

Fabrication des saucisses fumées à partir des chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* et évaluation de leurs qualités microbiologique, nutritionnelle et sensorielle

Production of smoked sausages from the flesh of *Katsuwonus pelamis* and *Scomberomorus commerson* and evaluation of their microbiological, nutritional and sensory qualities

Edino Joma¹, Nirina Hajarivo Ranaivojaona¹, Jacky Michel Andrianasolonantenaina¹, Mananjara Pamphile¹

¹ Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation, Université de Mahajanga-Madagascar
edinojoma@gmail.com, r_hjrv@yahoo.fr, a.jackymichel@gmail.com, pamphile15@yahoo.fr

RÉSUMÉ. A Madagascar, la charcuterie est artisanale et obtenue à base des viandes. Les produits de charcuterie à partir de poissons sont encore peu connus. Pourtant, Madagascar est riche en produits halieutiques y compris les thonidés. L'objectif principal de cette étude est de valoriser des chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* en produit de charcuterie. Les objectifs spécifiques sont d'élaborer quatre (04) formulations de recette des saucisses fumées à partir des chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* et évaluer leurs qualités microbiologique et nutritionnelle. Les méthodologies de fabrication de produits de charcuterie, des analyses microbiologiques et nutritionnelles appropriées ont été utilisées durant cette étude. Les résultats des analyses microbiologiques des saucisses fumées fabriquées ont montré que les charges bactériennes des flores aérobies mésophiles totales dans les saucisses fumées de F1, F2 et F4 sont supérieures à la norme exigée et le F3 sont satisfaisants. Les degrés de contamination des Coliformes fécaux, de *Staphylococcus aureus*, de *Escherichia coli*, des germes Anaérobies Sulfite-Réducteurs et des salmonelles sont inférieures aux normes exigées. Les saucisses fumées analysées ont de qualités nutritionnelles importantes en protéines et en glucides mais pauvre en lipides entraînant des valeurs énergétiques modérés. Les saucisses fumées contiennent des quantités des épices plus élevés sont plus appréciée par les dégustateurs. La détermination des paramètres physico-chimiques s'avère indispensable pour la suite de cette étude.

ABSTRACT. In Madagascar, charcuterie is artisanal and obtained from meat. Charcuterie products made from fish are still little known. However, Madagascar is rich in fish products including tuna. The main objective of this study is to promote the use of *Katsuwonus pelamis* and *Scomberomorus commerson* flesh as a charcuterie product. The specific objectives are to develop four (04) recipe formulations for smoked sausages from *Katsuwonus pelamis* and *Scomberomorus commerson* flesh and to evaluate their microbiological and nutritional qualities. The methodologies of manufacturing delicatessen products, appropriate microbiological and nutritional analyses were used during this study. The results of microbiological analyses of manufactured smoked sausages showed that the bacterial loads of total mesophilic aerobic flora in smoked sausages of F1, F2 and F4 are higher than the required standard and F3 are satisfactory. The contamination levels of fecal coliforms, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, anaerobic sulfite-reducing germs and salmonella are lower than the required standards. The smoked sausages analyzed have important nutritional qualities in proteins and carbohydrates but low in lipids resulting in moderate energy values. Smoked sausages contain higher quantities of spices which are more appreciated by tasters. The determination of physicochemical parameters is essential for the continuation of this study.

MOTS-CLÉS. Qualités, saucisses fumées, *Katsuwonus pelamis*, *Scomberomorus commerson*.

KEYWORDS. Qualities, smoked sausages, *Katsuwonus pelamis*, *Scomberomorus commerson*.

1. Introduction

Les produits de la mer font partie du régime alimentaire des hommes. Les traces de consommation des poissons sont retrouvées depuis bien avant de l'antiquité [4]. Les poissons constituent un

