



*Effet de la Fumaison sur les Qualités Technologiques et Sensorielles de *Scomber Scombrus* (Maquereau Commun) et de *Trachurus Trachurus* (Chinchard) à Wlacodji dans le Sud du Bénin*

Martinien Hospice Mahussi Assogba*¹, Chakirath Folakè Arikè Salifou¹, Serge G. Ahounou¹, Joselyne A.S. Silemehou¹, Mahamadou Dahouda³, Antoine Chikou⁴, Souaïbou Farougou⁵, Marc Kpodékon², Issaka Youssao 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

²Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, 01BP 2009 Cotonou, Bénin

³Département de Production et Santé Animale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin

⁴Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, Abomey Calavi, Bénin

⁵Unité 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



Résumé - Le poisson est l'une des sources de protéine la plus importante au Bénin. Le but de l'étude est d'évaluer les qualités technologiques et sensorielles des poissons fumés dans le département du littoral. A cet effet, des données sur la fumaison et sur la qualité de la chair de *Scomber scombrus* (maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard) ont été collectées auprès de 100 mareyeuses et transformatrices, de juin à décembre 2015 à Wlacodji au Sud-Bénin. Les maquereaux sont fumés par tous les enquêtés, suivis des chinchards par 93 % des enquêtés. Le fumage est de type artisanal et se fait en trois étapes : pré-fumage (à feu doux), fumage (à feu élevé) et le séchage (au feu à la fumé). Le fumage a été réalisé au moyen d'une combustion par le bois et la sciure de bois. Par ailleurs, la tendreté, la jutosité, la flaveur et les notes globales d'acceptation des poissons par les consommateurs n'ont pas varié entre les chinchards et les maquereaux et en fonction du mode de traitement (frais vs fumé). La force de cisaillement du chinchard frais (21,76 N) a été plus faible ($P < 0,001$) que celle du chinchard fumé (46,79 N), il en est de même chez les maquereaux frais et fumés (28,89 N vs 17,27 N). L'indice de jaune s'est prononcé de façon significative de l'état frais à l'état fumé quelle que soit l'espèce ($P < 0,001$). L'indice du rouge n'a pas varié significativement en fonction de l'espèce et du mode de traitement, tandis que les chinchards et les maquereaux fumés ont eu des indices de jaune identiques et élevés par rapport à ceux des mêmes espèces à l'état frais. L'utilisation des données sur les qualités technologiques et organoleptiques dans le secteur de la transformation pourra améliorer la décision d'achat du consommateur.

Mots clés – Fumage; texture; couleur; organoleptique; Wlacodji.

Abstract - Fish is one of the most important protein sources in South Benin. The study aims to evaluate the technological and sensory qualities of smoked fish in the Littoral Department. Thus, data on the smoking and on the flesh quality of *Scomber scombrus* (Atlantic mackerel) and *Trachurus trachurus* (Horse mackerel) were collected from 100 women fish wholesalers and processors, from June to December 2015 at Wlacodji in South Benin. Atlantic mackerel were smoked by all the respondents, followed by Horse mackerel by 93% of respondents. The smoking was of traditional type and was performed in three stages: pre-smoking (with soft fire), smoking (with high fire) and drying (with fire and smoke) using wood and sawdust combustion. On the other hand, tenderness, juiciness, flavor and global fish acceptance marks given by consumers didn't vary between Horse mackerel and Atlantic mackerel and according to the

processing mode (fresh vs smoked). The sheer force of fresh Horse mackerel (21.76 N) was lower ($p < 0.001$) than that of smoked horse mackerel (46.79 N); the trend was the same for fresh and smoked Atlantic mackerel (28.89N vs 17.27N). The yellow index increased significantly from fresh to smoked state for both species ($p < 0.001$). The red index didn't vary significantly according to the species and processing mode, while smoked Horse mackerel and Atlantic mackerel had identical yellow indices and higher than those of the same species in fresh state.. The use of data on technological and organoleptic qualities in the processing sector may improve the consumer's purchase decision.

Keywords – Smoking; Texture; Color; Organoleptic; Wlacadji.

I. INTRODUCTION

Le poisson est une denrée alimentaire périssable [1]. Pour assurer sa conservation et éviter les pertes post captures qui s'élèvent de 20 à 50% en Afrique [2] et de 20% au Bénin [3], plusieurs procédés de transformations et de conservation comme le fumage, la friture, la fermentation, le salage, le séchage, la réfrigération et la congélation sont utilisés.

Le fumage est le procédé le plus utilisé pour transformer et conserver les poissons après la capture [4]. Parmi les différentes espèces de poissons fumées au Bénin, les chinchards et les maquereaux sont majoritaires ([5], [6]). Au total, 16,2% de maquereaux sont fumés [7] contre 10 % des poissons de la pêche artisanale maritime [5]. Ces poissons fumés sont très nutritifs et contiennent des acides gras insaturés, des vitamines liposolubles, des minéraux essentiels ainsi que des protéines contenant des acides aminés essentiels utiles pour l'homme [8]. Le fumage agit sur la couleur et procure une saveur souhaitable pour le consommateur ([8], [9]). Cependant, une mauvaise conservation à l'état frais et après le fumage peut dégrader les qualités organoleptiques et nutritionnelles des poissons fumés. L'altération qui se produit lors de la mauvaise conservation résulte des mécanismes de l'autolyse enzymatique, de l'oxydation et de la croissance microbienne [10]. En raison de la détérioration rapide de ces poissons, l'évaluation de la qualité sanitaire, technologique, nutritionnelle et organoleptique est devenue une préoccupation majeure.

