger leur durée de commercialisation mais peuvent conduire aussi à l'oxydation des lipides et des protéines avec un impact

négatif sur les qualités sensorielles [8] et nutritionnelles des produits.

Afin d'améliorer la qualité des poissons commercialisés, il est nécessaire de mieux appréhender l'impact des procédés de transformation et de conservation sur la qualité des poissons. Cet article fait le point des données scientifiques existantes sur les facteurs de variations de la qualité des poissons, les procédés de transformation et de conservation et l'impact de ces procédés sur les qualités des poissons.

I. LA QUALITE DE LA CHAIR DES POISSONS ET LES FACTEURS DE VARIATIONS

Généralement la qualité du produit, concerne les qualités sanitaires, technologiques, nutritionnelles ou diététiques et organoleptiques ou sensorielles ([7], [9]). La maîtrise de la qualité des poissons (entiers, filetés et transformés) représente une démarche intégrée dans le développement de l'aquaculture et permettra d'assurer la sécurité alimentaire des consommateurs.

1.1. La qualité technologique des poissons

Elle détermine la capacité de la chair des poissons à servir de matière première pour la fabrication d'un produit carné élaboré. Selon [7], la qualité technologique des poissons est déterminée par la morphologie des animaux, la répartition des tissus et leur composition. De façon plus explicite, elles regroupent les critères d'aptitude à la transformation et à la conservation et le rendement à la découpe.

1.1.1. Composition de la chair des poissons

Le muscle est composé de fibres musculaires et de tissus conjonctifs. Les fibres musculaires et les tissus conjonctifs et adipeux jouent un rôle primordial dans le déterminisme des composantes de la qualité de la chair du poisson, en particulier la tendreté, la jutosité, la flaveur, la couleur et la capacité de rétention en eau de la viande crue, cuite ou transformée[10]. Au sein de la fibre musculaire se trouve l'endomysium, puis le périmysium qui compartimente le muscle en faisceaux de fibres et enfin l'épimysium qui est l'enveloppe externe du muscle. On distingue alors plusieurs types de muscles : le muscle blanc majoritaire, le muscle rouge superficiel (le long de la peau) et le muscle rose intermédiaire [10](Figure 1).Le muscle rouge, de type oxydatif, est généralement présent sous forme d'une fine couche située sous la peau. Il est plus abondant sur les flancs du poisson et sa proportion dans la chair varie d'une espèce à l'autre tandis que le muscle blanc, de nature glycolytique est quantitativement le plus important

puisqu'il représente jusqu'à 50 % de la masse corporelle du poisson. Ces muscles sont contenus dans chaque myomère et sont segmentés en myotomes qui ont la forme de « W » emboîtés les uns dans les autres (Figure 2) et séparés par une cloison de tissus conjonctifs de quelques millimètres d'épaisseur, appelée myosepte ([11], [10]). Le tissu conjonctif, composé principalement de collagène (88 à 98% de collagène et de 2 à 12% d'élastine) enveloppe chaque

fibre (endomysium) ainsi que les faisceaux de fibres (perimysium), (Figure 3). Il est aussi le constituant majoritaire des myoseptes, cloisons qui séparent les feuilletts musculaires (myomères). Le filet contient aussi du tissu adipeux intramusculaire, que l'on retrouve au sein du myomère entre les fibres et dans le perimysium mais en de forte proportion dans les myoseptes qui séparent les myomères.

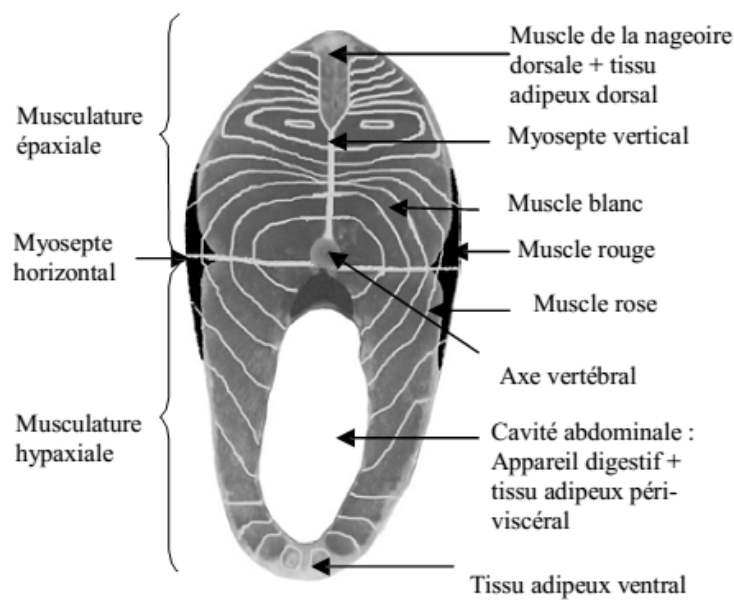


Figure 1 : Schéma de l'organisation macroscopique d'une darne de truite (coupe transversale)

Source : [7]

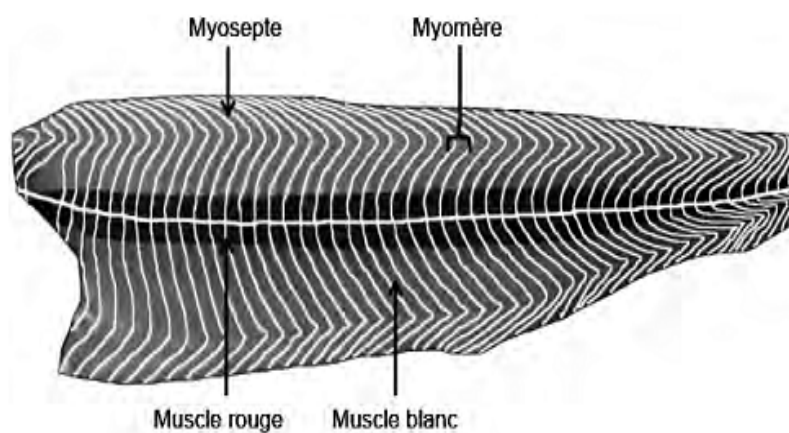


Figure 2 : Schéma d'un filet de poisson (saumon) en coupe longitudinale (forme W)

Source : [10]

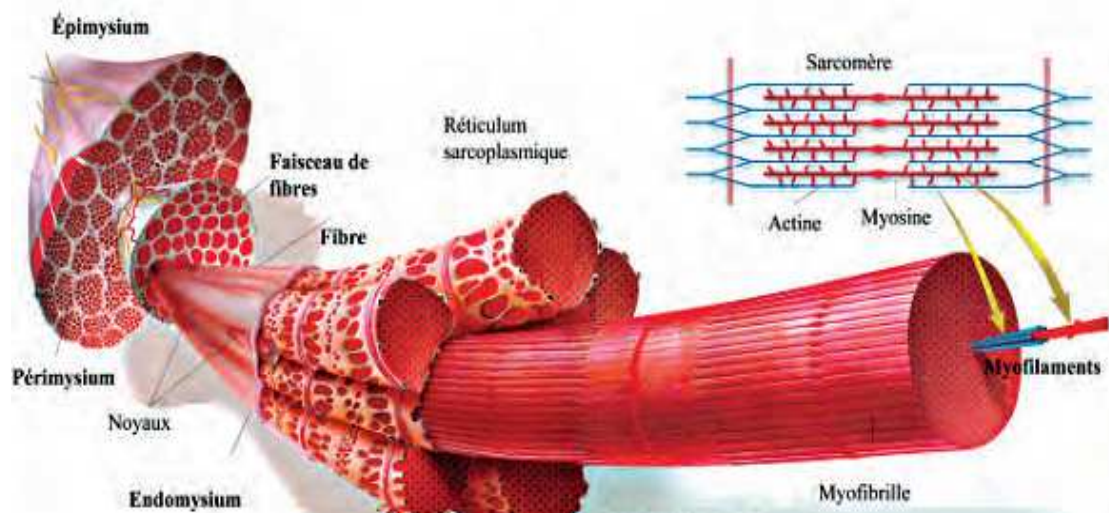


Figure 3 : Organisation générale du muscle

Source : [10]

1.1.2. L'évolution de la chair de poisson après la capture

Contrairement à la viande de bœuf, le poisson peut être consommé immédiatement après sa mort. La chair du poisson dans un premier temps est détendue et la texture de la chair est souple et élastique. Cette phase appelée *pre-rigor* qui ne dure que quelques heures et donne un muscle qui se contracte. Le poisson est très frais avec une odeur et un goût typique de l'espèce ; avec une odeur caractéristique des algues. En ce moment, le pH du muscle tourne autour de 7 [12]. Après cette phase, le muscle se durcit et le corps du poisson se raidit et le poisson se trouve en état de *rigormortis* ou de rigidité cadavérique [13]. La rigidité cadavérique dure 24h ou plus et ensuite la *rigor* disparaît, ce qui détend le muscle à nouveau et le rend souple mais il n'est plus aussi élastique qu'avant la *rigor*. Ainsi, il y a une perte de l'odeur et du goût caractéristique du poisson ; la chair a une odeur neutre mais pas de mauvais goût. Le pH du muscle se rapproche de 6 [12]. Cette rigidité cadavérique apparaît à des temps variés selon les espèces de poisson. A la température ambiante, elle se met en place entre 1 et 7 heures après la mort du poisson [12], [14]. Cependant les poissons pendant cette phase sont difficiles à fileter et peler et sont souvent impropres au fumage. Par conséquent, les poissons un peu plus vieux qui ont dépassé la *rigormortis* sont plus appréciés. Pendant la phase *post rigor*, le muscle devient souple, relaxé avec une chair pliable. La chair se ramollit par autolyse et une altération bactérienne est possible. Le pH remonte à 7 et peut même dépasser [12]. Le temps entre l'apparition et la disparition de la *rigor* varie

d'une espèce à l'autre et est affecté par la température, la manutention, la taille et la condition physique du poisson ([15], [16]).

1.1.3. Eviscération

Les poissons après la capture dans le milieu naturel sont demandés vivants ou encore à l'état frais par le consommateur. Ces poissons sont prétraités à la demande du consommateur ou vendus en entier. Le traitement des poissons passe donc par l'écaillage et l'éviscération. Les écailles, les nageoires (dorsales, caudales, pectorales et anales) sont enlevées à l'aide d'un petit couteau ou d'un ciseau. L'éviscération consiste à retirer les organes internes (tube digestif, foie, rate, cœur...) sans perforation et les tissus adipeux péri-viscéraux ainsi que les branchies ([7], [17]).

L'éviscération se pratique en incisant le poisson sur 2 à 3 cm en avant de l'anus, puis en sectionnant l'extrémité de l'intestin (Figure 4). Ensuite, les parois branchiales sont incisées et les points de fixation des branchies sur la tête sont découpés [17]. Les viscères sont vidés à travers les opercules de grand poisson [17] ou par l'ouverture faite dans la cavité abdominale chez les poissons de taille moyenne. Parfois, les gonades (mâles et femelles) sont laissées dans la cavité abdominale. Le but de l'éviscération est de ralentir ou d'empêcher la putréfaction du poisson. Selon [6], [7], l'éviscération permet la bonne conservation du produit et limite les risques d'autolyse des parois musculaires par les enzymes digestives et de contamination

de la chair par la flore fécale. La pesée des viscères et des autres parties du corps du poisson permet de calculer entre autres le rendement à l'éviscération.

Ce rendement à l'éviscération encore appelé rendement carcasse (poids carcasse/poids vif) est très variable entre espèces et est corrélé négativement avec le rendement en viscères. Le rendement à l'éviscération dépend

essentiellement du gras péri-viscéral, des sites de dépôt lipidique et de la maturité sexuelle des poissons mâles et femelles. Les travaux réalisés par [7] montrent des proportions différentes, plus de 20% chez la morue et la truite arc-en-ciel et moins de 10% chez le saumon Atlantique ou le flétan. Par ailleurs, l'éviscération expose à l'air la cavité abdominale en les prédisposant à l'oxydation et à la décoloration de la chair[18].

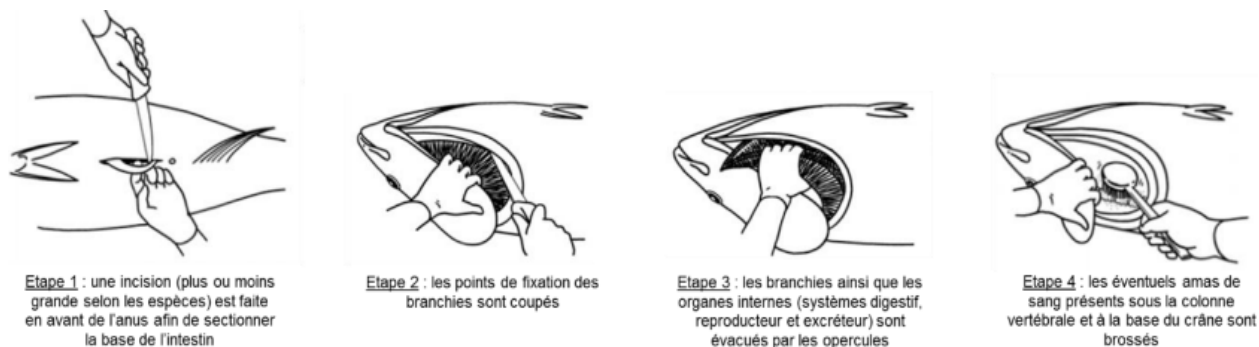


Figure 4 : Schéma des principales étapes de l'éviscération [17]

1.1.4. Filetage

Après l'écaillage et l'éviscération, le filetage consiste à séparer les masses musculaires de la carcasse (tête et axe vertébral) ou à prélever deux masses musculaires de part et d'autre de la colonne vertébrale[19]. En Europe, le filet est la partie du poisson essentiellement commercialisé, le filetage se réalise couramment chez les saumons et les truites. Dans certains pays de l'Afrique Subsaharienne, cette transformation est rare, le poisson à l'état frais est vendu entier ou éviscéré. Cette pratique est due à des habitudes alimentaires et culinaires et à une absence de normes spécifiques relatives aux différentes parties des poissons à consommer. Toutefois, le rendement au filetage est le rapport entre le poids des filets et le poids éviscéré ou le poids frais du poisson[20]. Ce rendement dépend de l'espèce de poisson et de sa taille [6]. Des rendements au

filetage fluctuant entre 40 et 70% pour les espèces concernées par l'aquaculture sont trouvés dans plusieurs études ([21],[22],[7]). Les proportions de filet sans peau en dessous de 42% sont désavantageuses pour le transformateur[22].