composant important dans la diète alimentaire dans la majorité des pays du monde. Ils sont classés comme deuxième source de protéines après les viandes rouges et blanches [3] ; [2]. La qualité nutritive et sanitaire du poisson est reconnue en raison surtout de sa contribution à la réduction du taux de cholestérol et de sa faible teneur en graisses et en calories [9]. Malgré ces importances, ils jouent un rôle important dans l'apparition des maladies et des intoxications ou intoxications alimentaires provoquées par des micro-organismes présents d'une manière naturelle dans le milieu aquatique ou introduits à travers les différentes manipulations [20]. La transformation des poissons frais par des techniques modernes ou traditionnelles permet ralentir les processus naturels de dégradation et d'augmenter ainsi la durée de conservation [8]. La transformation des poissons frais en produit fumés et en charcuterie permet de les conserver. Ce dernier connaît actuellement un essor agrandissant à Madagascar et sont obtenus à base des viandes. Pourtant, Madagascar est riche en produits halieutiques, y compris les thonidés. La charcuterie à base de la chair de poissons et plus particulièrement à partir des thonidés est encore peu connue même sur le plan artisanal. L'Océan Indien est l'une des plus importantes régions de pêche au thon qui est une filière rentable sous exploitée par Madagascar [25]. En outre, le thon constitue un élément important de la sécurité alimentaire d'une part par sa richesse en protéines de bonne valeur biologique, sa teneur en acides gras polyinsaturés [25], et d'autre part les six membres de la CTOI (Commission Thonière de l'Océan Indien) produisent 1 120 000 tonnes par an, Madagascar produit près de 250 000 tonnes [12]. Toutefois, cette étude est axée sur la fabrication des saucisses fumées à partir des chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* et évaluer leurs qualités microbiologiques et nutritionnelles. L'objectif principal de cette étude est de valoriser les chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* en produit de charcuterie. Les objectifs spécifiques sont de fabriquer quatre (04) formulations des saucisses fumées à partir des chairs des thons respectivement de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* et évaluer les qualités microbiologique et nutritionnelle des saucisses fumées ainsi fabriquées.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériels

2.1.1. Matériels biologiques

Les matériels biologiques principaux utilisés pour cette étude sont de *Katsuwonus pelamis* (a) et *Scomberomorus commerson* (b) vendue au Bazar Marolaka à Mahajanga. Les photos 1 et 2 illustrent les thons vendus au bazar Marolaka.



Photo 1. *Katsuwonus pelamis*



Photo 2. *Scomberomorus commerson*

En plus, les matériels spécifiques pour la fabrication des produits de charcuterie ont été aussi utilisés tels que les boyaux naturels et les ingrédients comme le sel et d'autres produits d'assaisonnement.

2.1.2. Matériels de fabrication

Durant cette étude, différents matériels ont été utilisés pour la fabrication des saucisses fumées à partir des chairs de *Katsuwonus pelamis* et *Scomberomorus commerson* tels que la balance, le cutter, poussoir manuelle, le fumoir.

2.2. Méthodes

2.2.1. Préparation de la gélatine

Durant la préparation de la gélatine, les sous-produits issus du parage des thons utilisés sont lavés avec de l'eau propre. Ensuite, ils ont été cuits pour obtenir de la gélatine. Cette dernière sera utilisée comme épaississant afin d'obtenir une structure ferme des saucisses fumées obtenues. La **photo 3** représente les sous-produits du parage des thons. Les étapes de cette préparation sont représentées sur la **figure 1**.



Photo 3. *Sous-produits issus du parage*

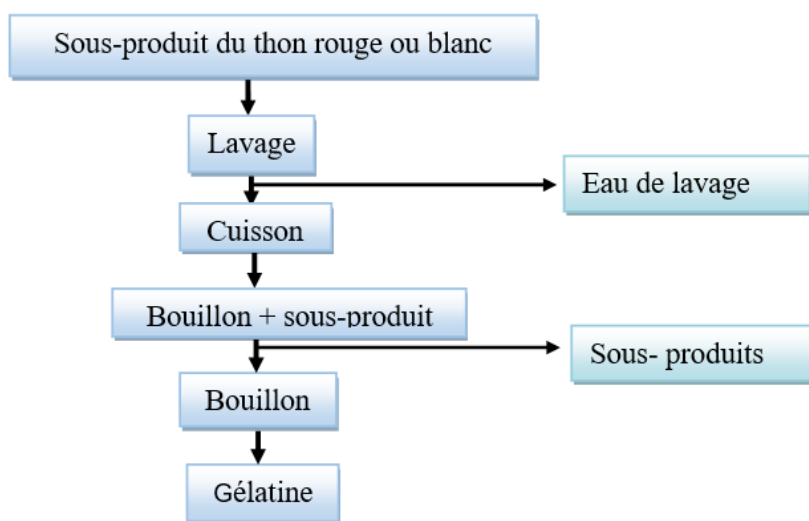


Figure 1. *Diagramme de préparation de la gélatine*

2.2.2. Fabrication des saucisses fumées

Quatre (04) formulations des saucisses fumées à partir des chairs des thons rouge et blanc ont été fabriquées à partir d'un diagramme de fabrication (**Figure 2**). Ce sont deux formulations des saucisses fumées gélifiées et non gélifiées. Les grandes étapes de fabrication de saucisses fumées constituent le parage, le lavage, le cutterage, la salaison, l'assaisonnement, l'embossage suivi du ficelage, le fumage à une température de 50 ° à 60 °C suivi de refroidissement. La gélatine obtenue après la cuisson des sous-produits du parage a été ajoutée durant l'assaisonnement.