Dans le but, d'améliorer la qualité de ces poissons, [11] ont étudié l'effet de la fumaison sur la qualité bactériologique des poissons fumés à Wlacadji au Sud du Bénin. A l'issue de cette étude, les microorganismes d'altération détectés peuvent altérer la qualité organoleptique et technologique de ces poissons.

En outre, plusieurs travaux ont été réalisés au Bénin sur l'amélioration des procédés de transformation des poissons et leurs effets sur la qualité sanitaire ([12], [13], [14], [15])

mais aucune étude n'a été réalisée sur l'impact des procédés sur les qualités organoleptiques et technologiques. Le but de l'étude est d'évaluer l'effet du fumage sur les qualités technologiques et organoleptiques de *Scomber scombrus* (maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard) à Wlacadji dans le Sud du Bénin.

II. METHODOLOGIE

2.1. Cadre de l'étude

La collecte des données sur les qualités technologiques et sensorielles de *S. scombrus* (maquereau commun) et de *T. trachurus* (chinchard) a été réalisée de juin à décembre 2015 à Wlacadji au Sud-Bénin.

La zone d'étude de Wlacadji est située à 8 mètres d'altitude entre 6°21' de latitude Nord, et 2° 26' de longitude Est. Elle est située dans le département du littoral et fait partir du 5^{ème} arrondissement de la commune de Cotonou. Elle s'étend sur environ 10 hectares et se trouve dans un angle sablonneux formé par la mer et le chenal lagunaire de Cotonou. Elle est située à proximité du port de pêche et du port commercial de Cotonou. Cette zone abrite un des grands sites de fumage de littoral, le site Wlacadji. Les activités de pêches lagunaires, maritimes artisanales et de transformation des poissons y sont développées.

Une fois les échantillons collectés et les tests réalisés, les données collectées ont été analysées au Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes (LBATV) du Département de Production et Santé Animales (PSA) de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

2.2. Collecte des données et mesures des paramètres technologiques et sensoriels

La collecte des données a été réalisée en deux étapes que sont : la phase d'enquête sur la technologie de fumage des poissons et la phase de prélèvement des échantillons sur l'analyse sensorielle des poissons échantillonnés. Des informations ont été recueillies auprès de 100 mareyeuses qui s'occupent du fumage des poissons à Cotonou sur le site

de fumage de Wlacadji, à partir d'un questionnaire. Ce questionnaire comprend : l'identité de l'enquêté, la matière première (espèce de poisson, provenance, critères d'acceptation des poissons frais), la main d'œuvre (hygiène corporelle et vestimentaire du personnel sur les sites d'achat ou de transformation des poissons frais), le matériel (matériel utilisé pour le fumage y compris les combustibles utilisés), le milieu (hygiène des sites d'achat et / ou de transformation des poissons frais) et la méthode de fumage.

Au total soixante-douze (72) échantillons d'espèces de poissons chinchards et maquereaux ont été collectés auprès de 18 femmes transformatrices de poisson à raison de deux poissons frais et de deux poissons fumés par mareyeuse. Chaque échantillon (frais ou fumé) a été prélevé et conservé dans une glacière à une température moyenne de 4°C jusqu'au laboratoire.

Les mesures de la couleur et de la texture ont été prises respectivement à l'aide d'un colorimètre (Konica Minolta, CR-400 INC) et d'un texturomètre (LLYOD instruments) avec 5 répétitions par échantillon. La couleur a été prise au niveau de la chair des chinchards et des maquereaux frais et fumés. La texture de la chair des poissons a été évaluée sur des découpes de 1 x 1 x 2,5 cm (épaisseur x largeur x longueur).

Les filets des poissons ont été préparés pour des examens organoleptiques et physiques conformément aux directives du Codex alimentarius concernant l'évaluation organoleptique du poisson, des mollusques et des crustacés en laboratoire [16]. Les morceaux des filets de 200 g de chaque espèce ont été préparés pour être dégustés par un jury de 10 personnes sans aucune formation préalable, à la suite d'une cuisson à la vapeur à 90°C, sans assaisonnement, pendant 45mn et les autres à la suite d'un fumage de type artisanal, réalisé chez les transformatrices à Wlacadji à une température variant entre 50°C et 70°C. Chaque juge a reçu dans un plat, quatre morceaux de poissons : chinchards cuits, maquereaux cuits, chinchards fumés, maquereaux fumés. Des notes ont été ensuite attribuées à chaque paramètre testé (jutosité, tendreté, et la flaveur). La tendreté, la jutosité et l'intensité de la flaveur ont été notées sur des échelles allant de 1 à 5. Pour la tendreté, le 1 correspond à très dur, le 2 à dur, le 3 à acceptable, le 4 à tendre et le 5 à très tendre. Quant à la jutosité, le 1 correspond à très sec, le 2 à sec, le 3 à acceptable, le 4 à moelleux et le 5 à très moelleux. Enfin, l'intensité de la flaveur est très faible (1), faible (2), acceptable (3), forte (4) et très forte (5).