Le rendement varie en fonction de la taille, du poids, de l'âge, de la saison, de la souche, du sexe, de la morphologie et des facteurs trophiques de l'alimentation[6]. Des rendements au filetage différents ont été trouvés dans de nombreuses études (Tableau I). Les différences de morphologie externe et d'épaisseurs de parois musculaires internes peuvent expliquer les rendements au filet variés[7].

Tableau I : Rendement au filetage de diverses espèces de poissons

Espèces de poissons	Rendement au filetage (%)	Auteurs
<i>Ictalurus punctatus</i>	>38	([23], [24])
<i>Morone saxatilis</i>	>40	[24]
<i>Oreochromis</i>	< 33	[24]
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	38,6	[25]
	44,4	[26]
<i>Oreochromis niloticus</i>	35,70	[27]

<i>Salmosalar</i>	62,4 - 78,9	[28]
<i>Percafluviatilis</i>	42	[29]
<i>Clarias gariepinus</i>	46,7 ^a et 38,9 ^b	[22]
<i>Silurus glanis</i>	40-42	([30],[31])
<i>Dicentrarchus labrax</i>	45	[32]
<i>Trachurus trachurus</i>	40	[33]
<i>Salmo trutta</i>	55	[25]
<i>Salmosalar</i>	50,6	[25]

a : mâle ; b : femelle.

Par ailleurs, le rendement au filetage est lié à un autre paramètre, le type génétique. Plusieurs paramètres externes (la longueur standard, la longueur totale, le facteur de condition, le périmètre du poisson, la taille de la tête, épaisseur de la paroi abdominale, etc...) et internes (gras péri-viscéral, poids des organes, Indice gonadosomatique, indice viscéro-somatique etc...) sont pris chez les poissons pour les discriminer. Les modèles prédictifs associés aux paramètres morphologiques sont envisagés pour améliorer les rendements au filetage ([34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41]). Les individus ayant un bon rendement filet possèdent une tête peu épaisse ou petite, une caudale plus épaisse et une petite tête que ceux ayant un faible rendement ([42], [43], [41]). Les paramètres morphologiques sont à prendre en compte pour l'obtention de meilleurs rendements technologiques.

1.1-5-La teneur en eau et la capacité de rétention d'eau

La teneur en eau du poisson est la quantité d'eau présente dans le poisson. Il existe trois types d'eau dans la chair du poisson à savoir : l'eau liée, l'eau restreinte ou immobilisée et l'eau libre [44]. Les poissons présentant les mêmes teneurs en eau n'ont pas les mêmes sensibilités d'altération. Cette situation fait appel à la notion de l'eau liée et de l'eau libre. Ainsi, les techniques de conservation et de transformation ciblent essentiellement la teneur en eau et l'activité de l'eau (A_w) des poissons pour garantir la conservation et une meilleure qualité des produits transformés. La teneur en eau des poissons varie généralement entre 60 et 80 % de poids de la chair du poisson ([45], [44]). Elle varie en fonction de l'espèce, chez le Saumon (*Salmosalar*) (67-77%), le Hareng (*Clupea harengus*) (60-80%), le Maquereau (*Scomber scombrus*) (60-74%), le Bar (*Morone labrax*) (77%), la Truite (*Salmo trutta*) (70-79%), le Thon (*Thunnus spp*) (71%), la Carpe (*Cyprinus carpio*) (81,6%), le Merlan (*Gadus merlangus*) (80%) ([46], [47]). Ces teneurs en eau des tissus des poissons sont généralement inversement liées à la teneur en lipides selon une loi simple (0,9 g de lipides se

substituant à 1 g d'eau). Cette relation permet déduire la teneur en eau du produit [48]. Dans la transformation des poissons, la capacité de rétention d'eau (CRE) des poissons sera calculée. Elle est mesurée en évaluant la quantité de liquide qui s'écoule hors de la chair lorsqu'elle est soumise à une certaine pression telle que la compression ou la centrifugation.

Elle est influencée par les méthodes de conservation/transformation (séchage, friture, fumage, salage, réfrigération, congélation, surgélation etc...). Un stockage prolongé entraîne une diminution de cette capacité. D'autres facteurs tels que la teneur en sel (NaCl) contenue dans la chair du poisson, la température lors de la conservation par le froid et une mauvaise manipulation pendant le traitement [44] influent sur la capacité de rétention de l'eau. Par ailleurs, un pH élevé entraînera également une modification de la capacité de rétention d'eau.

1.1.6. Le pH

Le pH est un indicateur de l'évaluation du degré de fraîcheur et de détérioration des poissons ([49], [50]). Le pH du poisson frais après la mort est proche de la neutralité (pH égal à 7) [51]. La diminution de la valeur de pH est due à la formation de l'acide lactique dans la chair du poisson [52]. Cette acidification se produit durant l'apparition de la *rigormortis* ou stade de rigidité cadavérique. La formation d'acide lactique résulte ainsi, d'une dégradation anaérobie du glycogène présent dans la chair du poisson. Par contre, une augmentation des valeurs de pH indique une production et une dégradation des composés azotés NH_3 , TMA et DMA et une accumulation des peptides et des amines, due à une activité microbienne et aux métabolismes autolytiques des bactéries de détérioration ([17], [49], [50], [53], [54], [55]). Toute augmentation de la valeur de pH après la capture des poissons indique une perte de l'état de fraîcheur [50]. Un pH bas fait perdre l'eau et la chair devient sèche alors qu'un pH élevé à une bonne rétention d'eau et présente une meilleure jutosité. En tant que paramètre

d'appréciation de la qualité des poissons, le pH limite acceptable chez les poissons après la mort varie entre 6,8 et 7 ([56], [57]) au-delà de 7 le poisson est considéré comme altéré [58].

Plusieurs facteurs comme la vitesse de la glycolyse, les conditions d'abattage (forte densité, la saignée), la température et l'espèce peuvent agir sur la variation du pH des poissons. Les conditions d'abattage peuvent varier les valeurs de pH [59]. L'augmentation de la densité des poissons lors de la capture induit une baisse de glycogène musculaire et un pH plus élevé, ce qui a été observée dans les études réalisées par [58]. Entre autres, les poissons saignés sont d'avantage exposés à la multiplication des microbes qui favorise la dégradation des composés azotés du poisson, tout en augmentant les valeurs de pH *post mortem*. Les poissons saignés conservés sous glace ont des valeurs de pH plus élevées que ceux non saignés [17]. La saignée limite ainsi le phénomène d'acidification de la chair et l'expose à une prolifération microbienne plus rapide.

De plus, les variations de pH peuvent être dues à l'effet de la température et du temps. Les poissons (*Oreochromis niloticus*) exposés à une température ambiante de 27°C-30°C ont une évolution de pH plus rapide en 12 heures [52] comparés à l'évolution lente des valeurs de pH à la réfrigération (4°C) des *Channa striata* [60], des *Argyrosomus regius* [53] après 18 jours et des valeurs de pH à la congélation à -20°C des filets de *Pangasianodon hypophthalmus* en 120 jours et -12°C des *Mystus seenghala* en 21 jours [51]. L'action du froid empêche ou ralentit la multiplication des bactéries responsables de la décomposition des composés alcalins qui augmentent le pH, ce qui conserve au mieux le poisson. Enfin, les variations de pH peuvent être liées à l'espèce ([61], [62]). Cette variation de pH est liée, aux différentes charges de microorganismes dans le tissu musculaire, au taux de glycolyse, et au pouvoir tampon qui diffèrent d'une espèce à une autre [62].

1.2. La qualité organoleptique des poissons

La qualité organoleptique ou sensorielle rassemble l'ensemble des perceptions sensorielles que l'on peut avoir du produit, et qui peuvent être décomposées en des caractéristiques d'aspect ou de couleur, de flaveur, et de texture du produit. Les caractéristiques sensorielles des poissons sont évaluées en utilisant le sens humain, que ce soit la vision, l'odorat, le goût et le toucher, comme instrument de mesure. Les méthodes sensorielles qui permettent d'évaluer la qualité sensorielle, sont souvent subjectives et ne remplacent pas les mesures instrumentales (physiques et chimiques) telles que : la mesure de la conductivité, de la

couleur, de la teneur en lipide, de l'indice de peroxyde et de l'indice de dégradation de l'adénosine triphosphate mais les complètent.

1.2.1. L'état de fraîcheur des poissons

La fraîcheur est l'un des principaux critères de la qualité du poisson pour le consommateur [63]. Les mesures les plus couramment effectuées pour l'évaluer sont celles établies dans la grille de l'évaluation organoleptique de l'état de fraîcheur des poissons.

Elle est la technique la plus répandue, car elle permet d'évaluer rapidement le niveau de fraîcheur du poisson. Les différents points d'observation se scindent en un examen externe qui couvre l'aspect de la peau du poisson, sa pigmentation et le mucus ; l'aspect de l'œil, sa teinte et sa courbure, les branchies, la teinte et l'odeur. L'examen interne, se porte sur l'état du péritoine, l'adhérence de la cavité abdominale, l'état des viscères, l'adhérence des côtes et de la colonne vertébrale. Chacun des points reçoit une cote appelée « indice d'altération ». Selon le règlement CE n°2495/2001, l'état de fraîcheur peut prendre en fonction des notes, quatre catégories d'indice de qualité « Extra », « A », « B » et « C ». Cette méthode permet de mesurer la perte des caractéristiques initiales de fraîcheur et l'apparition des signes de décomposition détectables par les sens humains. Dans la plupart des pays tropicaux, ces barèmes de qualité marchande sont inexistantes, toutefois les barèmes de l'Union Européenne sont utilisés pour les évaluations.

1.2.2. La couleur et l'aspect

La couleur de la peau et de la chair du poisson est un paramètre important dans le choix du produit pour le consommateur. Elle intéresse à première vue le consommateur et influe immédiatement sur sa décision d'achat. D'après plusieurs auteurs ([5], [10]) les poissons ont des couleurs variées. Ils ont un muscle rouge superficiel (riche en myoglobine transportant l'oxygène fortement coloré) et une couleur plutôt brune et le muscle blanc généralement translucide. Les couleurs varient en fonction de la nature des pigments et des chromatophores [64]. Les pigments contenus dans les chromatophores sont les mélanophores (mélanine), les érythrophores (caroténoïdes orange ou rouges) et les xanthophores (caroténoïdes jaunes) [65]. Elles sont aussi différentes d'une espèce de poisson à une autre. Les espèces de poisson vivant en haute mer y compris les espèces de poisson pélagiques sont des poissons à chair sombre ou à chair rouge. Cela s'explique par le fait que ces muscles sont très irrigués par le sang à

cause des efforts consentis pour les activités de locomotion et de prise alimentaire. Pour les espèces de mer sales (de rivage), les muscles sont à chair blanche. Cette distinction de couleur des muscles caractérise une physiologie différente[14].

Les variations de couleurs de la peau entre espèce, dépendent de l'apport du pigment dans l'aliment et de la maturation sexuelle[7]. Par contre, celle de la chair est liée à la structure du muscle en termes de densité de fibres musculaires. Par ailleurs, elle est aussi influencée par l'évolution du pH *post mortem* ([5], [66]). La chair qui présente un pH final faible ou un pH qui chute rapidement, a une couleur plus claire. Le pH quant à lui est influencé par les conditions qui peuvent agir sur la couleur des poissons [59]. Quand le pH est influencé la couleur des filets est moins lumineuse et moins colorée et présente souvent les valeurs négatives[7]. Des couleurs négatives s'observent quand le muscle rouge des poissons s'oxyde pour donner une couleur brune à noir [10]. Une saignée absente chez les poissons peut modifier la couleur des poissons[67]. Cette modification est due à l'oxydation de sang [10].

Aujourd'hui, la technique instrumentale utilisée pour la détermination de la mesure physique de la couleur de la chair, est le système CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) en coordonnées rectangulaires L^* , a^* et b^* qui permettent le repérage de la couleur d'une façon précise. Les mesures de couleur sont réalisées à l'aide d'un colorimètre. La valeur L^* est une mesure de luminosité sur une échelle de 0 à 100 : plus cette valeur est élevée, plus le muscle est pâle. Les valeurs a^* et b^* sont les deux coordonnées de chromaticité : a^* étant sur l'axe vert-rouge et b^* sur l'axe bleu-jaune. Les valeurs a^* et b^* sont comprises entre -60 et +60. Plus la valeur de a^* est élevée, plus le muscle est de couleur rouge, plus b^* est élevée, plus la couleur du muscle se rapproche de la couleur orangée. Plus ces valeurs sont faibles, plus le muscle prend un aspect marron.

Quant à l'aspect du poisson, il comprend la morphologie générale, le nombre et la forme des nageoires et le patron de pigmentation spécifique. Il est l'un des critères d'évaluation du produit[68]. En effet, c'est sur ce critère d'apparence que le consommateur jugera si le produit est accepté ou rejeté. Chez le poisson il peut y avoir des altérations de l'aspect (déformations, absence ou érosion des nageoires, défaut de pigmentation) ou une référence de qualités supérieures exigées (coloration spécifique) [48] qui sont des critères de choix de qualité des poissons.