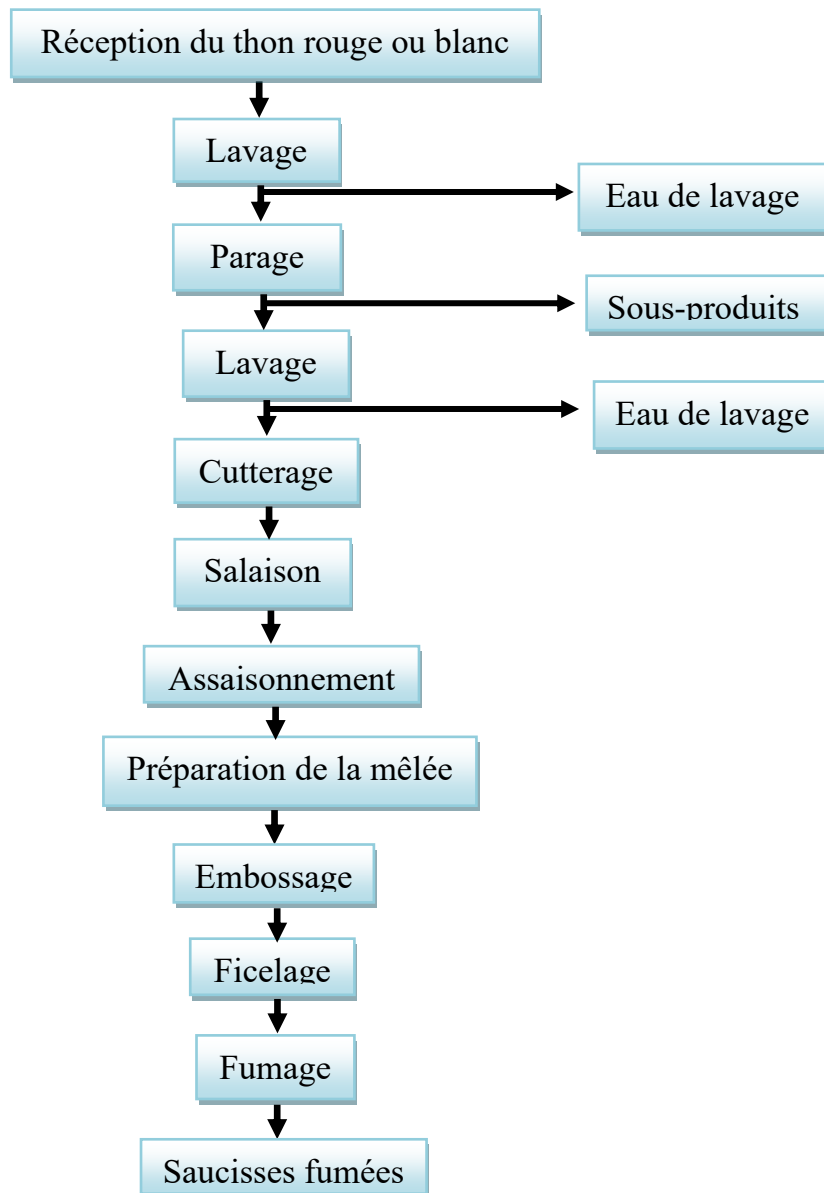


Figure 2. Diagramme de fabrication des quatre (04) formulations des saucisses fumées

Les quatre (04) formulations des saucisses fumées ainsi élaborés sont répartis comme suit :

- F1 :** saucisses fumées non gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
- F 2 :** saucisses fumées non gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson* ;
- F 3 :** saucisses fumées gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
- F 4 :** saucisses fumées gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson*.

2.2.2.1. Parage

Durant cette opération, les thons ont été étêtés, tranchés, désossés et leurs peaux ont été enlevés. Après cette étape, la chair a été lavée avec de l'eau propre.

2.2.2.2. Lavage

Les thons ont été lavés avant et après le parage. Cette étape a été effectuée pour enlever des saletés externes, des restes de viscères et du sang. Il est soigneusement réalisé dans une cuvette et de l'eau propre. L'eau de lavage a été renouvelée.

2.2.2.3. Cutterage

Les chairs découpées ont été hachées à l'aide d'un cutter qui hache soigneusement les produits par des lames rotatives à la vitesse variable. L'étape de cutterage se fait à sec pendant 2 à 3 tours en première vitesse puis ensuite passer en vitesse plus rapide de 1500 tours/mn.

2.2.2.4. Salaison

Cette opération s'effectue à repartir le sel moulu dans la chair ainsi cutterée et bien mélanger afin d'obtenir une bonne répartition du sel. La chair ainsi salée est conservée au froid pendant 24 heures à température entre 0 à 5°C.

2.2.2.5. Assaisonnement et préparation de la mée

Durant cette étape, tous les ingrédients et les épices sont introduits et mélangés dans la chair hachée après la salaison. Ensuite, la mée a été conservée au froid pendant 24 heures à température entre 0 à 5°C.