2.3. ANALYSES STATISTIQUES

Les données d'enquête ont été dépouillées, encodées et analysées avec le logiciel SAS. Une analyse de variance à deux facteurs a été réalisée pour tester la significativité de l'effet espèce et de l'effet du mode de traitement sur les caractéristiques sensorielles des deux espèces de poissons. Les moyennes ont été calculées et comparées deux à deux par le test t de student. Les fréquences ont été calculées par la procédure *Proc freq* [17] et comparées par le test de Chi-carré et par le test bilatéral de Z. Pour chaque fréquence relative, un intervalle de confiance (IC) à 95% a été calculé suivant la formule :

$$IC = 1,96 \sqrt{\frac{[P(1 - P)]}{N}}$$

où P est la fréquence relative et N la taille de l'échantillon.

III. RESULTATS

3.1. Espèces de poissons généralement fumées et leur provenance

Le tableau 1 relate les espèces et les poissons fumés sur le site de Wlacadji. Toutes les espèces de poissons fumés sur le site de fumage de Wlacadji ont été des poissons d'eau marine. Aucune espèce des eaux douces et saumâtres n'a été identifiée. Les maquereaux et les dorades sont fumés par tous les enquêtés, suivis des chinchards fumés par 93 % des enquêtés. Les femmes qui ont fumés les Chinchards ont été différentes de celles fumant les maquereaux et les dorades ($P < 0,05$).

La fréquence des femmes qui ont utilisé les capitaines (42 %) ont été identique ($P > 0,05$) à celle qui ont utilisé des machoirons (46 %). Les proportions de ces capitaines et machoirons fumés ont été inférieures ($P < 0,05$) à celle des chinchards (90%). Les individus qui ont fumés les sardinelles n'ont pas été différent de ceux utilisant les capitaines pour le fumage ($P > 0,05$). Les carpes (14%) et les blêmes (21%) fumées ont été identiques ($P > 0,05$) mais ont été différents ($P < 0,05$) des sardinelles fumés (30%) et des capitaines fumés (21%).

Il n'existe aucune différence significative entre les individus qui ont utilisé les sardinelles et les blêmes ($P > 0,05$). Ces poissons utilisés par les enquêtés proviennent de trois lieux : poissonneries (37 %), chambres froides (93 %) et les milieux naturels (78 %). Les poissons provenant des chambres froides ont été supérieurs à ceux provenant

des milieux naturels qui ont été à leur tour supérieurs ($P < 0,05$) à ceux achetés dans les poissonneries.

3.2. Procède de transformation : le fumage

Le fumage a été de type artisanal et a été fait au moyen d'une combustion réalisée par le bois et la sciure de bois (Tableau 2). Le bois a été utilisé par 100% de femmes et la sciure de bois par 24 % des femmes lors du fumage. Les coques de coco et les épis de maïs n'ont pas été utilisés. Il a été constaté que la majorité des femmes (65 %) utilise des grilles sales pour le fumage. Par contre, 30 % des femmes ont utilisé des grilles propres ($P < 0,05$) (Tableau 2). Après le fumage, les poissons sont conditionnés aux moyens des sachets, des cartons et des paniers (Tableau 2). Le carton a été utilisé par toutes les femmes, le panier par 93 % et le sachet par 6 % des femmes. La proportion des femmes qui ont conditionné le poisson fumé au moyen du carton a été significativement plus élevée que celle utilisant le panier ($P < 0,05$). Les étapes de fumage des poissons chez les femmes enquêtées ont été : le tri, le lavage, l'écaillage, l'éviscération, le morcèlement et le fumage proprement dit (Figure 1). Le lavage, le morcèlement et le fumage sont réalisés par toutes les femmes. Enfin, les poissons n'ont pas été écaillés et éviscérés avant le fumage.

3.3. Qualité sensorielle

3.3.1. Texture de la chair des poissons

La force de cisaillement du chinchard frais (21,76 N) a été plus faible ($P < 0,001$) que celle du chinchard fumé (46,79N). De même, celle des maquereaux frais (20,95N) a été faible ($P < 0,001$) que celle des maquereaux fumés (48,22N). Par contre, la force de cisaillement des chinchards frais a été similaires à celle des maquereaux frais ($P > 0,05$). Aucune différence significative n'a été observée entre les maquereaux fumés et les chinchards fumés (Figure 2).

3.3.2. Couleur de la chair des poissons

La luminosité du chinchard frais (47,89%) a été identique ($P > 0,05$) à celle du chinchard fumé (49,58%), il en est de même pour celle des maquereaux frais (39,91%) et des maquereaux fumés (39,95%). Aucune différence significative n'a été observée entre la luminosité des chinchards frais et de celles des maquereaux frais et fumés (Tableau 3). L'indice du rouge n'a pas varié significativement en fonction de l'espèce et du mode de traitement, tandis que les chinchards et les maquereaux fumés ont eu les indices de jaune identiques et élevés par rapport à ceux des mêmes espèces à l'état frais (Tableau 3). L'indice de jaune s'est prononcé de façon significative

($P < 0,001$) de l'état frais à l'état fumé quelle que soit l'espèce de poisson (Tableau 3).

3.3.3. Tendreté, la jutosité et la saveur des poissons

Les moyennes de la tendreté, de la jutosité et de la saveur sont présentées dans le tableau 4. Les notes de tendreté ont été de 3,60, 3,50, 3,10 et 3,80 respectivement pour la chair de chinchard frais cuit, de chinchard fumé, de maquereau frais cuit et de maquereau fumé. La jutosité a varié de 3 à 3,60 et n'a pas été significativement différente en fonction de l'espèce de poisson ($P > 0,05$). Quant à la saveur, les notes ont varié de 2,80 à 3,40 sans aucune différence significative entre les espèces et en fonction du mode de traitement ($P > 0,05$). Les notes globales d'acceptation de ces poissons par le consommateur n'ont pas été également influencées par le mode de traitement des deux espèces de poisson et a varié de 6,10 à 7,20.