1.2.3. La flaveur

La flaveur rassemble à la fois les sensations gustatives (saveur) et olfactives (odeur). Le goût et l'arôme apparaissent comme des composantes déterminantes de l'acceptabilité de la chair de poisson par les consommateurs. Divers composés odorants sont caractéristiques des poissons frais, des poissons *post-mortem*, des poissons conservés ou des poissons ayant subi des différents traitements technologiques (cuisson, salage, fumage, séchage-salage, fermentation etc...). Les composés responsables de la saveur chez le poisson sont essentiellement des molécules hydrosolubles comme les acides aminés libres, les peptides, les acides organiques et les minéraux ([69], [70]). Ces différents composés subissent des modifications à travers les réactions de Maillard et à travers la dégradation des lipides. Les composés volatils dérivent principalement de l'oxydation des acides gras polyinsaturés par réaction enzymatique ou chimique et participent activement à l'odeur de la chair de poisson ([68], [71]). Cependant, la flaveur de la chair des poissons surtout d'élevage peut également être influencée par la teneur en lipides du muscle et par la nature de l'aliment, en particulier par la nature des lipides et par l'origine des matières premières pour l'alimentation[7].

Il existe une différence de flaveur entre différentes espèces en fonction de leur milieu de vie (eau de mer et eau douce). Plusieurs facteurs intrinsèques du poisson, vont oxyder les lipides en peroxydes, aldéhydes, cétones et acides aliphatiques inférieurs. La formation d'aldéhydes et de cétones sont la cause des saveurs rances [13].

Ainsi, les poissons d'eau douce et d'eau d'ameront des composés volatils différents([15], [48], [69]). Ce qui s'explique par la présence en abondance en acide gras à longue chaîne polyinsaturée dans la mer et dans les poissons d'eau de mer. Pendant la réfrigération et la congélation différentes odeurs caractéristiques se développent chez différentes espèces de poisson[15]. Les poissons gras développent des saveurs et des odeurs rances. Les poissons maigres développent typiquement des odeurs douces, de patates bouillies et d'amine. Les composés volatils formés par l'activité microbienne et l'oxydation qui contribuent à ces odeurs, ont été identifiés. Ces composés volatils identifiés comme indicateurs de qualité peuvent être détectés par l'emploi du nez électronique (instrument de mesure) qui prédit les changements de qualité chez diverses espèces de poisson ([72],[73],[74], [75]).

1.2.4. La texture

La texture se définit comme l'ensemble des propriétés rhéologiques et de structure d'un produit alimentaire perceptible par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles éventuellement visuels et auditifs [68]. Il faut souligner que c'est un paramètre de qualité essentielle, non seulement pour les propriétés sensorielles du produit, mais aussi pour l'aptitude à la transformation des filets (filetage, tranchage) [76].

La texture comprend à la fois la perception de paramètres de fermeté, l'élasticité et de jutosité ([68],[77]). La texture de la chair des poissons dépend principalement de la composition du muscle (taille des fibres musculaires, densité du tissu conjonctif), des caractéristiques des protéines structurales (protéines myofibrillaires, collagène) ([65],[77]). La texture de la chair dépend de plusieurs facteurs de variations que sont : les conditions d'élevage (croissance); les conditions *péri-mortem* (stress entraînant des dégradations mécaniques et enzymatiques), l'évolution du *post mortem*, les conditions de stockage et les procédés de transformation appliqués ([65],[78]).

1-3-Qualité hygiénique des poissons

La qualité hygiénique revêt l'absence de parasites, de polluants, de biomolécules toxiques ou de microorganismes pathogènes pour l'homme. C'est la qualité première qui conditionne la consommation. Elle est déterminée par l'environnement de vie des poissons, la qualité de l'aliment ou de la chaîne alimentaire et le respect des règles sanitaires lors de la transformation sur l'ensemble de la chaîne de distribution.

L'examen microbiologique demeure le plus couramment fait. L'objectif de cet examen est d'évaluer la présence éventuelle de microorganisme pouvant avoir des conséquences négatives pour le consommateur et de donner une idée de la qualité bactériologique du poisson incluant la rupture de la chaîne du froid, l'hygiène au cours de la manutention et du traitement ([15],[79]). Il s'agit le plus souvent, de dénombrer lors des analyses les principaux germes pouvant contaminer le poisson. Ces dénombrements concernent notamment la Flore Aérobie Mésophile Totale, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, les Staphylocoques, les Anaérobies Sulfite-Réducteurs, les salmonelles, les levures et moisissures [80]. Toutefois, il existe deux principaux groupes de bactéries dangereuses pour la santé humaine qui peuvent contaminer les produits au moment de la pêche et celles qui sont normalement ou de façon accidentelle présentes dans le milieu aquatique, c'est-

à-dire la microflore latente, et celles introduites par la contamination de l'environnement lors des divers traitements et transformations des poissons. Des exemples de bactéries latentes pouvant présenter un risque pour la santé humaines sont *Aeromonashydrophyla*, *Clostridium botulinum*, *Vibrioparahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, *Vibriovulnificus* et *Listeria monocytogenes* ([81],[82],[83],[84],[85],[86]). Des bactéries pathogènes comprennent celles appartenant à l'espèce des Enterobacteriaceae, comme *Salmonella spp*, *Shigella spp* et *Escherichia coli* ([87],[88]) et constituent un problème de santé publique. D'autres espèces qui provoquent des intoxications alimentaires (*Edwardsiella tarda*, *Pleisomonas shigelloides* et *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*) peuvent aussi apparaître ([79],[89]).

En Europe, pour assurer la sécurité sanitaire plusieurs études sont réalisées sur les germes d'altérations et pathogènes de nature zoonotiques pouvant constituer des problèmes sérieux de santé publique [90]. Les germes les plus recherchés sont la flore totale, les Enterobacteriaceae, les *Clostridium perfringens*, les *Listeria monocytogenes*, les *Salmonella spp* et les *Pseudomonas spp*. La listériose et la salmonellose sont les maladies zoonotiques les plus rencontrées ([13],[91],[92],[93]). Les bactéries psychrotrophes tels que les *Clostridium botulinum* et les *Listeria* sont répandus dans les régions arctiques, alors que les types mésophiles tels les *Vibrio cholerae*, et les *Vibrioparahaemolyticus* sont présentes dans les zones tempérées ou chaudes et font l'objet de recherche lors des contrôles sanitaires. Ces germes sont recherchés sur les sardinelles (*Sardina pilchardus*), les saumons atlantiques (*Salmo salar*) frais, conservés au froid et ou fumés ([90],[94],[95]).

En Afrique Subsaharienne, plusieurs études se focalisent sur les recherches des germes d'altérations, pathogènes et zoonotiques, il s'agit de la flore totale, *E. coli*, *Salmonella spp*, *Pseudomonas sp*, *L. monocytogenes*, *Aeromonas sp*, *Staphylococcus*, *micrococcus*, *Bacillus*, *Proteus*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Saccharomyces*, *Fusarium* et les *Mucor spp* ([96],[97],[98],[99],[100],[101],[102],[103],[104],[105],[106],[107]). Ces germes sont dénombrés chez les espèces de poissons d'eau douce et marine frais et ou fumés fréquemment consommés (*Trachurus trachurus*, *Pseudotolithus spp*, *Galeoides deacodactylus*, *Scomber scombrus*, *Spyraenasp*, *Drepane africana*, *Alectis alexandrinus*, *Dasyatis margarita*, *Sardina pilchardus*, *Sphyraenabarracuda*, *Tilapia guineensis*, *Clarias gariepinus*, *Clupea harengus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*).

La plupart de ces études en Afrique subsaharienne concluent à des difficultés liées principalement au manque de bonnes pratiques d'hygiène et de conservation lors des processus de transformation, de conservation et de commercialisation des produits halieutiques.

Par ailleurs, de nombreux facteurs influent sur la flore du poisson frais, les plus importants étant la température, l'activité de l'eau, le pH, la teneur en sel, la proximité des zones de pêche des habitations, la quantité et l'origine des aliments consommés par le poisson et la méthode de récolte. Pour les poissons consommés fumés et frits ou conservés, la flore bactérienne dépend du procédé de transformation[95], des procédés d'éviscération[108], des conditions de croissance bactérienne (température, Aw, pH, interaction des microbes), de l'hygiène de l'environnement, des matériels et du personnel[95] et de l'emballage des produits finis.

1-4-Qualité nutritionnelle des poissons

La qualité nutritionnelle est directement associée à la composition de la chair en macro et en micronutriments ([7],[71]). Comme le montre le tableau I, la composition chimique des poissons varie selon l'espèce. En effet, la chair de poisson est composée de 70 à 80 % d'eau, de 16 à 22 % de protéines, avec une teneur très variable en lipides et contient des quantités négligeables de glycogène [109]. Le muscle blanc contient davantage de protéines que le muscle rouge mais moins de lipides et de glycogène [110]. La teneur en lipides des poissons est variable (0,5 % à 15 %). On les classe généralement en trois groupes : les poissons maigres (0,5 % à 5 %), les poissons demi-gras (5 % à 10 %) et les poissons gras (> 10 %). Ces teneurs varient selon l'espèce considérée, la taille, le statut physiologique (maturité des gonades, cycle de sexuel, les conditions d'élevage et l'âge), la saison de pêche et du contenu énergétique de leur alimentation ([47],[110], [111],[112]). Cependant, la chair des poissons est caractérisée par des teneurs en acides gras polyinsaturés (AGPI) et mono-insaturés (AGMI). Les principaux acides gras dans la chair du poisson sont les acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI-LC) de la série n-3, l'acide eicosapentaénoïque (C20 :5 n-3, EPA) et l'acide docosahexaénoïque (C22:6 n-3, DHA) actuellement considérés comme les acides gras indispensables en raison des capacités limitées de conversion de leur précurseur, l'acide α -linoléique. L'EPA et la DHA sont particulièrement bénéfiques pour la santé humaine ([78],[111],[113]) être présente en moyenne 25 % des lipides de la chair des poissons carnivores contre seulement 0,5 à 3 % chez les animaux terrestres[110]. Ils jouent un rôle

contre les maladies cardio-vasculaires, les phénomènes inflammatoires, le déclin cognitif et le développement optimal du système nerveux central ([114], [115], [116]).

La teneur des AGPI-LC dépend de la teneur en lipides musculaires et de la nature des acides gras présents dans l'alimentation du poisson [78]. Plus la chair de poisson est grasse, plus elle apporte d'EPA et de DHA. La teneur en acides gras est sous la dépendance de l'alimentation[117]. De plus, pour une même teneur lipidique, la teneur en EPA et en DHA peut être très différente d'une espèce à l'autre et au sein d'une même espèce, en fonction de l'alimentation des animaux (de l'huile pour les poissons d'élevage, des algues et du phytoplancton pour les poissons sauvages) [118].

Aujourd'hui, la principale qualité nutritionnelle de la chair de poisson est son apport en acides gras long polyinsaturés (AGLPI) de la série n-3 (EPA et DHA). La compréhension et la maîtrise de la capacité de dépôt et/ou de synthèse des AGLPI chez les poissons frais et leur intégrité dans les poissons transformés et conservés (fumé, fris, séché et salé) demeurent importantes pour le maintien de la qualité nutritionnelle. Quant aux vitamines, les poissons sont une source de vitamines hydrosolubles, notamment B6 et B12, et de vitamines liposolubles, A, E et D. Certains poissons gras, comme le thon, la sardine ou le hareng constituent une source intéressante de vitamine D [119]. Cependant, le contenu en vitamines de la chair des poissons est très variable selon l'espèce, la saison et la zone géographique d'habitat des poissons, mais le facteur majeur de variation est l'apport alimentaire [110] tout comme chez les lipides.

Pour les sels minéraux, les poissons sont riches en phosphore, en calcium, en potassium, en chlore et en soufre. Ils constituent la principale source alimentaire d'iode. La teneur en iode est plus élevée chez les poissons marins que chez les poissons d'eau douce. La teneur en fer varie selon les espèces, les plus riches étant le maquereau et le thon[118]. Chez les poissons marins, la teneur en sodium est plus élevée que celle des poissons d'eau douce en raison de sa capacité à absorber plus d'eau marine afin décompenser la différence de pression osmotique entre leur milieu intérieur, hypotonique, et le milieu aquatique, riche en sels. De façon générale, la teneur en sels minéraux varie principalement en fonction de l'alimentation ([119], [120], [121]).