2.2.2.6. Embossage et ficelage

L'embossage consiste à introduire la mée dans un boyau naturel à l'aide d'un poussoir manuel. Après cette opération, les boyaux sont ficelés à ses des extrémités pour assurer la fermeture du boyau. Ensuite, les saucisses sont conservées au froid et subissent la restructuration de la mée embossée pendant 24 heures à température entre 0 à 5°C.

2.2.2.7. Fumage

Durant cette étape, les saucisses ont été exposées à la fumée dans un fumoir provenant de la combustion lente du bois. La température du fumage est comprise entre 50 °C à 60 °C pendant environ 4 heures.

2.2.2.8. Refroidissement

Les saucisses ainsi fumées sont refroidies à la température ambiante pendant 24 heures durant laquelle elles subissent un séchage.

2.2.3. Analyses microbiologiques

Durant cette étude, les saucisses fumées gélifiées et non gélifiées à partir des chairs des thons rouge et blanc ont été analysées. Différents milieux de culture ont été préparés. La solution mère a été préparée à partir de vingt (20) grammes de l'échantillon. Vingt (20) grammes de l'échantillon ont été prélevés et introduits dans un flacon contenant 180 ml d'EPT (l'Eau Peptonée Tamponnée) puis mélangés. Les dilutions décimales ont été réalisées à partir de la solution mère.

2.2.3.1. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

L'ensemencement se fait en profondeur. Un millilitre de la solution obtenue à partir des dilutions décimales a été prélevé et introduit dans une boîte de Pétri stérile. Ensuite, environ 15 ml de PCA maintenue à 45°C ont été coulés puis incubé à 30°C pendant 72h. La lecture se fait compter toutes les colonies présentes dans les boîtes de Pétri moins de 300 colonies. Les fores aérobies mésophiles totales ont été dénombrées selon la norme internationale de [15].

2.2.3.2. Dénombrement des coliformes fécaux

Un millilitre des dilutions décimales a été transféré dans des boîtes de Pétri stérile puis environ 15 ml de VRBL maintenue à 44 °C ont été coulés dans chaque boîte pour effectuer un ensemencement en profondeur. Ensuite, les boîtes ont été incubées à l'étuve à 44°C pendant 24 h. La lecture consiste à dénombrer des colonies violacées dans chaque boîte de Pétri selon la norme [22].

2.2.3.3. *Dénombrement du germe Staphylococcus aureus*

Environ 15 ml de milieu Baird-Parker (BP) ont été coulés dans deux boîtes de Pétri stériles. 0,5 ml de solution mère et l'autre à partir de la dilution décimale ont été ensemencés en surface. L'incubation des milieux ensemencés a été faite à 37 °C pendant 48 h. Les colonies caractéristiques ont été comptées après la période d'incubation et ont été dénombré suivant la norme internationale de [18].

2.2.3.4. *Dénombrement de Escherichia coli*

Une solution mère de 0,5 ml a été ensemencée dans une boîte de Pétri stérile en profondeur. Puis, une autre boîte de Pétri stérile a été ensemencée avec 1ml de dilution décimale. Ensuite, environ 15 ml du milieu TBX refroidi entre 44 et 47°C ont été coulés dans chaque. Après, les boîtes ont été incubées à l'étuve à 44° C pendant 24h. Les colonies caractéristiques bleues ont été comptées après 24 h d'incubation suivant la norme internationale de [14].

2.2.3.5. *Dénombrement des Anaérobies Sulfite-Réducteurs*

Un millilitre de la solution mère et la dilution décimale ont été ensemencés en profondeur dans des boîtes de pétri stérile. Ensuite, environ 15 ml de la gélose Tryptose-Sulfite à la Cyclosérine (TSC) ont été coulés dans chaque boîte de Pétri. Les boîtes ensemencées ont été introduites dans la jarre d'anaérobiose puis incubées dans l'étuve réglée à 37°C pendant 48h. La lecture consiste à dénombrer les colonies caractéristiques de couleur noire selon la norme internationale [13].

2.2.3.5. *Recherche des Salmonelles*

Le pré-enrichissement consiste à introduire 1 ml de la solution mère dans un tube contenant 9 ml d'EPT et incubée à 37°C pendant 24h. Ensuite, 0,1ml de solution mère pré-enrichie a été introduit dans 10 ml du bouillon rappaport qui est un milieu de culture utilisé pour l'enrichissement sélectif des Salmonella puis incubé à 42°C pendant 24h. L'échantillon enrichi a été ensemencé en stries à la surface sur le milieu sélectif gélose de Hecktoen et incubée à l'étuve à 37 °C pendant 24 heures. Après 24h d'incubation de cet isolement, la présence des colonies typiques des Salmonella a été observée dans la boîte de Pétri ainsi que les colonies atypiques susceptibles d'être des salmonelles suivant la norme internationale de [16].