IV. DISCUSSION

4.1. Espèces de poissons fumées et leur provenance

La collecte des données sur le fumage des poissons a permis de constater que les espèces de poissons fumés sur le site de Wlacadji ont été des poissons d'eau marine. Aucune espèce des eaux douce et saumâtre n'a été identifiée. Ce constat est lié à la position géographique de ce site par rapport à la mer. Les espèces fumées sur le site de fumage de Wlacadji, trouvées dans cette étude sont similaires avec celles recensées lors des enquêtes de [6] au Sud du Bénin (Cotonou, d'Abomey-Calavi, de Sèmé Podji et de Porto-Novo). Au total onze (11) espèces d'eau marine sont utilisées dans le fumage [6].

Le fumage réalisé par les transformatrices sur le site de Wlacadji a été de type artisanal et a été réalisé au moyen d'une combustion de bois et de la sciure de bois. L'utilisation de ces combustibles est due à leur disponibilité dans le milieu d'étude. Les mêmes combustibles sont utilisés au Sud-Bénin dans une étude réalisée sur la caractérisation des techniques de fumage des poissons [6] et dans une étude faite sur l'analyse socio-économique du fumage du poisson de la pêche artisanale maritime sur le littoral du Bénin [5], au Togo lors de l'évaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés [18], en Côte d'Ivoire lors de l'évaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés [19]. Les mêmes combustibles utilisés dans différents pays montrent que les pays côtiers ont accès à la même matière première pour le fumage des poissons.

Au cours de cette étude, il a été rapporté que le fumage des poissons a été de type artisanal, basé sur l'utilisation de

bois de chauffe pour combustible. Ce bois a été utilisé seul ou associé à certains sous-produits de transformation disponibles pour le fumage des poissons ([6], [19]).

Tableau 1 : Espèces et provenances des poissons fumés sur le site de Wlacadji

Variables	Noms Scientifiques	Fréquence (%)	IC	
Espèces d'eau marine	Maquereau	<i>Scomber scombrus</i>	100a	0,00
	Dorade	<i>Dentex sp</i>	100a	0,00
	Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	93b	5,19
	Sardinelle	<i>Sardinella spp</i>	30df	16,40
	Carpe noire	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	14g	18,18
	Capitaine	<i>Galeoides decadactylus</i>	42cd	14,93
	Requin	<i>Rhizoprionodon acutus</i>	49c	14,00
	Avion	<i>Cheilopogon melanurus</i>	49c	14,00
	Bonite	<i>Katsuwonus pelanus</i>	49c	14,00
	Blême	<i>Brama brama</i>	21fg	17,42
	Machoirons	<i>Arius heudelotii</i>	46c	14,40
Provenance des poissons	Poissonneries		37c	15,56
	Chambres froides		93a	5,19
	Milieus naturels		78b	9,19

IC : Intervalle de confiance ; les pourcentages intra-classe de la même colonne suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Tableau 2 : Méthode de fumage et conditionnement des poissons fumés

Variables		Fréquence (%)	IC
Combustibles utilisées	Bois	100a	0,00
	Sciure de bois	24b	17,09
	Coque de coco	0	0,00
	Epis mais	0	0,00
Aspect des grilles	Propres	30b	16,40
	Rouillées	0	0,00
	Sales	65a	11,60
Conditionnement après fumage	Sachet	6d	19,00
	Carton	100a	0,00
	Plastique	0	0,00
	Panier	93b	5,19
Etapes de fumage	Tri	87	7,07
	Lavage	100	0,00
	Ecaillage	26	16,86
	Eviscération	87	7,07
	Morcèlement	100	0,00
	Fumage	100	0,00
	Autres	66	11,25

IC : Intervalle de confiance ; les pourcentages intra-classe de la même colonne suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Tableau 3 : Evaluation de la couleur des chinchards et des maquereaux frais et fumés

Variables	Chinchard frais		Chinchard fumé		Maquereau frais		Maquereau fumé		Test de significativité	
	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS
L*	47,89ab	12,58	49,58a	15,86	39,91b	10,06	39,95b	10,24	*	
a*	11,903a	13,23	6,22a	2,62	7,36a	6,19	6,52a	2,86	NS	
b*	4,84b	3,93	9,65a	5,11	3,96b	3,94	10,82a	4,19	***	

NS : différence non significative ; * : $P < 0,05$; *** : $P < 0,001$; DS : déviation standard ; L* : luminosité, a* : indice du rouge, b* : indice du jaune ; les moyennes d'une même ligne suivies des lettres différentes, diffèrent significativement au seuil de 5%.