Tableau II: Composition chimique (protéine, lipide, acides gras, sels minéraux et vitamines) en fonction des espèces de poissons[110]

Nom Commun	Nom scientifique	Protéine (g)	Lipides (g)	EPA+DHA (g)	Vit A*	Vit D*	Vit E**	Vit B6**	Vit B12 *	Vit PP**	K**	P**	Na**	Mg**	Se*	Fe**	I**
Bar Commun	<i>Dicentrarchuslabrax</i>	21,4	4,1	1,02	14,71	2,31	1,35	0,39	4,33	6,79	430	209	46,6	32,3	8	0,39	9
Bar Sauvage	<i>Dicentrarchuslabrax</i>	20,1	1,6	0,4	5,6	3,65	0,71	0,39	4,16	3,72	371	191	71,4	28,3	25	0,4	23
Cabillaud (morue)	<i>Gadusmorhua</i>	17,9	0,4	0,18	<2	0,88	0,44	0,15	1,22	2,68	377	173	77,9	28,8	61	0,5	143
Dorade royale	<i>Sparusaurata</i>	20,8	4,8	0,88	4,5	4,32	0,87	0,44	2,93	6,88	461	248	52,7	31,4	7	0,46	7
Dorade grise	<i>Spondylisoma cantharus</i>	20,5	5,1	0,86	1,5	0,54	0,69	0,36	2,65	4,83	400	250	60,6	31,2	20	0,39	31
Hareng	<i>Clupeaharengus</i>																
gras	<i>Clupeaharengus</i>	18,7	10,6	1,28	11,7	8,36	1,08	0,4	8,28	6,14	421	247	52,4	32,7	25	0,88	9
maigre	<i>Clupeaharengus</i>	18,3	3,7	0,48	6,1	9,59	0,57	0,42	8,47	4,11	450	261	75	36,2	19	0,87	6
Lieu Noir	<i>Pollachius virens</i>	18,2	0,9	0,27	2,8	1,77	0,88	0,25	4,76	2,26	391	192	82,4	30,7	21	1,3	143
Maquereau	<i>Scomber scombrus</i>	18,1	14,2	2,47	56,6	6,44	1,16	0,53	4,9	9,13	340	190	64	28,4	38	0,48	87
Pangasius	<i>Pangasiushypophtalmus</i>	13,4	1,2	0,02	<2	<0,5	0,16	0,1	0,3	1,35	200	107	274	17,6	9,6	0,21	8
Perche du Nil	<i>Lates niloticus</i>	19,1	0,3	0,1	7	0,46	0,49	0,11	1,17	2,01	308	156	57,5	26,8	31	0,26	7
Saumon	<i>Salmosalar</i>	20	12,9	1,48	8,5	5,69	2,32	0,59	3,74	7,12	374	186	35,5	26,2	12	0,24	14
Sole	<i>Solea solea</i>	18	0,4	0,1	5	0,75	0,47	0,26	1,91	3,51	349	170	76,3	26,9	23	0,35	88
Sole tropicale	<i>Cynoglossusspp.</i>	15,7	0,3	0,09	<2	<0,5	0,22	0,1	0,92	1,14	125	80,4	140	20,1	31	0,22	22
Thon Germon																	
maigre	<i>Thunnusalalunga</i>	27,3	1,1	0,35	3,5	2,66	0,43	0,93	2,9	18,88	357	243	59,7	38,3	124	0,94	23
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	18,1	2,1	0,08	<2	15,61	0,93	0,23	1,07	3,28	282	131	28,3	25,4	18	0,27	6
Truite arc en ciel	<i>Oncorhynchusmykiss</i>	19,1	6	1,15	17,1	5,25	2,44	0,38	2,5	5,8	398	184	34,5	27,1	9	0,34	12
Turbot	<i>Psetta maxima</i>	18,3	3,8	0,79	9,6	0,71	3,63	0,19	1,25	3,49	306	134	77,9	24,9	18	0,16	24

* (µg/100g) ; ** (mg/100g) ; K : potassium ; P: Phosphore; Na: Sodium; Mg: Magnesium; Se:Sélénium ; Fe : Fer ; I : Iode

II. PROCEDES DE CONSERVATION ET DE TRANSFORMATION DES POISSONS

2-1.1. Réfrigération

C'est un procédé qui consiste à abaisser la température du poisson de manière qu'elle soit voisine de celle du point de congélation mais toujours positive[122].Après la capture, il est urgent de mettre les poissons sous la réfrigération. Elle consiste à entreposer les poissons, à une température basse, proche de la température de congélation commençante du produit. Généralement, la température de réfrigération se situe aux alentours de 0°C à +4°C. Ainsi, la réfrigération permet de faire une conservation à court terme des poissons et a pour but de retarder la croissance des bactéries ([45], [123], [124]).

2-1.2. Congélation

La congélation ou le froid négatif est un procédé qui consiste à soumettre un produit au froid de façon à provoquer le passage de l'eau liquide qu'il contient à l'état solide[120]. Au cours de la congélation, le froid provoque la baisse de l'activité de l'eau suivi d'une diminution de l'eau disponible, ce qui ralentit ou stoppe l'activité des micro-organismes et les activités enzymatiques ([13],[120]). La congélation des produits facilite le transport et la distribution notamment en prolongeant la durée de vie des poissons.

2.1.4. Fumage

Le fumage consiste à soumettre des poissons à l'action de la fumée provenant de la combustion lente du bois afin de réduire leur teneur en eau et à y introduire divers composants de la fumée ([13],[120],[125]). Le but de la fumaison est de conserver les poissons en lui donnant une couleur et une saveur [126] appréciable par le consommateur. La qualité des produits fumés dépend de la composition de la fumée qui dépend elle-même de la nature du bois, de sa température de combustion. La fumée est composée chimiquement des phénols, des alcools, des acides organiques et des composés carbonylés et hydrocarbures. En Asie et particulièrement en Chine, des assaisonnements de fumée liquide sont utilisées. Ce liquide contient les mêmes composants fonctionnels tels que des phénols, les carbonylés et les acides qui sont trouvés dans la fumée vapeur lors du fumage mais ne contient pas les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAHs)[127] qui sont les contaminants environnementaux omniprésents, considérés comme des molécules cancérigène et mutagène ([128], [129]). Plusieurs matières premières sont utilisées en dehors des poissons lors du fumage, il s'agit du bois et

d'autres sous-produits. La nature du bois varie selon les pays et les traditions.

Pour le fumage dans certaines localités de l'Afrique Subsaharienne, on utilise comme combustible les sciures de bois, les coques de noix de palmier, des épis de maïs et des coques de noix de coco etc....([130], [131]). On y rencontre trois types de four: le four circulaire en terre de barre, le four « Chorkor » de forme rectangulaire en terre de barre également, d'origine ghanéenne, et le four en tonnelet ([130], [131],[132]).En général, il existe trois types de fumage : le fumage à froid ; le fumage à chaud et le fumage séchage. Le type de fumage dépend essentiellement de la température générée par la combustion. Pendant le fumage à froid, la température est comprise entre 20°C et 25°C[133]. Pour le fumage à chaud, le produit est fumé à chaud, c'est-à-dire qu'il est cuit et il sèche ensuite par continuation du fumage ; les températures de fumage varient entre 40et 100°C[134]. Ce type de fumage est pratiqué dans certaines localités de l'Afrique Subsaharienne et s'effectue de façon artisanale. Enfin le fumage-séchage (séchage en fumoir) permet de fumer le produit à chaud, c'est-à-dire qu'il cuit et il sèche ensuite par continuation du fumage ; les températures varient entre 45 et 85°C [135].Les différentes espèces de poissons fumés dans les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest sont les bonites, les chinchards, les dorades, les mademoiselle, les hecks, les maquereaux et les bramas. Les maquereaux et les chinchards sont dans l'ensemble des espèces de poisson les plus fumés[131]dans cette zone.

2.1.5. La cuisson

La cuisson est l'opération par laquelle les poissons crus sont transformés sous l'effet de la chaleur pour être consommé. La chaleur produite lors de la cuisson détruit ou inhibe totalement les enzymes et les microorganismes thermo sensibles dans le but de conserver les poissons([65], [120]).On distingue trois types de cuissons : la cuisson à sec qui concerne l'action de rôtir, sauter ou griller, le produit perdant de l'eau en grande quantité, la cuisson humide (dans l'eau, à la vapeur, en papillote ou en sauce) et la friture (à huile d'arachide, de tournesol, rouge etc...)[13].La température de l'huile de friture devrait s'établir entre 160°C et 195°C[136]. Dans les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest, la friture se pratique pour la conservation de plusieurs espèces de poissons (les Tilapia, les Sardinelles, les Chinchards, les Mulets et les Menus). Les tilapias sont vendus surtout frais et les non-vendus sont fris puis ensuite commercialisés. Les poissons souvent subissent soit une cuisson humide ou après la friture sont cuits dans une sauce.

2.1.5. Le salage

Le salage est le processus qui consiste à traiter le poisson au sel de qualité alimentaire, afin de réduire l'activité de l'eau de la chair du poisson et de rehausser l'arôme grâce à une technique de salage appropriée. Le salage a également pour but de blanchir les chairs et de débarrasser le poisson de son sang, de son mucus où abondent les micro-organismes et de toutes matières qui en souillent la surface [120]. Il existe trois types de salages[133] : le salage à sec consiste à enrober de sel fin les filets de gros poissons et de sel de gros cristaux aux poissons maigres, ensuite ils sont séchés et stockés à 12 et 15°C ; le salage en saumurage se fait en immergeant les poissons dans une solution aqueuse à un pH variant entre 5,6 et 6,2 à 10°C avec une salinité comprise entre 0 et 100 ; le salage par injection donne un meilleur rendement que le saumurage, il consiste à injecter à l'aide d'une aiguille creuse la saumure dans le muscle du poisson la saumure dans le muscle du poisson où répartition du saumure est homogène. Les facteurs d'influence sur le salage sont : l'état de fraîcheur du poisson, sa teneur en matières grasses et la température[120].

2.1.6. Le séchage

Le séchage se base sur le principe de la déshydratation. Ainsi, la déshydratation consiste à réduire la teneur en eau contenue dans les tissus du poisson totalement ou partiellement ([1],[13]). Aujourd'hui, les produits sont déshydratés par différentes techniques (séchoirs à air chaud, rampe infrarouge, cylindres chauffants, fluidisation : passage de gaz chauds à travers une grille plaque)[13]. Les poissons sont séchés après le fumage. Parfois, l'intensité du feu après cuisson est réduite pour permettre le séchage par la chaleur pendant un temps donné. Le séchage dépend de trois facteurs : la température, l'humidité relative et la vitesse de l'air. Après le séchage, le taux de matière obtenue varie entre 60 et 90 % de matière sèche et il est consommé tel ou après réhydratation [133].

III. IMPACT DES PROCÉDES DE TRANSFORMATION/CONSERVATION SUR LES QUALITÉS DES POISSONS

3-1-Effet des procédés sur les caractéristiques sensorielles des poissons

Lors de la réfrigération et de la congélation, la texture des poissons est affectée par les cristaux de glace selon leur taille. Les caractéristiques organoleptiques de la chair des poissons qui sont influencées par le mode de congélation sont essentiellement la tendreté, la jutosité et le pouvoir de rétention d'eau. Les gros cristaux qui se forment lors de la

congélation, produisent des tensions mécaniques et des cisaillements qui endommagent la texture ce qui entraîne l'apparition de réactions enzymatiques d'altération [137]. Pendant la congélation, l'abaissement de la température arrête les réactions physico-chimiques, les réactions encore actives sont situées dans les parties du tissu non gelées. Les changements physico-chimiques les plus communs qui peuvent se produire pendant la congélation sont la déshydratation, les changements des lipides, la détérioration de la saveur, la dégradation des colorants et des vitamines, le brunissement enzymatique et la dénaturation de protéine [138]. Les modifications physiques et chimiques affectent aussi le muscle à travers la détérioration des fibres musculaires. La détérioration des fibres musculaires est observée chez les *Epinephelus coioides* (Figure 5) 14 jours après la réfrigération comparée aux fibres à 0 jours de stockage de ces poissons[55].

La caractéristique sensorielle telle que la couleur est influencée par plusieurs procédés. L'acuisson entraîne une diminution de tous les paramètres de couleur (L^* , a^* et b^*) chez les filets cuits qui deviennent plus clairs[139]. Cet impact est plus prononcé chez les filets ayant subi la cuisson humide. Les études de l'effet de la congélation sur la composition biochimique et d'acide gras des maquereaux (*Scomber japonicus*) révèlent une perte de l'état de fraîcheur et un changement de couleur (gris) après 30 jours de stockage à -19°C[140]. De même, des teintes jaunâtres sont observées chez les thons à nageoires jaunes (*Thunnus albacares*) après 11 jours de stockage sous glace[141]. Les modifications de couleur du poisson observées sont causées par la dégradation des pigments du sang résiduel contenu dans la chair ou de la myoglobine.

Quant au fumage, il influe sur les paramètres sensoriels tels que la texture, l'odeur ou la flaveur et la couleur. La texture est modifiée (durcissement ou ramollissement) suite à l'effet de la cuisson lors du fumage, agissant ainsi sur les fibres musculaires. Les travaux réalisés sur la dégradation de la structure musculaire lors du fumage des maquereaux (*Scomber scombrus*) et des merlus (*Merluccius merluccius*) démontrent un changement de la structure musculaire[142]. Ainsi, à l'état frais, la structure musculaire des deux espèces de poissons est bien serrée et l'espace péri-cellulaire est très réduit. Après le fumage, une fragmentation des fibres pour le maquereau (Figures 6A et 6B) et un élargissement de l'espace endomysial pour le merlu (Figures 6C et 6D) est obtenue. Par ailleurs, les composés de la fumée (les carbonylés) déposés lors du fumage apportent une coloration spécifique de surface[65] via des réactions de type

Maillard. Pour la couleur, généralement, chez les poissons fumés, elle va du jaune doré au brun foncé chez les saumons fumés [65] et est dorée chez les poissons fumés dans la zone côtière de l'Afrique de l'Ouest [130]. Le changement de la couleur du poisson frais au poisson fumé s'explique par le fait que les composés phénoliques, les carbonylés et les

furannes émis lors du fumage, modifient la couleur. Les composés phénoliques ont pour origine la dégradation thermique de la lignine du bois alors que les composés furaniques proviennent de celle de la cellulose et de l'hémicellulose du bois utilisés pendant la fumaison[65].