2.2.4. *Analyses biochimiques et nutritionnelles*

Les analyses biochimiques et nutritionnelles des quatre (04) formulations des saucisses fumées obtenues sont la teneur en protéines, la teneur en matières grasses, les glucides totaux, la valeur énergétique, l'humidité et les cendres brutes.

2.2.4.1. *Détermination de la teneur en protéines*

La teneur en protéines a été déterminée suivant la méthode de Kjeldahl selon la norme [23]. Le dosage des protéines est comporté de trois étapes principales telles que la minéralisation, la distillation de l'ammoniac et la titration de l'ammoniac. La teneur en protéine a été calculée en pourcentage.

2.2.4.2. *Dosage de la teneur en matières grasses brutes*

Les saucisses fumées ont été traité à chaud par l'acide chlorhydrique. Les matières grasses ont été hydrolysés par l'acide chlorhydrique. Après l'hydrolyse, le résidu a été filtré par le papier Joseph puis séché à l'étuve. Ensuite, le résidu sec a été introduit dans une cartouche à extraction et placé dans le Soxhlet puis extrait par l'hexane. Après l'extraction, le solvant a été éliminé à l'aide d'un évaporateur rotatif. La teneur en matières grasses a été calculée en pourcentage.

2.2.4.2. Détermination de la teneur en glucides totaux

Les glucides totaux ont été déterminés par la méthode de différence. La soustraction à 100 % de la somme des teneurs en humidité, en protéines, en matières grasses et en cendres brutes donne, d'une manière approchée, le taux des glucides totaux.

2.2.4.2. Détermination de la valeur énergétique

La valeur énergétique des saucisses fumées a été calculée par la somme des teneurs en nutriment énergétique (glucides, lipides, protéines) multipliée par sa valeur énergétique dans 1g.

2.2.4.2. Détermination de l'humidité

L'humidité a été déterminé par la différence de perte de masse d'une prise d'essai avant et après l'étuvage selon la norme [17]. L'humidité a été calculé en pourcentage.

2.2.4.2. Dosage de la teneur en cendres brutes

Cinq (05) grammes de l'échantillon ont été introduits dans un creuset à incinération et incinérés dans le four à 550 °C. Le creuset est enlevé du four, puis laissé dans un dessiccateur pour se refroidir et pesé immédiatement. La teneur en cendres brutes a été calculé en pourcentage.

2.2.5. Analyses sensorielles

Durant l'analyse sensorielle, dix-neuf (19) dégustateurs formés ont été jugés les saucisses fumées fabriquées. Quatre (04) formulations (F1, F2, F3 et F4) des saucisses fumées ont été évaluées. Les produits sont codés avant de les distribuées aux dégustateurs. La proportion à distribuer a été pesée de 25 g par dégustateurs. Le test hédonique (test d'acceptabilité) a été effectué pour tester l'appréciation générale des consommateurs en se basant le caractère agréable ou désagréable des produits. Les dégustateurs qualifient les produits selon l'ordre de leur satisfaction pendant et après la dégustation des aliments. La qualification va de la sensation extrêmement désagréable vers la sensation extrêmement agréable. A la fin, les dégustateurs ont été classés les produits selon leur degré d'appréciation. La classification des produits va de la sensation de plus appréciés vers les moins appréciés.

2.2.6.2. Analyses des données et statistiques

Les données d'analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été traitées à l'aide des logiciels de Microsoft Office 2016 en particulier Microsoft Word et Microsoft Excel. Pour les paramètres biochimiques et nutritionnelles des saucisses fumées, le logiciel R (Version 4.3.0) R Core (2023) a été utilisé pour toutes les analyses statistiques des saucisses fumées obtenues. Le traitement a permis de caractériser les données quantitatives, essentiellement par leur moyenne avec leurs écarts types. Tous les tests ont été considérés comme significatif pour $p \leq 0,05$. Différents tests ont été utilisés tels que le test de Shapiro-Wilk et l'ANOVA. Si le test de Shapiro-Wilk ne validait pas l'hypothèse de normalité, le test de Kruskal a été effectué, suivi d'un test post-hoc de Bonferroni en cas de différence significative. Une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée pour explorer les relations entre les formulations et les jugements sensoriels exprimés par les dégustateurs. Enfin, le classement effectué par des dégustateurs des saucisses fumées fabriquées ont été traitées à l'aide du test de Friedman, adapté à un plan en blocs complets appariés (chaque dégustateur évaluant l'ensemble des formulations). En cas de résultat significatif ($p \leq 0,05$), un test post-hoc de Nemenyi a été utilisé pour effectuer des comparaisons multiples par paires, permettant d'identifier les échantillons qui diffèrent significativement entre eux.