Tableau 4 : Evaluation de la qualité sensorielle de poissons par la dégustation

Variables	Chinchard frais		Chinchard fumé		Maquereau cuit		Maquereau fumé		Test de significativité
	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS	Moyenne	DS	
Tendreté	3,6	0,84	3,5	0,84	3,1	0,73	3,8	1,13	NS
Jutosité	3,3	0,67	3,6	1,07	3,0	0,81	3,5	1,35	NS
Flaveur	2,8	0,78	3,4	0,84	3,4	0,84	3,2	0,91	NS
Note globale	6,1	1,44	6,9	1,44	6,4	1,64	7,2	1,13	NS

NS : différence non significative ; DS : déviation standard

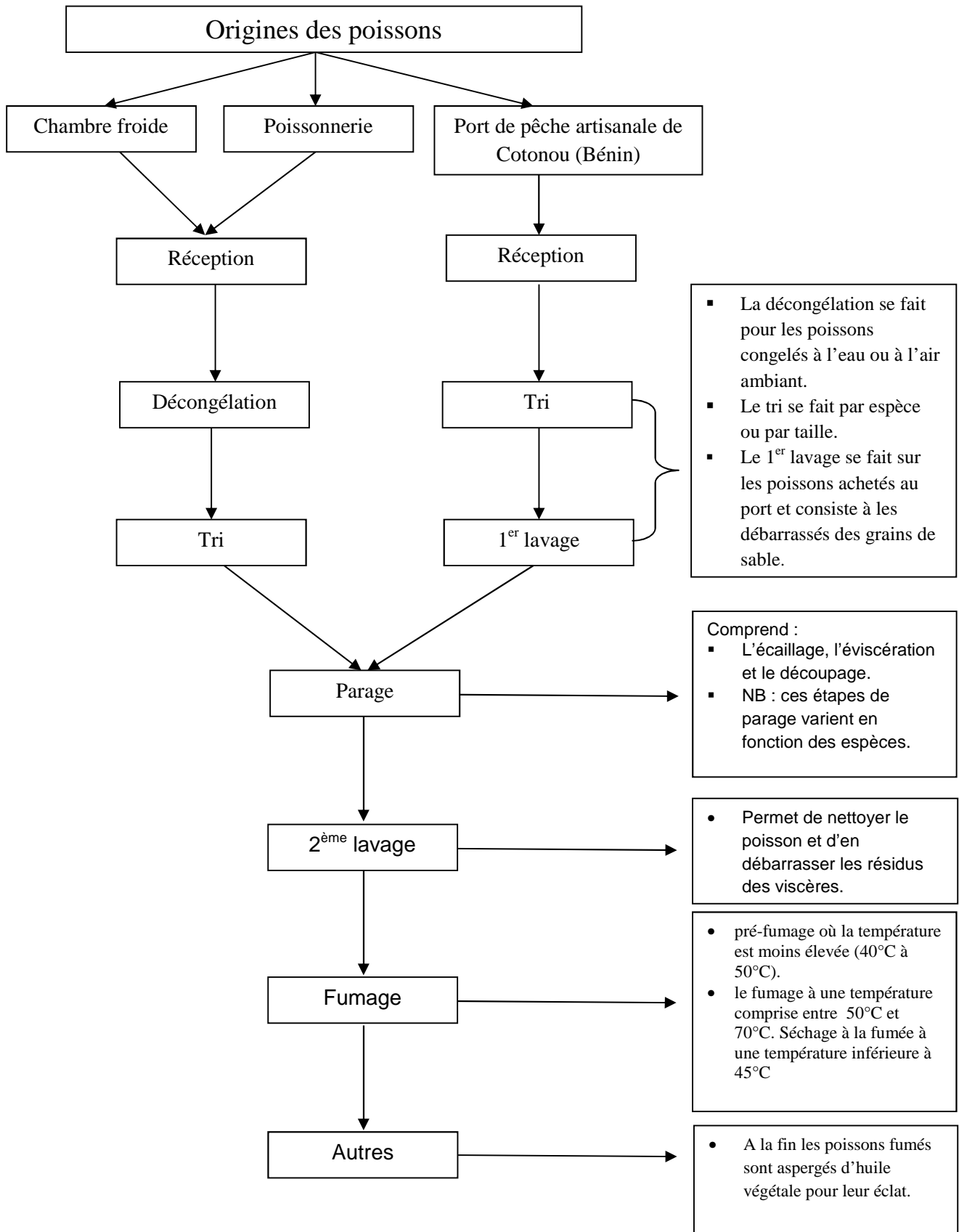


Figure 1. Diagramme de fumage de poisson

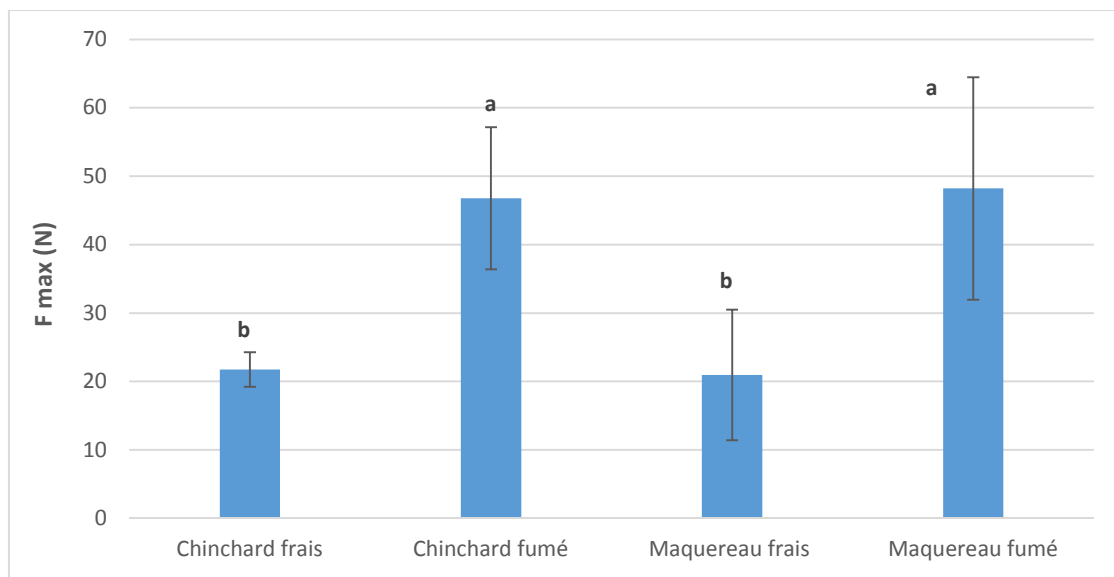


Figure 2. Force de cisaillement de la chair des Chinchards et des maquereaux.