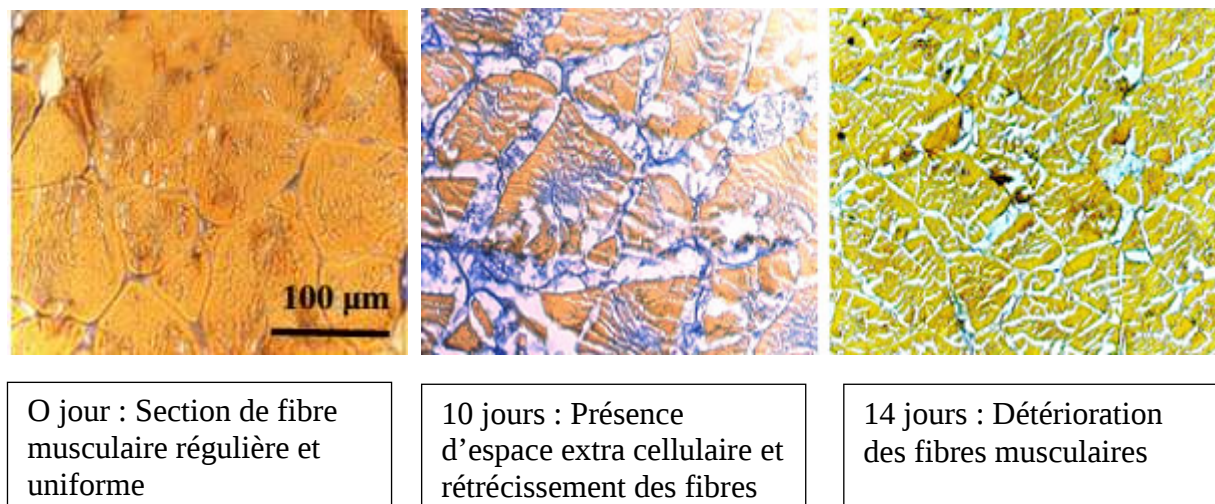
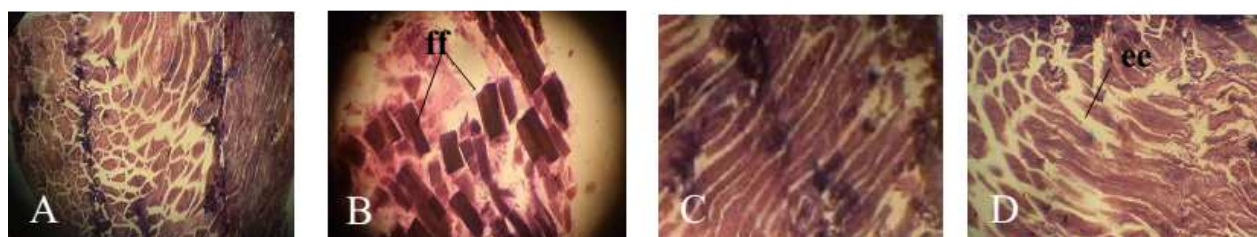


Figure 5 : Micrographe des tissus d'*Epinephelus coioides* lors de la réfrigération [55]



A: maquereau frais, B: maquereau fumé, C: merlu frais, D: merlu fumé. (ee: espace endomysial, ff: fibres fragmentées).

Figure 6 : Coupe histologique montrant un changement de la structure musculaire de deux espèces de poissons après le fumage[142]

3-2-Effet des procédés sur les caractéristiques microbiologiques des poissons

Les procédés de transformation et de conservation (réfrigération, congélation, surgélation, fumage, friture, séchage etc...) influent sur les charges bactériennes en limitant leur croissance ou en réduisant leur nombre. Pendant le fumage, le poisson se déshydrate en même temps qu'il s'imprègne des composés volatils de la fumée. La fumée joue un rôle antiseptique grâce à la fraction phénolique à bas point d'ébullition qui prolonge la phase en latence des bactéries. Le fumage acidifie légèrement la chair à un pH inférieur à 5,9[125]. Ces conditions réunies ralentissent le développement des microorganismes. Les

composés phénoliques, les acides organiques présents dans la fumée et l'application de sel lors du processus de fumage peuvent avoir aussi un effet inhibiteur sur la croissance microbienne.

Plusieurs études ont été réalisées chez les espèces couramment consommées en Europe à savoir la truite et le saumon fumés. La charge des saumons en fin de fumage a été de 10^2 à 10^6 germes/g[143]. De même un effet de réduction de la flore totale (10^4 ufc/g) a été observé chez les filets de *Platax orbicularis* fumés, comparée à celle des normes soit 10^6 ufc/g[144].

En Afrique de l'Ouest plusieurs études ([96], [100], [103], [105], [106], [107]) réalisées sur plusieurs espèces de

poissons fumés (les chinchards, les maquereaux, les harengs, les clupéidés) démontent une baisse de charges de la flore bactérienne.

En outre, les procédés tels que la congélation et la réfrigération sont de plus en plus utilisés dans les ménages et dans les industries agroalimentaires. Le froid demeure une technique de conservation des poissons qui ralentit ou bloque les réactions enzymatiques et le développement des micro-organismes [120]. Son but est de prolonger la durée de conservation des poissons frais. Toutefois, le froid ne détruit pas les germes qui peuvent donc reprendre leur activité dès que la température redevient favorable. La bonne conservation par le froid dépendra de deux facteurs à savoir : la continuité de la chaîne du froid et la qualité sanitaire initiale du poisson. L'altération des poissons est ralentie lorsqu'ils sont stockés à des températures basses. La flore responsable de l'altération des produits frais change avec la température. Entre 0°C et 5°C, les bactéries comme les *Shewanellaputrefaciens*, *Photobacteriumphosphoreum*, *Aeromonasspp* et *Pseudomonas* sont trouvées, alors qu'entre 15°C et 30°C, les *Vibrionaceae*, les *entérobactéries* et les bactéries à Gram-positif sont obtenus. La maîtrise de la prolifération nécessite que la température des produits reste la plus voisine de 0°C pendant toutes les opérations (maintien des produits en chambre froide ou sous glace). Pendant la réfrigération, la flore pathogène est inhibée et le développement de la flore de contamination est ralenti. Si les bactéries mésophiles et thermophiles sont complètement inhibées pendant la réfrigération, celles psychrotrophes ou psychrophiles les plus résistantes qui ont un optimum de croissance à 20 - 25°C, peuvent se multiplier à 4°C, parfois même à des températures négatives. La réfrigération constitue un moyen efficace contre les bactéries d'altérations, cependant leur effet bactéricide demeure nul. Cet effet est obtenu aux températures négatives lors de la congélation [145].

La congélation quand elle, a une action beaucoup plus efficace vis-à-vis des bactéries. Elle arrête totalement leur développement et leur l'activité enzymatique. La multiplication bactérienne est arrêtée lorsque la température atteint -10°C et les levures et les moisissures nécessitent une température d'au moins -18°C. Elle occasionne un effet létal partiel due à la formation de la glace. Néanmoins les spores résistent très bien et les coques gram+ bien aussi.

3-3-Effet du procédé sur les caractéristiques technologiques des poissons

Les techniques utilisées peuvent être fondées sur le contrôle de la température (réfrigération, congélation) ou sur

le contrôle de l'activité de l'eau (séchage, salage, lyophilisation) ([65], [120]). Dans la présente revue, les procédés contrôlant l'activité de l'eau des poissons sont examinés. Il s'agit du fumage et de la friture.

3.3.1. Effet sur le pH

Le pH est un indicateur de degré de fraîcheur et de détérioration des poissons. A la mort du poisson, le pH *post mortem* avoisine la neutralité. La congélation et la réfrigération ont un effet sur l'évolution du pH.

A la température ambiante le pH *post mortem* du poisson chute de 0 heure à 5 heures avant d'augmenter de 6 heures à 12 heures de temps [52]. Chez les poissons (*Channa striata*) réfrigérés à +4°C le pH diminue pendant 3 jours avant d'augmenter jusqu'au 18^{ème} jour de stockage [60]. De même, chez les poissons (*Pangasianodon hypophthalmus*) congelés à -20°C, le pH décroît jusqu'à 90^{ème} jours de l'expérimentation [51].

Par ailleurs, les études réalisées sur les poissons (*Engraulis encrasicolus*) frits, cuits à l'eau bouillante et braisés démontrent que les méthodes de cuisson n'ont pas d'effet sur le pH. Les valeurs de pH varient entre 6,4 et 6,6 [146]. Dans le cas des poissons congelés et transformés, le pH semble ne pas être un bon indicateur de l'état de fraîcheur et de qualités des poissons [147].

3.3.2. Effet sur la teneur en eau, l'activité de l'eau et la capacité de rétention d'eau

L'activité de l'eau, associée à d'autres descripteurs, peut donner une indication sur la qualité des produits : nutritionnelle, organoleptique et microbiologique (plus A_w est élevée, plus les microorganismes peuvent se développer et altérer le produit) [120]. L'activité de l'eau est un facteur essentiel à la croissance des microorganismes. Lorsqu'une bactérie se trouve dans un milieu dépourvu d'eau, il y'a plasmolyse de la cellule. Cette perte en eau limite considérablement le développement bactérien et peut conduire à la mort de la cellule.

Plusieurs techniques sont utilisées pour réduire cette teneur à savoir : le fumage, le séchage, le salage et la cuisson ([65], [120], [148]). Chez les poissons fumés une teneur en eau inférieure à 25% du poids total est exigée pour limiter les phénomènes de dégradation et permettre une meilleure conservation du produit [148]. Pendant le fumage, la texture du poisson est affectée et la couleur change par différente réaction notamment celle de Maillard.

Après le fumage, la teneur en eau de la chair des maquereaux frais (82,6 %) passe à 65%, celle de la chair de

merlu frais (83%) diminue à 64% [142]. La chaleur produite lors de la fumaison déshydrate partiellement les poissons fumés en ôtant une partie de l'eau libre. De même, pendant la conservation à froid, la teneur en eau ou la capacité de rétention d'eau diminue. Les études réalisées à la réfrigération (+4°C) montrent une diminution de la capacité de rétention d'eau variant de 90 à 87% chez *Oreochromis* éviscérés et non éviscérés [149] et chez les raies [150]. Les poissons dont la capacité de rétention est faible ont eu une grande quantité d'eau exsudée. Les pertes de succulences importantes sont enregistrées à cause des pertes de nutriments (protéines) qui accompagnent l'eau exsudée [149]. Toutefois une capacité de rétention en eau accrue donne une meilleure tendreté [10].

3-4-Impact du procédé sur la qualité nutritionnelle des poissons

Les poissons en général présentent de fortes teneurs en protéines, en lipides, en vitamines et en sels minéraux. Ces teneurs peuvent être influencées par les procédés de transformations et de conservation. Les études réalisées montrent que les méthodes de cuisson (cuisson à l'eau bouillie, cuisson par friture, cuisson par le fumage-séchage) augmentent de façon significative les teneurs en matière sèche, en cendre, en lipides totaux et en protéines ([126], [146]). Après le fumage, la teneur en protéine augmente par rapport à la teneur initiale dans la chair du poisson frais ([98], [151], [152], [153], [154], [155]). La teneur en protéine dans la chair des *Oreochromis niloticus* frais (20,41%) augmente à 65%, après le fumage séchage à 70°C [126]. La teneur en protéine peut varier d'une espèce à une autre. Chez les maquereaux et les merlus fumés la teneur en protéine est passée de 23% à 29% [142]. La teneur de protéine brute qui augmente après fumage dans la chair du poisson est liée principalement à la perte en eau du poisson lors du procédé de fumage et aux températures de fumage ([152], [156], [157]). La température élevée augmente la teneur en protéine lors du fumage industriel à chaud [152].

Cependant, la congélation (-12°C), la réfrigération (0 et 4°C) et la surgélation peuvent induire une dénaturation des protéines de la chair des poissons frais et transformés ([60], [62], [158], [159]). Chez la plupart des espèces, les protéines totales ou myofibrillaires dénaturées présentent une faible teneur après la conservation. Les protéines hydrosolubles et les acides aminés qui se forment en dehors de la glace lors de la conservation par le froid sont aussi affectés par la dénaturation. Dans ce cas, les pertes de protéines s'expliquent par des pertes en eau issues de la chair des poissons [158]. Cette perte de protéine ou d'acides

aminés libres entraînent une diminution de la saveur lors de la congélation ([45], [123]).

La teneur en protéine varie d'un procédé de transformation à un autre. Elle varie de 53 à 67% chez les poissons séchés au soleil, de 31 à 57% chez ceux séchés au four, de 22 à 37% chez les poissons bouillis et de 21 à 32% chez les poissons fumés ([155], [160]). Les poissons misent en boîtes ont une teneur faible (13,21%) que ceux congelés (16,68%) [155].

Les teneurs en protéine les plus élevées sont obtenues chez les poissons séchés. Ce qui implique que l'azote de protéine n'a pas été perdu pendant le séchage comparé à d'autres poissons. Aussi, les différences températures appliquées lors des différents procédés peuvent causer les différentes variations de la teneur en protéine pour le séchage au four (35°C à 42°C), le fumage séchage (75°C à 80°C), la congélation (-16°C), la pré-cuisson pour la mise en boîte (90°C-92°C) [155] et le séchage au four (110°C) [160]. A une basse température (50°C) les protéines plasmatiques et sarcoplasmiques sont dénaturées [120].

En outre, les lipides totaux des poissons subissent une oxydation lors de la conservation par le froid (congélation). Ils sont impliqués dans la détermination des qualités organoleptiques (couleur, flaveur, texture) ainsi que dans la stabilité de la chair (péroxydation des lipides) et l'aptitude à la transformation (fumage, séchage) des poissons. Chez les poissons gras, elle constitue un facteur limitant de leur conservation pour une longue durée [120]. Des pertes de lipide sont obtenues chez les poissons congelés à -16°C et -12°C ([158], [159]). Celles obtenues lors de la congélation sont dues à une teneur élevée d'humidité [155]. Lorsque la teneur en eau des poissons est faible, les teneurs en lipide et en protéines sont élevées [161].