3. Résultats

3.1. Résultats technologiques de la gélatine des thons

La gélatine obtenue après la cuisson des sous-produits du parage présente de pouvoir épaississant et gélifiant. Ce dernier est l'une des caractéristiques les plus importantes des gels. La couleur de la gélatine extraite à partir du sous-produit du parage du thon blanc est blanchâtre. La couleur de la gélatine extraite à partir du sous-produit du parage du thon rouge est marron.

3.2. Caractéristiques des saucisses fumées

Les saucisses fumées gélifiées (photos 6 et 7) obtenues à partir des chairs des thons rouge et blanc ont un aspect semi-dure et des texture fermes. Les saucisses fumées non gélifiées (Photos 4 et 5) fabriquées à partir des chairs des thons rouge et blanc présentent un aspect sémi-dur et des textures peu friables. Les saucisses fumées gélifiées et non gélifiées (Photos 4 et 6) à partir de la chair du thon rouge possèdent une couleur rose. Les saucisses fumées obtenues possèdent une bonne odeur et un goût un peu salé par leur déshydratation durant le fumage.



Photo 4 : Saucisses fumées à partir de *Katsuwonus pelamis* non gélifiées de F1



Photo 5 : Saucisses fumées à partir de *Scomberomorus commerson* non gélifiées de F2



Photo 6 : Saucisses fumées à partir de *Katsuwonus pelamis* gélifiées de F3



Photo 7 : Saucisses fumées à partir de *Scomberomorus commerson* gélifiées de F2

Avec :

- F1 :** saucisses fumées non gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
- F 2 :** saucisses fumées non gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson* ;
- F 3 :** saucisses fumées gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
- F 4 :** saucisses fumées gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson*.

3.3. Qualité microbiologique des saucisses fumées obtenues

Le tableau 1 illustre les degrés de contamination des quatre (04) formulation des saucisses fumées fabriquées après cinq (05) jours de fumage.

| Germes | F1 | F2 | F3 | F4 | Normes |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|
| | Colonies (Ufc/g) | Colonies (Ufc/g) | Colonies (Ufc/g) | Colonies (Ufc/g) | (Ufc/g) |
| Flore aérobie mésophile totale | 1,2.10 ⁵ | 2,3.10 ⁵ | 10 ⁴ | 2,5.10 ⁵ | 10 ⁵ (ISO 4833-1, 2022) |
| Coliformes fécaux | <1 | 7 | <1 | 8 | 10 ⁴ (NFV 08-060,2009) |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 1 | <1 | 5 | <1 | 5.10 ² (ISO 6888-1,2022) |
| <i>Escherichia coli</i> | <1 | 2 | <1 | <1 | 5.10 ² (ISO 15213, 2023) |
| Anaérobies Sulfito- Réducteurs | <1 | <1 | <1 | <1 | - |
| Salmonelles | Non détecté | Non détecté | Non détecté | Non détecté | Non détecté/25 g (ISO 6579, 2017) |

Tableau 1. Qualité microbiologique des saucisses fumées obtenues

Avec :

- F1** : saucisses fumées non gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
F 2 : saucisses fumées non gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson* ;
F 3 : saucisses fumées gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
F 4 : saucisses fumées gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson*.

3.4. Caractéristiques biochimiques et nutritionnelles des saucisses fumées obtenues

Le tableau 2 illustre les caractéristiques biochimiques et nutritionnelles des quatre (04) formulations des saucisses fumées obtenues. L'analyse de la variance ANOVA ($P < 0,05$) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les paramètres biochimiques et nutritionnelles des quatre formulations des saucisses fumées obtenues

| Paramètres | Protéines (%) | Lipides (%) | Glucides (%) | Valeur énergétique (Kcal) | Humidité (%) | Cendres (%) |
|------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|----------------|
| F1 | 27,21±1,40 | 0,49±0,07 | 6,82±3,14 | 139,57±3,71 | 60,19±1,34 | 5,17±0,17 |
| F2 | 26,92±1,20 | 0,47±0,04 | 5,76±2,22 | 134,52±7,79 | 61,42±2,17 | 5,36±0,35 |
| F3 | 27,17±1,01 | 0,49±0,04 | 6,64±2,19 | 139,38±9,66 | 60,73±2,37 | 4,91±1,41 |
| F4 | 27,10±1,61 | 0,50±0,04 | 5,82±2,43 | 136,02±10,95 | 61,45±2,62 | 5,07±1,23 |
| Niveau de signification | 0,83 | 0.49 | 0.16 | 0.72 | 0.75 | 0.761 |

Tableau 2. Caractéristiques biochimiques et nutritionnelles des saucisses fumées obtenues.