Le choix des combustibles pour le fumage est fonction de leur disponibilité dans le site de fumage.

Concernant les étapes de fumage, après la préparation du poisson, le fumage a été fait à chaud et ont été en trois étapes : le pré-fumage, le fumage et le séchage à la fumé permettant le séchage du poisson. La température de fumage (50-70°C) recueillie et présentée dans le diagramme de fumage est semblable à celle décrite par [20] dans le cas du fumage à chaud des poissons. Les auteurs de la référence [13] ont trouvé des résultats semblables aux nôtres, dans une étude faite sur la qualité microbiologique de *T. trachurus* au cours du processus de fumage au Bénin, où la température de fumage varie de 60°C à 70°C. Par contre, [6] trouve une température de fumage variant de 20°C à 70°C. Ces températures varient en fonction de l'espèce fumée.

4.2. Qualités sensorielles des poissons

La force de cisaillement de la chair du chinchard frais a été plus faible que celle du chinchard fumé, il en est de même pour les maquereaux frais et les maquereaux fumés. Les tendances similaires ont été observées par [21] où la résistance mécanique de la chair crue a été plus faible (8,4N) par rapport à celle cuite (31,3N) chez les Truites fario. Par contre, une force de cisaillement plus élevée a été obtenue chez les carpes et les silures cuites que chez les crues [21]. Les différences observées entre la chair crue et fumée sont dues au fait que le fumage est une technique qui assure l'extraction de l'eau au niveau de la chair du poisson et par conséquent entraîne une condensation de la matière organique au sein des tissus, ce qui justifie l'augmentation

de la résistance mécanique de la chair des poissons fumés par rapport au frais. [22] rapporte qu'une augmentation de la perte de l'eau et un durcissement de la chair entraîne une plus grande force de cisaillement de la chair. La perte de poids des filets lors des opérations de fumage est importante et peut dépasser 20 % dans le cas du fumage à chaud, ce qui entraîne une modification de la texture [20]. La modification de la texture de la chair des maquereaux et des chinchards fumés par perte d'eau fait d'eux des poissons ayant une chair plus ferme. Les poissons possédant une chair ferme présentent un réseau de fibres de collagène très dense [23]. Les différences de texture de la chair crue sont liées à la teneur en collagène et à sa déstructuration thermique [23]. Aussi la chaleur entraîne le durcissement de la chair lors de la cuisson. L'étude réalisée par [22] démontre que les maquereaux précuits à une température de 90°C ont une force de cisaillement plus élevée que ceux précuits à une température de 75 °C. Les maquereaux et les chinchards fumés dans cette étude sont cuits à une température variant entre 50°C à 70°C.

Par rapport à la couleur des poissons, de manière générale, le fumage entraîne une modification de la couleur. Les études réalisées sur l'*Oreochromis niloticus* [9] au Nigéria, sur le Saumon Atlantique [24] au Danemark, révèlent un changement de la couleur lors du processus de fumage. Aucune différence significative n'a été observée entre la luminosité des chinchards frais et de celle des maquereaux frais et fumés. Des résultats similaires sur la luminosité sont rapportés par [25] chez les anchois (*Engraulis encrasicolus*) et par [26] chez les *Scomber*

scombrus. Dans l'étude réalisée par [25] sur l'effet de la méthode de cuisson et de la température sur la qualité sensorielle, nutritionnelle et technologique des *Engraulis encrasicolus* vendus sur le marché en Turquie, aucune différence n'a été obtenue entre la luminosité des poissons bouillis et frits. Par contre, une différence de luminosité est obtenue chez les poissons braisés à une température de 160°C à 180 °C pendant 20 min [25]. Il ressort que la température de cuisson agit sur la luminosité des produits finis. Celle appliquée pour fumer les poissons dans cette étude varie de 50°C à 70°C et n'induit aucune différence de luminosité. Cet effet de la température a été déjà mis en évidence sur les filets cuits par plusieurs auteurs ([25], [27], [28], [29]). Par ailleurs, plusieurs facteurs contribuent à la variation de la luminosité à savoir : la concentration des pigments dans la chair ([23], [30]), la teneur en eau et l'eau disponible à la surface de la chair des poissons [31], mais les plus importants sont la teneur en pigment et la concentration en myoglobine en particulier la metmyoglobine (MetMeb) et l'oxymyoglobine (OxyMeb) [32]. Selon [31] ces pigments constituent un facteur de variation des proportions de la luminosité. La luminosité de la chair des chinchards frais et des maquereaux frais qui ne sont pas différentes, peut être liée à une concentration plus ou moins égale des pigments (MetMeb et OxyMeb).