Les faibles teneurs en lipides lors de la conservation par le froid, conduisent à des faibles teneurs en Acides Gras Polyinsaturés à Longue Chaîne (AGPI-LC), riches en AGPI-LC de la série n-3 tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA ; 20 :5 n-3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA ; 22 :6 n-3) important dans l'alimentation humaine. Les études réalisées sur les filets de poissons de trois espèces (*Scomberomorus commersoni*, *Carcharhinus dussumieri*, *Scomber japonicus*) congelés à -19°C et -18°C conduisent à une diminution de la teneur des AGPI-LC avec une forte oxydation des lipides ([140], [162]). Une rancidité oxydative des lipides au cours de l'entreposage réduit la valeur nutritive des poissons, ce qui affecte particulièrement la saveur des poissons. En général, on constate une perte substantielle lors d'un entreposage défectueux (stockage

prolongé ou fluctuation de température) des acides gras polyinsaturés de la famille des oméga 3, particulièrement les EPA et les DHA dont le rôle dans la prévention des maladies cardiovasculaires est bien connu.

Contrairement aux procédés de froid, ceux utilisant la chaleur influent sur la teneur en AGPI. Lors des fritures plates, les dégradations des AGPI-LC de la série n-3 sont quantitativement limitées en raison de la courte durée de la friture avec les effets combinés du chauffage et de l'oxygène [120]). L'étude faite sur les anchois (*Engraulis encrasicolus*) indique que les méthodes de cuisson (friture, bouillie et braisage) varient les teneurs en AGPI des poissons [146]. La teneur en AGLI diminue chez les anchois frits et grillés mais augmente au niveau des échantillons cuits au four.

Toutefois, pour les poissons gras, il faut éviter de les frits, car EPA et DHA se dissolvent dans l'huile de cuisson, tandis que celle-ci diffuse dans la chair du poisson.

La teneur en vitamines du poisson congelé après trois mois entreposé à -30°C, est à peine différente de celle du poisson frais [120]. Aussi, certaines vitamines (vitamines A et C) peuvent être partiellement détruites par oxydation au cours du séchage par air chaud.

IV. CONCLUSION

Les procédés de conservation et de transformation, comme la fumaison, la salaison, la friture, le séchage, la congélation, la réfrigération, et la surgélation permettent de préserver et/ou d'améliorer les qualités microbiologiques, technologiques, organoleptiques et nutritionnelles de la chair des poissons. Ils ont leurs avantages et inconvénients. Ils peuvent être à l'origine des modifications de la qualité : modification de couleur, de la texture, apparition d'odeur et de nouvelle saveur. Le développement de la saveur dans les produits fumés, salés, frits et cuits, les changements de couleur causés par les traitements thermiques et la destruction des bactéries par la chaleur sont autant de qualités positives apportées par les traitements technologiques. Toutefois, la connaissance et la maîtrise des facteurs de variations des paramètres déterminant les qualités avant la capture, après la capture et lors des procédés de transformation et de conservation des poissons sont nécessaires pour obtenir un produit final de qualité appréciable par le consommateur. Le choix de l'espèce, l'évolution du pH, la teneur en eau, l'alimentation des poissons, les méthodes de conservation sont autant de paramètres sur lesquels il faut jouer pour obtenir les meilleures performances lors de la transformation/conservation des poissons. Ces procédés de

conservations et de transformation varient d'un pays à un autre et dépendent des habitudes alimentaires. Cependant, avec le contexte actuel de la mondialisation où la qualité des produits alimentaires devient une exigence, il est important d'orienter les recherches vers les espèces de poissons les plus consommées et commercialisées afin de garantir la sécurité alimentaire des consommateurs.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

MHMA a effectué la recherche documentaire et la rédaction de l'article de synthèse. Les auteurs SGAA, GAB, CFAS, MD, AC et SF ont corrigé et améliorés la synthèse par rapport à chaque notion abordée. IYAK a supervisé la rédaction de l'article de synthèse et la validation de l'article après sa rédaction.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) à travers son financement, et l'équipe de recherche du Laboratoire de Biotechnologie Animale et de Technologie des Viandes de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi en particulier son directeur le Professeur Issaka YOUSAO ABDOL KARIM pour ses contributions.

REFERENCES

- [1] ANSES. 2015. Définition des denrées périssables et très périssables. Avis de l'Anses, saisine n° 2014-SA-0061. <https://www.anses.fr/system/files/BIORISK2014sa0061.pdf>.
- [2] FAO. 2016. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome, p. 224p.
- [3] FAO. 2014. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Possibilité et défis. Rome. p. 206.
- [4] ISO. 9000. 2005 Systems quality management - Fundamentals and vocabulary. Geneva, Switzerland. www.iso.org.
- [5] Lebret B. and Picard B. 2015. Les principales composantes de la qualité des carcasses et des viandes dans les différentes espèces animales. In : Numéro spécial, le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). INRA Production Animale, 28: p. 93-98.
- [6] Mairesse G. 2005. Déterminisme ante mortem et variabilité de la qualité nutritionnelle,

- technologique et organoleptique (couleur et morphologie) de la perche commune *Perca fluviatilis* (L.). Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine. p. 189.
- [7] Lefèvre F. and Bugeon J. 2008. Déterminisme biologique de la qualité des poissons in 12^{ème} Sciences du Muscle et Technologies des Viandes. p. 139-146.
- [8] Haak L., Raes K, Smet K, Claeys E, Paelinck H, De Smet S. 2006. Antioxydant and fatty acid on the oxidative stability of fresh and cooked pork. *Meat Science*. 74: p. 476-486.
- [9] Salifou CFA, Youssao AKI, Ahounou GS, Tougan PU, Farougou S, Mensah GA, Clinquart A. 2013. Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Annales de Médecine Vétérinaire*. 157: p. 27-42.
- [10] Listrat A, Lebreton B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Bugeon J. 2015. Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs ? *INRA Productions Animales*. INRA Editions. 28(2): p. 125-136.
- [11] Alami-Durante H, Rescan PY. 2003., Typologie et ontogenèse des fibres musculaires chez les poissons. *INRA Production Animale*. 16(2): p. 145-155.
- [12] Bouazzaoui Y. 2011. Chapitre II : Altération de la qualité des produits de la mer : technologies de transformation des produits de la mer. Altération de la qualité L'Axielle de la formation spécialisée, Maroc p. 12. <http://fr.scribd.com/doc/46466660/Alteration-de-la-qualite-des-produits-de-la-peche>
- [13] Dib A L. 2014. Evaluation de la contamination microbienne des produits de la mer. Thèse de Doctorat en Sciences en Hygiène et Sécurité Alimentaire de l'Université Constantine1, Institut des Sciences Vétérinaires. p. 280.
- [14] Chéret R. 2005. Effet des hautes pressions sur les indicateurs de maturation de la viande et d'altération du muscle de poissons. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes en Génie des Procédés. p. 197.
- [15] Leduc F. 2011. Evaluation de la qualité des poissons frais par des approches biochimiques. Thèse de doctorat en biochimie de l'Université Science et Technologie de Lille 1 de l'Ecole doctorale biologie et Santé.
- [16] Islami SN, Reza MS, Mansur MA, Hossain MI, Shikha FH, and Kamal M. 2014. Rigor index, fillet yield proximate composition of cultured striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) for its processing industries in Bangladesh. *Journal of Fisheries* 2(3): p. 157-162.
- [17] Dromer C, Reynal L, Etienne M, Mathieu H, Pau C, Eugène S, and Régina F. 2015. Etude de la qualité des produits de la pêche associée aux DCP ancrés R.INT.RBE/BIODIVENV 2015-2. p. 123.
- [18] Buchet VRB, Knockaert C, Gasset E, Maamaatuaiahutapu M, Tamata T, Teissier A. 2011. Approche qualité post-récolte du *Platax orbicularis* d'aquaculture en milieu tropical insulaire. Rapport final de la Convention n° 8.0033/MPA/SPE du 02/09/2008.
- [19] Macé S. 2013. Caractérisation et quantification moléculaires de l'écosystème microbien d'altération du saumon cru et des crevettes cuites. Thèse de Doctorat (PhD) de l'Université de Nantes Angers le Mans. p. 242.
- [20] Basto dos Santos AF. 2016. Potential of prepupae meal of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as potential ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) : effect on flesh quality. Master of Science of Porto University. p. 104.
- [21] Røra AMB, Morkore T, and Einen R. 2001. Primary processing (evisceration and filleting) In: Kestin SC, Warriss PD, editors. *Farmed fish quality* Oxford, England: Fishing News Book. Blackwell Science Ltd.: p. 249–60.
- [22] Ducarme C. Micha JC. 2003. Technique de production intensive du poisson chat africain, *Clarias gariepinus*. *Tropicultura*. 21(4): p. 189-198.
- [23] Nguyen PM. 2014. Effect of water temperature and time during tilapia processing to its fillet quality. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 1 (6): p. 178 -184.
- [24] Borderias AJ, and Sanchez-Alonso I. 2011. First Processing Steps and the Quality of Wild and Farmed Fish. *Journal of Food Science*. Vol. 76(1).
- [25] Bugeon J, Lefèvre F, Davenel A, and Haffray P. 2008. Rendement de découpe et qualité de la chair chez trois espèces de Salmonidés : la Truite Arc En Ciel, la Truite Fario et le Saumon Atlantique. 12^{ème} Journée Science du Muscle et Technologies des Viandes: p. 167-168.
- [26] Bugeon J, Lefevre F, Cardinal M, Uyanik M A, Davenel A, and Haffray P. 2010. Flesh quality in

- large rainbow trout with high or low fillet yield. *Journal of Muscle Foods*. 21: p. 702–721.
- [27] Rutten M.J, Bovenhuis H, and Komen H. 2004. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*. 231(1-4): p. 113-122.
- [28] Deependra A. 2011. Fillet quality and yield of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): variation between families, gender differences and the importance of maturation. Thesis of Master, Norwegian University of life Science. p. 64.
- [29] Mathis N. 2003. Influence des conditions d'abattage sur les propriétés technologiques, physiques, organoleptiques et nutritionnelles de la perche (*Perca fluviatilis*). Thèse de l'Institut Polytechnique de Lorraine, Vandoeuvre-les-Nancy, France. p. 122.
- [30] Martin J, Poli J, and Petillot F. 1995. La transformation du silure glane (*Silurus glanis* L.)- Rendement du filetage. *La pisciculture française*. p. 51-55.
- [31] Linhart O, Štech L, Švarc J, Rodina M, Audebert JP, Grecu J, Billard R. 2002. The culture of the European catfish, *Silurus glanis*, in the Czech Republic and in France. *Aquatic Living Resources*. 15(2): p. 139-144.
- [32] Lanari D, Poli BM., Ballestrazzi R, Lupi P, D'Agaro E, Mecatti M. 1999. The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture*. 179(1-4): p. 351-364.
- [33] Nicolle JP and Knockaert C. 1982. Notes techniques - Fumage du thon - Utilisation du chinchard et du mullet. *Science et Pêche Bulletin d'Institut des Pêches maritimes* p. 326.
- [34] Saillant E, Dupont-Nivet M, Sabourault M, Haffray P, Laureau S, Vidal MO, Chatain B. 2009. Genetic variation for carcass quality traits in cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*. 22(1): p. 105-112.
- [35] Nguyen HH, Ponzoni RW, Abu-Bakar KR, Hamzah A, Khaw HL, Yee HY. 2010. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 305(1-4): p. 1-5.
- [36] Servan E. 2011. Evaluation des bases génétiques, de la morphologie et des rendements de découpe de la daurade (*Sparus aurata*) et interactions avec deux milieux d'élevage (cage et circuit fermé). Mémoire de fin d'étude Agrocampus-Ouest. p. 38.
- [37] Gjerde B, Mengistu SB, Ødegard, J, Johansen H, Altamirano DS. 2012. Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 342: p. 117-124.
- [38] Van Sang N, Klemetsdal G, Ødegård J, Gjøn HM. 2012. Genetic parameters of economically important traits recorded at a given age in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture*. 344: p. 82-89.
- [39] Ma JTDY, Rye M, Wang YX, Bentsen HB, Gjødrem T. 2012. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in fillet traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. *Aquaculture*. 366: p. 67-75.
- [40] Haffray P, Bugeon J, Rivard Q, Quittet B, Puyo S, Allamelou JM, Vandeputte M, Dupont-Nivet M. 2014. Reprint of: Genetic parameters of in-vivo prediction of carcass, head and fillet yields by internal ultrasound and 2D external imagery in large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 420: p. S134-S142.
- [41] Toubiana A. 2016. Paramètres génétiques de prédicteurs de rendement de découpe chez le bar et progrès génétiques potentiels par sélection. Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage d'Agrocampus-Ouest Rennes. p. 85.
- [42] Bugeon JLF, Uyanik A, Labbé L, Davenel A, Haffray P. 2007. Rendement au filetage et qualité de la chair chez trois espèces de Salmonidés : la Truite Arc En Ciel, la Truite Fario et le Saumon Atlantique. *Premières Journées Recherche Filière Piscicole (3 et 4 Juillet 2007 à Paris)*: p. 1.
- [43] Bugeon JLF, Davenel A, Haffray P. 2008. Rendement de découpe et qualité de la chair chez trois espèces de Salmonidés : la Truite Arc En Ciel, la Truite Fario et le Saumon Atlantique, . 12^{ème} Journée Science du Muscle et Technologies des Viandes: p. 167-168.
- [44] Purwaamidjaja E. T. 2010. Storage quality of frest redfish (*Sebastes marinus*) fillet as affected by different cooling methods. Final Project. Thesis of