Avec :

- F1** : saucisses fumées non gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;
F 2 : saucisses fumées non gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson* ;

F 3 : saucisses fumées gélifiées à partir de la chair de *Katsuwonus pelamis* ;

F 4 : saucisses fumées gélifiées à partir de chair de *Scomberomorus commerson* ;

3.5. Caractéristiques sensorielles de quatre formulations des saucisses fumées obtenues

Le premier test hédonique qui correspond à l'acceptabilité des saucisses fumées fabriquées sont montrés sur la figure 3. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) explique 100 % de la variance totale répartie sur trois axes principaux : l'axe 1 (69,91 %), l'axe 2 (29,75 %) et l'axe 3 (0,34 %). L'axe 1, qui traduit la majeure partie de la variation sensorielle, permet de discriminer nettement les produits selon leur appréciation globale. Il oppose notamment le produit F4, fortement associé au jugement « Très agréable » (contribution : 30,4 %), avec une contribution élevée sur l'axe 1 (29,9 %), au produit F1, lié aux jugements « Désagréable » (25,2 %) et « Très désagréable » (36,3 % sur l'axe 2), avec une forte contribution sur l'axe 2 (51,6 %) et l'axe 1 (22,7 %). L'axe 2 met en évidence des jugements plus nuancés, dominés par l'appréciation « Assez désagréable » (59,6 % de contribution sur l'axe 2). Le produit F2 y joue un rôle majeur (48,4 %), indiquant qu'il est perçu comme modérément insatisfaisant. Enfin, l'axe 3, bien qu'il explique une part négligeable de l'inertie (0,34 %), distingue les jugements ambivalents. On y retrouve le produit F3, fortement contributeur (55,5 %), associé au jugement « Assez agréable » (68,5 % sur l'axe 3), traduisant une perception intermédiaire ou mitigée de ce produit.

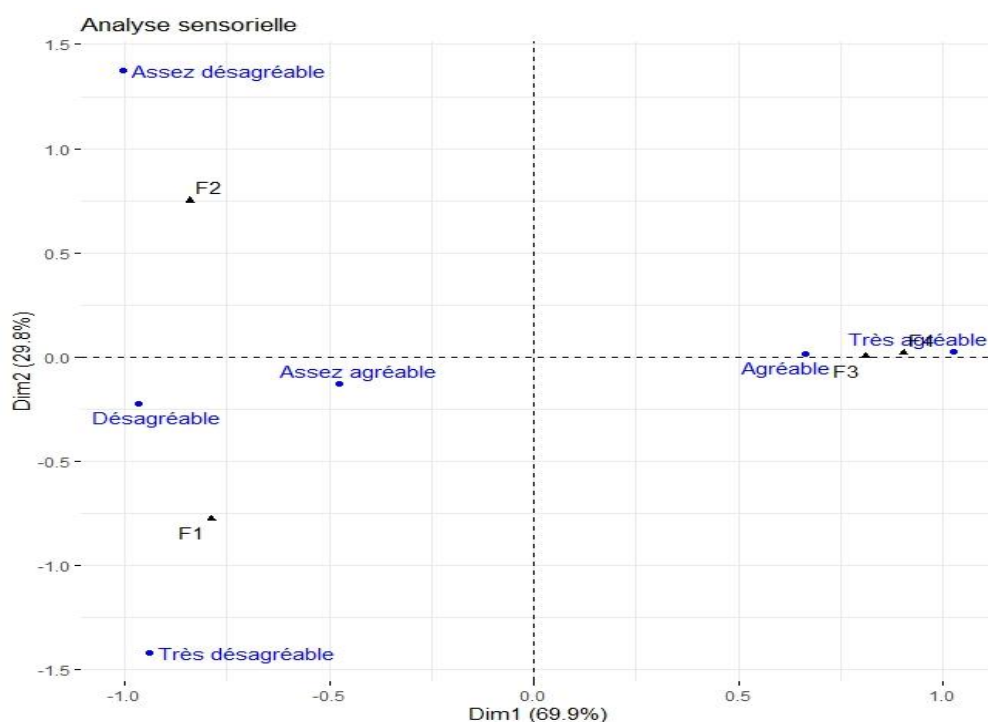


Figure 3 : Test hédonique des saucisses fumées

Le deuxième test hédonique, qui consiste à évaluer la préférence des dégustateurs par un classement, a permis l'analyse sensorielle de descripteur « Goût », réalisée auprès de 19 dégustateurs, a révélé une différence statistiquement significative entre les échantillons de saucisses fumées, selon le test de Friedman ($p < 0,05$). Les scores moyens varient de 2,16 à 8,32, indiquant des préférences marquées. La formulation F4, avec une moyenne de 8,32, est significativement plus appréciée que F3 et F1 (2,16), tandis que F2 (6,53) ne diffère pas significativement de F4 selon le test post-hoc de Nemenyi. L'analyse des lettres associées aux rangs moyens (a, ab, b) confirme cette tendance : F4 (1ab) est le plus apprécié, suivi de F2 (2ab), alors que F3 (3b) et F1 (4b) sont significativement moins préférés. Ainsi, F4 est globalement préféré, suivi de F2, puis F3 et F1, classés en dernière position.