L'indice du rouge n'a pas varié significativement en fonction de l'espèce et du mode de traitement. Par contre, il a diminué du poisson frais au poisson fumé. Les composés de la fumée déposés lors du fumage apportent une coloration spécifique de surface principalement les carbonylés ([33], [34]), qui dans le cas du saumon peuvent aller jusqu'à masquer la couleur due aux caroténoïdes [20]. Ces composés réagissent avec les protéines de surface pour donner un brunissement plus ou moins intense. La présence de ces composés explique la couleur de la chair des poissons fumés dans cette étude qui est moins rouge et plus sombre. [35] expliquent que la couleur dépend du ratio oxymyoglobine (myoglobine oxygénée rouge brillante) metmyoglobine (myoglobine oxydée brun noir). La couleur rouge sombre obtenue chez les poissons fumés peut être due à la formation des metmyoglobines ou à un brunissement intense lors du fumage. Une faible formation en myoglobine entraîne une augmentation de l'indice du rouge ([31], [36], [37]).

L'indice de jaune est significativement élevé du poisson frais au poisson fumé quelque que soit l'espèce. Un indice de jaune supérieur (13) à celui de cette étude est trouvé chez les *Oreochromis niloticus* fumés [38]. Le fumage peut

accroître l'indice du jaune. Cet accroissement est dû à l'effet des composés de la fumée sur la couleur.

Quant à la tendreté, la jutosité, la flaveur et les notes globales d'acceptation de ces poissons par les consommateurs, elles n'ont pas varié entre les chinchards et les maquereaux. De même, chez d'autres espèces de poissons, ces caractéristiques sensorielles ne diffèrent pas entre *Sarotherodon melanotheron* et *Coptodon guineensis* [39]. L'absence de différences significatives entre les espèces et les modes de traitement sur les caractéristiques sensorielles s'explique par le mode de cuisson au bain-marie. Toutefois, le fumage entraîne une modification notable de la flaveur (via, essentiellement, les composés phénoliques, les carbonylés et les furannes) ([9], [20]). Ces composés phénoliques proviennent surtout de 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. Les lipides peuvent être oxydés dès la phase de séchage. L'oxydation semble être ralentie pendant la phase de fumage. Malgré ce mécanisme, aucune différence n'a été observée entre les chinchards et les maquereaux frais et fumés.

V. CONCLUSION

A l'issue de cette étude, il ressort que la technologie de fumage des poissons se fait de façon artisanale et suit un diagramme de production. Les poissons généralement utilisés pour le fumage sont les maquereaux, les dorades et chinchards en provenance des milieux naturels et des chambres froides. Le fumage se fait en trois étapes connues : le pré-fumage, le fumage et le séchage à la fumée. La fumaison à chaud permet d'avoir des chinchards et des maquereaux dont la chair est plus ferme. De même, le fumage à chaud augmente l'indice de jaune mais ne change pas la luminosité et l'indice du rouge. Le fumage réalisé dans de bonne condition de température induit une couleur désireuse et acceptée par le consommateur. Le fumage et la cuisson ne modifient pas la qualité sensorielle (la tendreté, la jutosité et la flaveur) entre les poissons (maquereaux et chinchards) cuits et fumés.