- Master of Jakarta Fisheries University. Fisheries Tranning Programme. p. 37.
- [45] Ghaly AE., Dave D, Budge S, Brooks MS. 2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. American Journal of Applied Sciences. 7(7): p. 859.
- [46] Elminshawi A.A. 2007. The effect of processing on quality attributes of three type of fish meat. Thesis submitted for degree of doctor of philosophy (PhD) in animal production. Faculty of animal production. University of Khartoum.
- [47] Dehaut A. 2014. Evaluation de la qualité fraîcheur du poisson par des approches biochimiques (SPME-GC/MS) et Moléculaires (q PCR). Thèse de doctorat de l'Université de Lille I en Ingénierie des fonctions biologiques. p. 243.
- [48] Fauconneau B. 2004. Diversification, domestication et qualité des produits aquacoles. Productions Animales. 3 (17), 227-236.
- [49] Liu S, Fan W, Zhong S, Ma C, Li P, Zhou K, Peng Z, Zhu M. 2010. Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0C based on sensory, microbiological, biochemical and physical attributes. African Journal of Biotechnology. 9(5): p. 692-701.
- [50] Farid FB, Latifa GA, Nahid MN, Begum M. 2014. Effect of sun-drying on proximate composition and pH of shoal fish (*C. striatus*; Bloch, 1801) treated with salt and salt-turmeric storage at room temperature (27 C-30 C). J. Agricul. Veter. Sci. 7(9): p. 01-08.
- [51] Akter M, Islam M J, Mian S, Shikha FH, Rahman MH, Kamal MD. 2014. Changes in fillet quality of pangas catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) during frozen storage. World Journal of Fish and Marine Sciences. 6(2): p. 146-155.
- [52] Makawa Z, Kapute F, and Valeta J. 2014. Effect of delayed processing on nutrient composition, pH and organoleptic quality of pond raised tilapia (*Oreochromis shiranus*) stored at ambient temperature. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 14(3).
- [53] Hernández MD, López MB, Álvarez A, Ferrandini E, García B, Garrido MD. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. Food chemistry, 114(1): p. 237-245.
- [54] Özyurt G, Kuley E, Özkütük S, Özogul F. 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. Food chemistry. 114(2): p. 505-510.
- [55] Sharifian S, Ebrahim A, Mortazavi MS, Moghadam MS. 2014. Effects of refrigerated storage on the microstructure and quality of grouper (*Epinephelus coioides*) fillets. Journal of food science and technology. 51(5): p. 929-935.
- [56] Köse S. and Erdem ME. 2001. Quality changes of whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, N. 1840) stored at ambient and refrigerated temperatures. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. (1) 59-65.
- [57] Zang B. and S. Deng. 2012. Quality assessment of *Scomber japonicus* during different temperature storage: biochemical, textural and volatile flavor properties. in International conference on artificial intelligence and soft computing. Notes Information Technology 1:1155–116144.
- [58] Erkan NT, Ulusoy SY, Uretener S G. 2011. The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) during storage in Ice. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 6(1): p. 39-48.
- [59] Terlouw EMC, Cassar-Malek I, Picard B, Bourguet C, Deiss V, Arnould C, Berri C, Duval E, Lefevre F, Lebret B. 2015. Stress en élevage et à l'abattage: impacts sur les qualités des viandes. INRA Prod. Anim. 28(2): p. 169-182.
- [60] Varghese T, and S. Mathew. 2016. Postmortem autolytic changes of iced stored banded snakehead (*Channa striata*) (Bloch, 1793). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 4(4): 262-267.
- [61] Veeck APL, Garcia LO, Baldisserotto B, Zaniboni FE, Emanuelli T. 2013. Proximate composition and lipid stability of dourado (*Salminus brasiliensis*, Cuvier, 1817) fillets exposed to different levels of ammonia and oxygen in vivo. Journal of the Science of Food and Agriculture. 93(10): p. 2590-2595.
- [62] Wongwichian C, Chaijan M, and Klomklao S. 2013. Physicochemical instability of muscles from two species of scad during iced storage. Chiang Mai Journal of Science, 2013. 40(4): p. 681-688.
- [63] Cheng JH, Sun DW, Han Z, Zeng XA. 2014. Texture and Structure Measurements and Analyses for Evaluation of Fish and Fillet Freshness Quality.

- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 13.
- [64] Choubert G. 1992. La pigmentation des Salmonidés : dynamique et facteurs de variations. INRA Productions Animales, INRA Editions. 5(4): p. 235-246.
- [65] Choubert G. 2010. Procédé de conservation/transformation et qualité sensorielle du poisson. 13^{ème} journée Sciences des Muscles et Technologies des Viandes, Clermont Ferrand, 19-20 Octobre. p. 91-98.
- [66] Geay Y, Bauchard D, Hocquette JF, Culioli J. 2002. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. INRA Production Animale. 15: p. 37-52.
- [67] Kiessling A, Espe M, Ruohonen K, Morkore T. 2004. Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter iso-eugenol or CO₂ anaesthesia. Aquaculture. 236: p. 645-657.
- [68] Regost C. 2001. Effets des lipides sur la qualité nutritionnelle, physique et organoleptique de la chair de la Truite Fario (*Salmo trutta*) et du turbot (*Psetta maxima*). Thèse de doctorat de l'Université de Rennes 1 de l'Ecole Doctorale Vie-Agronomie-Santé p. 222.
- [69] Haard N.F. 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. Food Research International. 25: p. 289-307.
- [70] Cowey C.B. 1993. Some effects of nutrition on flesh quality of cultured fish. . Ln : S.1. Kaushik et P. Luquet (Eds.), Fish Nutrition in Practice, Biarritz, France, INRA Editions. Les Colloques. 061: p. 228-236.
- [71] Kolditz C.I. 2008. Déterminisme nutritionnel et génétique de la teneur en lipides musculaires chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) : Etude par analyse de l'expression de gènes candidats, du protéome et du transcriptome du foie et du muscle. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 1 de l'Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé. p. 420.
- [72] Olafsdottir G, Fleurence J. 1997. Evaluation of fish freshness using volatile compounds-classification of volatile compounds in fish. Methods to determine the freshness of fish in research and industry, proceedings of the final meeting of the concerted action Evaluation of fish freshness AIR3CT94 2283, Nantes (France).
- [73] Olafsdottir G, Li X, Lauzon HL, Jonsdottir R. 2002. Precision and application of Electronic nose for freshness monitoring of whole redfish (*Sebastes marinus*) stored in ice and modified atmosphere bulk storage. Journal of Aquatic Food Product Technology 11(3-4): p. 229-249.
- [74] Olafsdottir G, Lauzon HL, Martinsdottir E, Kristbergsson K. 2006. Influence of storage temperature on microbial spoilage characteristics of haddock fillets (*Melanogrammus aeglefinus*) evaluated by multivariate quality prediction. International Journal of Food Microbiology 111(2): p. 112-125.
- [75] Olafsdottir G, Lauzon HL, Martinsdóttir E, Oehlenschläuger J, Kristbergsson K. 2006b. Evaluation of Shelf Life of Superchilled Cod (*Gadus morhua*) Fillets and the Influence of Temperature Fluctuations During Storage on Microbial and Chemical Quality Indicators. Journal of Food Science. 71(2): p. 97-109.
- [76] Lefèvre F, Kerneis T, Dupont-Nivet M, Jouquan A, Lebre V, Labbe L, Quillet E, Bugeon J. 2014. Les lignes isogéniques : Un modèle d'étude de la qualité chez la truite Arc en Ciel, in 15^{ème} Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes Clermont-Ferrand. p. 159-160.
- [77] Johnston I. A. 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. Aquaculture. 177: p. 99-115.
- [78] Lefèvre F, Bugeon J. 2015. Quelles exigences de qualités pour les poissons d'élevage et issus de la pêche ? . INRA Productions Animales, INRA Editions. 28(2): p. 119-124 <hal-01225260v2>.
- [79] Bourdin G. 2010. La contamination microbienne des produits de la pêche et plus spécifiquement celle par *Listeria monocytogenes*. Académie d'Agriculture de France. p. 2.
- [80] Yaou Bokossa I. 2008. Projet d'appui au secteur privé, Bénin. Rapport intermédiaire programme BEN/009/004 pour l'harmonisation des protocoles d'analyses microbiologiques sur les produits de pêches. p. 67.
- [81] Mhongole O.J.M. 2009. Microbiology and Spoilage Trail in Nile Perch (*Lates niloticus*), Lake Victoria, Tanzania. Thesis of degree of MSc. Food Science (Seafood processing) in Faculty of Food Science and Nutrition School of Health Sciences of University of Iceland. p. 94.
- [82] Noorlis A, Ghazali FM, Cheah YK, Tuan Zainazor TC, Ponniah J, Tunung R, Tang JYH, Nishibuchi

- M, Nakaguchi Y, Son R. 2011. Prevalence and quantification of *Vibrio* species and *Vibrio parahaemolyticus* in freshwater fish at hypermarket level. *International Food Research Journal*. 18: p. 689-695.
- [83] Merwad AMA, El-Ghareeb WR, Taisir SM. 2001. Occurrence of some Zoonotic Vibrios in Shellfish and Diarrheic Patients with Regard to the Gene in *Vibrio Parahaemolyticus*. *Journal of American Science*. 7(9): p. 449-459.
- [84] Remigiusz P, Mirosław M, Jozwik A, Osek J. 2012. Microbiological and marine biotoxins contamination of raw bivalve molluscs commercially available in Poland. *Bulletin of veterinary institute in Pulawy* 56: p. 563-568.
- [85] Le Fur B, Wacogne D, Lorre S, Pilet MF, Leroi F. 2013. Applications de la biopréservation via des cultures microbiennes dans la filière des produits de la mer. Réseau Mixte Technologique. Archimer, Ifremer: p. 19
- [86] Elhadi N. 2014. Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* spp. in raw retail frozen imported freshwater fish to Eastern Province of Saudi Arabia *Journal Tropical Biomedicine* 4(3): p. 234-238.
- [87] Al Bulushi IM, Poole SE, Barlow R, Deeth HC, Dykes GA. 2010. Speciation of Gram-positive bacteria in fresh and ambient-stored sub-tropical marine fish. *International Journal of Food Microbiology* 138: p. 32-38
- [88] Abdoullahi HO, Zongo C, Tapsoba T, Tidjani A, Savadogo A. 2016. Evaluation de la qualité hygiénique et des paramètres physicochimiques des poissons séchés vendus dans les villes de N' Djamena (Tchad) et de Ouagadougou (Burkina Faso). *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 10(1): p. 13-32.
- [89] Austin B. 2006 The Bacterial Micro flora of Fish, Revised. *The Scientific World Journal*. 6: p. 931–945.
- [90] Calanche J, Samayoa S, Alonso V, Provincial L, Roncalés P, Beltrán JA. 2013. Assessing the effectiveness of a cold chain for fresh fish salmon (*Salmo salar*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in a food processing plant. *Food Control*. 33: p. 126-135.
- [91] ANSES. 2011. *Salmonella* spp. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments / *Salmonella* spp. . Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'environnement et du travail. p. 4.
- [92] Tocmo R, Krizman K, Khoo WJ, Phua LK, Kim MJ, Yuk HG. 2014. *Listeria monocytogenes* in vacuum-packed smoked fish products: occurrence, routes of contamination, and potential intervention measures. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 13(2): p. 172-189.
- [93] Jami M, Ghanbari M, Zunabovic M, Domig KJ, Kneifel W. 2014. *Listeria monocytogenes* in aquatic food products-a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 13(5): p. 798-813.
- [94] Tahiri I. 2007. Isolement, caractérisation et étude du potentiel de la divergicine M35, pour la bioconservation des produits marins prêt à consommer. Thèse de Doctorat (PhD) en Science et Technologie des aliments de l'Université Laval. p. 190.
- [95] Løvdal T. 2015. The microbiology of cold smoked salmon. *Food Control*, 2015. 54: p. 360-373. .
- [96] Wabi K. A. 2010. Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique du poisson chinchard « *Trachurus trachurus* » congelé commercialisé dans les environs du Campus Universitaire d'Abomey Calavi au Bénin. Mémoire de Master en normes, contrôle de qualité et technologie alimentaire de l'Université d'Abomey Calavi au Bénin. p. 44.
- [97] Obemeata O, Nnenna FP, Christopher N. 2011. Microbiological assessment of stored *Tilapia guineensis*. *African Journal of Food Science*. 5(4): p. 242 – 247.
- [98] Olayemi FF, Raji AO, Adedayo MR. 2012. Microbiological quality of catfish (*Clarias gariepinus*) smoked with Nigerian Stored Products Research Institute (NSPRI) developed smoking kiln. *International Research Journal of Microbiology (IRJM)*. 3(13): p. 426-430.
- [99] Degnon GR, Dougnon TJ, Toussou S, Migan SY. 2012. Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique des poissons capturés et commercialisés au port de pêche industrielle de Cotonou. *Journal of Applied Biosciences* 6(1): p. 166-174.
- [100] Degnon RG, Agossou V, Adjou ES, Dahouenon-Ahoussi E, Soumanou MM, Sohounhloue DCK. 2013. Qualité microbiologique du chinchard (*Trachurus trachurus*) au cours du processus de