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> ; Consulté le 20/06/18.
- [2] FAO. 2016. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224 p.
- [3] Anihouvi, V.B., J.D. Hounhouigan, and G.S. Ayernor. 2005. La production et la commercialisation du Lanhouin, un condiment à base de poisson fermenté du Golfe du Bénin. Cahiers Agricultures, 14(3) : 23-330.
- [4] El Ayoubi, H., and P. Failler. 2013. Rapport n°5 de la revue de l'industrie des pêches et de l'aquaculture dans la zone de la COMHAFAT. DOI: 10.13140/RG.2.1.2410.7689, 144 pages. Available to <https://www.researchgate.net/publication/277776052>.
- [5] Djessouho, D.O.C. 2015. Analyse socio-économique du fumage du poisson de la pêche artisanale maritime sur le littoral du Bénin. Mémoire de fin d'étude en Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage, Agro Campus Ouest (Renne), 56 pages.
- [6] Hogbonouto, E. B. 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, 45 pages.
- [7] INSAE. 2014. Tableau de bord social / Profils socio-économiques et indicateurs de développement ; 32 page.
- [8] Ozogul, Y. and Balikci E. 2013. Effect of Various Processing Methods on Quality of Mackerel (*Scomber scombrus*). Food Bioprocess Technology 6:1091–1098.
- [9] Ida, P. A. and I. Nwankwo. 2013. Effects of smoke-drying temperatures and time on physical and nutritional quality parameters of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). International Journal of Fisheries and Aquaculture Vol. 5(3), pp. 29-34.
- [10] Ghaly, A.E., D. Dave, S. Budge, and Brooks M. 2010. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review. American Journal of Applied Sciences, 7: 859–877.
- [11] Assogba H M M. Youssao A.K.I (2017). Rapport d'activité sur l'effet de la fumaison sur la qualité bactériologique de *Scomber scombrus* (Maquereau commun) et de *Trachurus trachurus* (chinchard) dans le Sud du Bénin. Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes, de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi de l'Université d'Abomey Calavi (Bénin), 13 pages.
- [12] Degnon, G.R., T.J. Dougnon, S. Toussou, and Migan S.Y. 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) : 166-174.
- [13] Degnon, R. G., V. Agossou, E.S. Adjou, E. Dahouenon-Ahoussi, M. M. Soumanou and Sohounhloué D.C.K. 2013. Qualité microbiologique du chinchard (*Trachurus trachurus*) au cours du processus de fumage ; Journal of Applied Biosciences 67 :5210–5218.
- [14] Chabi, N.W., C.T.R. Konfo, P. D. M. Emonde, M. T. Capo Chichi, K. J. K. Chabi Sika, Y. Alamou, M. Keke, E. Dahouenon-Ahoussi and Baba-Moussa L. S. 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, Vol. 9:1383-1391 p.
- [15] Kpodekon, M., E. Hounkpè, P. Sessou, B. Yèhouenou, D. Sohounhloué and Farougou S. 2014. Microbiological Quality of Smoked Mackerel (*Trachurus trachurus*), Sold in Abomey-Calavi Township Markets, Benin. Journal of Microbiology Research 4(5): 175-179.
- [16] CAC/CL 31. 1999. Directive codex pour l'évaluation organoleptique en laboratoire du poisson et des mollusques et crustacés. 27p.
- [17] SAS. 2013. SAS/STAT User's guide, vers, 9.4 Utilities, Cary, NC, USA, SAS Institute Inc.
- [18] Abotchi, K., 2010 : Evaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés artisanalement au Togo. Mémoire de Master en qualité des aliments de l'homme, Ecole Inter- Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, 42p.
- [19] Goueu, B. 2006. Contribution à l'étude de l'évolution de la qualité microbiologique du poisson fume en côte d'ivoire et destiné à l'exportation. Thèse de Médecine Vétérinaire de Dakar, 13p.
- [20] 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 2010, 91-98p.
- [21] Fauconneau, B. 2004. Diversification, domestication et qualité des produits aquacoles. INRA Productions Animales., 17, 227-236.
- [22] Romotowska, P. E., M. Gudjónsdóttir, T. B. Kristinsdóttir, M.G. Karlsdóttir, S. Arason, A. Jonsson and H. G. Kristinsson. 2016. Effect of brining and frozen storage on physicochemical properties of well-fed Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) intended for hot smoking and canning. Food Science and Technology 72, 199-205.
- [23] Listrat, A., B. Lebre, I. Louveau, T. Astruc and M. Bonnet. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality, The Scientific World Journal, Article ID 3182746, 14 pages.
- [24] Løje, H. and J. Nielsen. 2007. The quality of cold smoked salmon: Influence of raw material and technological parameters. Technical University of Denmark. 113-155p.
- [25] 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):722-728.
- [26] Huong, D.T.T. 2014. The effect of smoking methods on the quality of smoked Mackerel. United Nations University Fisheries Training Programme, Iceland, 60 p. [final project]. <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/huong13prf.pdf>
- [27] Larsen, D., S. Quek, and L. Eyres. 2011. Evaluating instrumental color and texture of thermally treated New Zealand King salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and their relation to sensory properties. Food Science Technology 44, 1814-1820.
- [28] Martelli, R., O. Franci, P. Lupi, F. Faccenda, and G. Parisi. 2014. Physico-chemical traits of raw and cooked fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from different strains and farms. Italy Journal of Animal Science 13, 693-702.
- [29] Basto dos Santos, A. F. 2016. Evaluation of the 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 in the Porto University, 104 pages.
- [30] Viuda-Martos, M., Y. Ruiz-Navajas, J. Fernandez-Lopez, and J.A. Perez-Alvarez. 2010. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. Meat Science. 85(3): 568-576.
- [31] Frank, F., Y. Xu, Q. Jiang, and W. Xia. 2014. 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, Vol. 8(1), pp. 1-8.
- [32] Stanišić, N., N. Parunovic, S. Stajic, M. Petrovic, C. Radovi, D. Živkovic, and M. Petricevi. 2014. Differences in meat color between free-range Swallow Belly Mangalitsa and commercially reared Swedish Landrace pigs during 6 days of vacuum storage. Archives Anima Breeding, 59, 159-166.
- [33] Huda, N., R. S. Dewis, and R. Ahmad. 2010. Proximate, color and amino acid profile of Indonesian traditional smoked catfish. Journal of fisheries and Aquatic Science 5(2): 106-112.
- [34] Martinez, O., J. Salmerón, M. D. Guillén, and Casas C. 2011. Characteristics of dry and brine salted Salmon later treated with liquid smoke flavouring. Agriculture and Food Science, Vol. 20:217-227.
- [35] Sohn, J.H. and T. H. Ohshima. 2011. Extrait de l'ouvrage Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications ; Manuel sur la qualité et Manuel sur la qualité et la sécurité des produits de la mer, et leurs applications santé Wiley-Blackwell, Blackwell, Part I, Seafood quality (chapitre 8), 542 p.
- [36] Faustman, C., Q. Sun, R. Mancini, S.P. Suman. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. Meat Science 86(1): 86-94.
- [37] Biswas, AK, M.K Chatli, and J. Sahoo. 2012. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. Food Chem. 133(2) : 467-472.
- [38] Dallabona, B.R., L.B. Karam, R. Wagner, D. A. F. S. Bartolomeu, J.D. Mikos, J. G. P. Francisco, R. E. Freitas de Macedo, and P.G. Kirschnik. 2013. Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. Revista Brasileira de Zootecnia., v.42, n.12, p.835-843.

- [39] Assogba H M M. Youssao A.K.I (2017). Rapport d'activité sur l'effet des procédés de transformation et de conservation sur les qualités technologiques et organoleptiques de *Tilapia guineensis* (Günther, 1862) et de *Sarotherodon melanotheron* (Rüppell, 1852) dans le Sud du Bénin. Laboratoire de Biotechnologie Animale et Technologie des Viandes, de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi de l'Université d'Abomey Calavi (Bénin), 20 pages.