- fumage. Journal of Applied Biosciences. 67: p. 5210– 5218.
- [101] Odu NN, Imaku LN. 2013. Assessment of the microbiological quality of street-vended ready-to-eat bole (roasted plantain) fish (*Trachurus Trachurus*) in Port Harcourt metropolis, Nigeria. Researcher. 5(3): p. 9-18.
- [102] Nwachukwu VN, Madubuko CU. 2013. Microflora associated with Processing and storage of white catfish (*Chrysichthys nigrodigitatus*). Journal of fisheries and Aquatic Science 8(1): p. 108-114.
- [103] Chabi NW, Konfo CTR, Emonde PDM, Capo Chichi MT, Chabi Sika KJK, Alamou Y, Keke M, Dahouenon-Ahoussi E, Baba-Moussa LS. 2014. Performance d'un dispositif amélioré de fumage (four Chorkor) sur la qualité du poisson fumé dans la commune d'Aplahoué (Sud-Est du Bénin). International Journal of Innovation and Applied Studies. 9: p. 1383-1391.
- [104] Cheikyula T J, Awobode HO. 2014. Microbial flora and nutrient content of market bought smoked African cat fish *Clarias gariepinus* from Jos, Nigeria. Food Science Quality Manage. 32(34-40).
- [105] Kpodekon M, Hounkpè E, Sessou P, Yèhouenou B, Sohounhloué D, Farougou S. 2014. Microbiological Quality of Smoked Mackerel (*Trachurus trachurus*), Sold in Abomey-Calavi Township Markets, Benin. Journal of Microbiology Research 4(5): p. 175-179.
- [106] Ineyougha ER, Orutugu LA, Izah SC. 2015. Assessment of microbial quality of smoked *Trachurus trachurus* sold in some markets of three South-south States, Nigeria. International Journal of Food Research. 2: p. 16-23.
- [107] Olaleye ON, Abegunde TA. 2015. Microbiological Safety Assessment of Selected Smoked Fish in Lagos Metropolis. British Microbiology Research Journal. 9(3): p. 1-5.
- [108] Sone I. 2012. Spectral changes in fillet of Atlantic salmon as affected by freshness loss and spoilage during cold storage. Thesis for the degree PhD of University of Tromso. p. 60.
- [109] Médale F. 2004. Caractéristiques nutritionnelles des poissons et facteurs de variations 10^{ème} Journée Sciences du Muscle et Technologies des Viandes. p. 87-93.
- [110] Médale F. 2008. Le poisson : quels enjeux pour sa consommation ? . Lettre scientifique de l'Institut Français pour la nutrition. n°130. p20.
- [111] Fontagné D, Médale F. 2010. , Les lipides des poissons d'aquaculture et leurs facteurs de variation. OCL 17(4).
- [112] Zarski D, Krejszeff S, Horváth Á, Bokor Z, Palińska K, Szentes k, Łuczyńska J, Targońska k, Kupren K. 2012. , Dynamics of composition and morphology in oocytes of Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L., during induced spawning Aquaculture. 364-365: p. 103-110.
- [113] Dauchy S.A. 2016. Ecosystèmes microbiens des poissons tropicaux, *Thunnus albacares* et *Sciaenops ocellatus*, après abattage et incidence sur la qualité des produits. Thèse de doctorat de l'Université des Antilles en sciences agronomiques, biotechnologies agro-alimentaires. p. 326.
- [114] Lavalie M, Layé S. 2010. Acides gras poly-insaturés (omega 3, omega 6) et fonctionnement du système nerveux central. Innovations Agronomiques. 10: p. 25-42.
- [115] Castets M.D. 2011. Fonction de reproduction et régulation de la qualité chez la perche commune *Perca fluviatilis*. Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy de Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Agroalimentaires. p. 303.
- [116] Calder PC, Ahluwalia N, Brouns F, Buetler T, Clement K, Cunningham K, Esposito K, Jonsson LS, Kolb H, Lansink M, Marcos A, Margioris A, Matusheski N, Nordmann H, O'Brien J, Pugliese G, Rizkalla S, Schalkwijk C, Tuomilehto J, Warnberg J, Watzl B, Winklhofer-Roob BM. 2011. Dietary factors and low-grade inflammation in relation to overweight and obesity. British Journal of Nutrition. 106: p. 1-78.
- [117] Dergal N.B. 2015. Evaluation des systèmes de management de la sécurité et de la qualité de l'aquaculture du tilapia du Nil "*Oreochromis niloticus*" dans l'Ouest algérien. Thèse de doctorat de l'Université d'Oran 1 en Aquaculture et Contrôle de Qualité. ISBN 9782875430601. p. 244.
- [118] Girardet JP. 2012. Bénéfice nutritionnels et risques potentiels de la consommation de poisson. Réalités pédiatriques. 172: p. 4.
- [119] Rieu D. 2012. Composition des poissons : protéines, lipides, vitamine D, iode.... Arch Pediatr. 19: p. 36-37.
- [120] ANSES. 2010. Rapport sur la consommation des poissons, mollusques et crustacés : Aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme. p. 130.

- [121] Fontagné-Dicharry S, Lataillade E, Surget A. 2010. Influence du niveau de peroxydation lipidique de l'aliment sur l'évolution des défenses antioxydante chez la Truite Arc-En-Ciel. 13^{ème} journée Sciences des Muscles et Technologies des Viandes p. 65-66.
- [122] Commission du Codex Alimentarius. 2003. Rapport de la vingt-cinquième session du Comité du Codex sur les poissons et les produits de la pêche. p. 151.
- [123] Tawari CC, Abowei JFN. 2011. An Exposition of the potentials and utilization of sustainable culture fisheries in Africa. *Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(4): p. 264-271.
- [124] Aung MM, Chang YS. 2014. Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain. *Food Control*. 40 p. 198-207.
- [125] Knockaert C. 1990. Le fumage du poisson. Edition IFREMER -1995. p. 178.
- [126] Idah PA, Nwankwo I. 2013. Effects of smoke-drying temperatures and time on physical and nutritional quality parameters of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 5(3): p. 29-34.
- [127] Huong, D.T.T. 2014. The effect of smoking methods on the quality of smoked Mackerel. United Nations University Fisheries Training Programme, Iceland [final project]. http://www.unuftp.is/static/fellows/document/huon_g13prf.pdf. p. 44.
- [128] Alcicek Z. 2013. Effects of Different Liquid Smoke Flavor Levels on the Shelf Life of Venus Clam (*Chamelea Gallina*, L 1758). *Meat Journal of Food Process Preservation*. doi: 10.1111/jfpp.12052.
- [129] Frank F, Xu Y, Jiang Q, Xia W. 2013. Protective effects of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) on physicochemical and microbial attributes of liquid smoked silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) wrapped in aluminium foil during chilled storage. *African Journal of Food Science*. 8(1): p. 1-8.
- [130] Djessouho D.O.C. 2015. Analyse socio-économique du fumage du poisson de la pêche artisanale maritime sur le littoral du Bénin. 2015, Mémoire de fin d'étude en Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage, AgroCampus Ouest (Renne). p. 56.
- [131] Hogbonouto EB. 2016. Caractérisation des techniques de fumage des poissons au Sud du Bénin. Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de licence professionnelle en Production et Santé Animales, à l'Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi p. 45.
- [132] Gnimadi A. 2008. Etude pour l'identification des filières agroindustrielles prioritaires (Bénin). Rapport de mission TE/RAF/07/A01□1751: p. 118.
- [133] Chougui N. 2015. Technologie et qualité des viandes. Mémoire de Master de l'Université Abderrahmane Mira de BEJAIA de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. p. 63.
- [134] Arvanitoyannis IS, Kotsanopoulos KV. 2012. Smoking of Fish and Seafood: History, Methods and Effects on Physical, Nutritional and Microbiological Properties. *Food Bioprocess Technology*. 5: p. 831–853.
- [135] CTA. 2005. La conservation du poisson et de la viande. ISBN Agromisa: 90-8573-033-3. p. 90
- [136] FAO/OMS. 2009. Code d'usages pour les poissons et les produits de la pêche (CAC/RCP 52-2003). programme mixte FAO/OMS sur les Normes alimentaires commission du codex alimentarius. p. 173.
- [137] Agoulon A. 2012. Impact des paramètres de surgélation sur les caractéristiques des denrées alimentaires. Air Products and Chemicals. Inc. 332-11-043-FR.
- [138] Alinasabhematabadi L. 2015. Protein oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) during chilled and frozen storage. Thesis of Norwegian University of Science and Technology. p. 99.
- [139] Choubert G, Baccaunaud M. 2009. Effet de la cuisson, sèche ou humide, sur la rétention en caroténoïdes et sur la couleur de filets de truite ayant consommé de la canthaxanthine ou de l'astaxanthine in Deuxième journées recherche filière piscicole, 1 et 2 Juillet 2009 – Paris. p. 1.
- [140] Agustinelli SP, Yeannes MI. 2015. Effect of Frozen Storage on Biochemical Changes and Fatty Acid Composition of Mackerel (*Scomber japonicus*) Muscle *Journal of Food Research*. ISSN 1927-0887. 4 p. 1.
- [141] Dromer C, Reynal L, Etienne M, Mathieu H, Pau C, Eugène S, Régina F. 2015. Etude de la qualité des produits de la pêche associée aux DCP ancrés R.INT.RBE/BIODIVENV 2015-2 p. 123.

- [142] Gammoudi M, Bouriga N, Ahmed RB. 2014. Etude de la dégradation de la structure musculaire et de la qualité biochimique au cours du fumage et de la mise en boîte de deux espèces de poissons : le Maquereau et le Merlu, in Journée Nationale sur la valorisation des résultats de la Recherche dans le domaine de la Pêche et de l'Aquaculture Sidi Thabet, le 6 juin 2014. p. 4.
- [143] Leroi, F. 2002. La microbiologie du saumon fumé à froid : Aspects hygiéniques et qualité. Froid. 1028: p. 35-40.
- [144] Knockaert C, Cornet J, Cardinal M, Gasset E, Maamaatuaiahutapu Moana, Coves D 2009. Caractérisation de la qualité du Platax (Platax orbicularis) issu de l'aquaculture. Document IFREMER. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00058/16917/14397.pdf> p. 88.
- [145] Tsamba M.A. 2010. Effets du froid sur la qualité bactériologique des filets de Sole élaborés dans une industrie de pêche une industrie au Sénégal. Mémoire de diplôme de master II, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV) de Dakar p. 44.
- [146] Uran H. Gokoglu N. 2014. Effects of cooking methods and temperatures on nutritional and quality characteristics of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Journal of Food Science Technology 51(4): p. 722–728.
- [147] Aubourg SP, Pineiro C, Gonzalez MJ. 2004. Quality loss related to rancidity development during frozen storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*). J. Amer Oil Chemi Society, 2004. 81(7): p. 671-678.
- [148] AFD. 2009. Normes de qualité pour les produits agroalimentaires en Afrique de l'Ouest. p. 230.
- [149] Ruiz-Orsorio YL, Amorcho-Cruz CM., Gutiérrez-Guzmán N. 2015. Physicochemical and microbiological changes in gutted and ungutted red tilapia (*Oreochromis ssp*) stored in ice. Ciencia Investigación Agraria. 42(2): p. 263-272.
- [150] Ocaño-Higuera V., Maeda-Martínez AN, Marquez-Ríos E, Canizales-Rodríguez DF, Castillo-Yáñez FJ, Ruíz-Bustos E, Graciano-Verdugo AZ, Plascencia-Jatomea M., 2011. Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. Food Chemistry 125: p. 49-54.
- [151] Ahmed A, Dodo A, Bouba A, Clement S, Dzudie T. 2011. Influence of traditional drying and smoke-drying on the quality of three fish species (*Tilapia nilotica*, *Silurus glanis* and *Arius parkii*) from Lagdo Lake, Cameroon. J. Anim. Vet. Advan. 10(3): p. 301-306.
- [152] Bouriga N, Ben Ismail H, Gammoudi M, Faure E, Trabelsi M. 2012. Effet of smoking method on biochemical and microbiological quality of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). American Journal of Food Technology 7(11): p. 679-689.
- [153] Oparaku NF, Mgbenka BO. 2012. Effects of electric oven and solar dryer on a proximate and water activity of *Clarias gariepinus* fish. European Journal of Science Research. 81(1): p. 139 -144.
- [154] Aliya G, Humaid K, Nasser A, Sami G, Aziz K, Nashwa M, Ponnerassery SS. 2012. Effect of the freshness of starting material on the final product quality of dried salted shark. Advan. J. Food Sci. Technol. 4(2): p. 60-63.
- [155] Al-Reza S, Karmaker S, Hasan M, Roy S, Hoque R, Rahman N. Effect of traditional fish processing methods on the proximate and microbiological characteristics of *Laubuka dadiburjori* during storage at room temperature. Journal of Fisheries and Aquatic Science 10 (4): p. 232-243
- [156] Koral S, Kose S, Tufan B. 2009. Investigating the quality changes of raw and hot smoked garfish (*Belone belone euxini*, Gunther, 1866) at ambient and refrigerated temperatures. Turk. J. Fish Aquat. Sci. 9: p. 53-58.
- [157] Kumolu-Johnson CA, Aladetohun NF, Ndimele PE. 2010. The effects of smoking on the nutritional qualities and shelf-life of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). African. Journal of Biotechnol. 9: p. 73-76.
- [158] Siddique MN, Hasan MJ, Reza MZ, Islam MR, Boduruzaman M, Forhadur M. Reza S. 2011. Effect of freezing time on nutritional value of Jatpunti (*Puntius sophore*), Sarpunti (*P. sarana*) and Thaisarpunti (*P. gonionotus*). Bangladesh Research Publications Journal. 5(4): p. 387-392.
159. Gandotra R, Koul M, Gupta S, Sharma S. 2013. Change in Proximate Composition and Microbial Count by Low Temperature preservation In Fish Muscle of Labeo Rohita (Ham Buch). Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSRJPBS). 2(1): p. 13-17.
- [160] Oparaku NF, Nwaka FC. 2013. Effect of processing on the nutritional qualities of three fish species (*Synodontis clarias*, *Trachurus trecae* and *Clarias gariepinus*). International Journal of

- Biology and Biological Sciences 2(10): p. 143-149.
- [161] Aberoumad A, Pourshafi K. 2010. Chemical and proximate composition properties of different fish species obtained from Iran. World Journal. Fish Marine Science.,(2): p. 237-239.
- [162] Nazemroaya S, Sahari MA, Rezaei M. 2011. Identification of fatty acid in mackerel (*Scomberomorus commersoni*) and shark (*Carcharhinus dussumieri*) fillets and their changes during six month of frozen storage at -18 °C. Journal of Agricultural, Science and Technology. 13(4): p. 553-566.