| Descripteur | Nombre des dégustateurs | Echantillons | Moyenne | Rang |
|-------------|-------------------------|--------------|---------|-----------------|
| Goût | 19 | F4 | 8,32 | 1 ^{ab} |
| | | F2 | 6,53 | 2 ^{ab} |
| | | F3 | 2,16 | 3 ^b |
| | | F1 | 2,16 | 4 ^b |

Les valeurs ayant des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ($p < 0,05$)

Tableau 3. Test de classement des saucisses fumées

4. Discussion

La technologie des quatre (04) formulations des saucisses fumées (Photos 4, 5, 6 et 7) proposées a permis de valoriser des chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* en produit de charcuterie. En plus, elles ont permis de diversifier les produits de charcuterie outre les produits à base de viande de bœuf, de porc et de volailles. La différence des structures des saucisses fumées obtenue peut être due à l'ajout de la gélatine durant l'assaisonnement. La couleur rose des saucisses fumées de F1 et de F3 provient de l'interaction du salpêtre avec la myoglobine du thon rouge durant la salaison. La myoglobine s'oxyde progressivement en méthémoglobine de couleur brune suite au passage du fer de l'hème de l'état ferreux à l'état ferrique [7]. L'odeur caractéristique de ces saucisses peut être probablement issue de l'arôme de la fumée issue de la sciure du bois utilisé et des épices utilisés durant l'assaisonnement.

D'après les résultats des analyses microbiologiques des saucisses fumées obtenues, les degrés de contamination des flores aérobies mésophile totale dans les quatre (04) formulations des saucisses fumées sont respectivement de $1,2 \cdot 10^5$ UFC/g pour F1, de $2,3 \cdot 10^5$ UFC/g pour F2, de 10^4 UFC/g pour F3 et de $2,5 \cdot 10^5$ UFC/g pour F4. Ces résultats sont inférieurs à ceux des saucisses cuites de type Kilishi qui sont de $1,4 \cdot 10^2$ UFC/g [27]. Les charges bactériennes des coliformes fécaux dans les saucisses fumées de F1 et F3 sont inférieures à 1 UFC/g, à 7 UFC/g pour F2 et à 8 UFC/g pour F4. Ces résultats sont différents à ceux de saucisses très épicées (saucisses merguez) vendues sur le marché dakarois qui est $3 \cdot 10^2$ UFC/g [24].

Les charges microbiennes de *Staphylococcus aureus* dans les saucisses fumées sont respectivement de 1 UFC/g pour F1, inférieures à 1 UFC/g pour F2, de 5 UFC/g pour F3 et inférieures à 1 UFC/g pour F4. Elles sont inférieures aux limites recommandées par [1] pour les produits de charcuterie cuites qui est de 10^2 UFC/g. Le niveau de contamination de *Escherichia coli* dans les saucisses fumées des F1, F3 et F4 sont inférieures à 1 UFC/g et sont de 2 UFC/g pour F2. Ces résultats sont inférieurs à ceux de saucisses bœuf fumées vendus dans la ville de Yaoundé trouvés à $1,6 \cdot 10^2$ UFC/g [21]. Les charges microbiennes des germes Anaérobies Sulfite-Réducteurs dans tous les saucisses fumées fabriquées sont inférieures à 1 UFC/g. Ces résultats sont différents à ceux trouvés par [5] dans les saucissons à l'ail de bœuf commercialisés sur le marché dakarois qui sont de 26,25 UFC/g. Les salmonelles ne sont pas détectées dans toutes saucisses fumées obtenues. Ces résultats sont identiques à ceux des saucisses très épicées (saucisses merguez) qui n'ont pas de salmonella [11].

Les résultats des analyses biochimiques et nutritionnelles des saucisses fumées obtenues (tableau 2), les moyennes de l'analyse de variance de l'ANOVA ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents paramètres étudiées dans les quatre (04) formulations des saucisses fumées fabriquées. Les teneurs moyennes des protéines des quatre (04) formulations des saucisses fumées obtenues sont respectivement de 27,21 % pour F1, de 26,92 % pour F2, de 27,17 % pour F3 et

de 27,10 % pour F4. Ces résultats sont voisins à celle de saucisson sec qui est de 27,9 % [19]. Les saucisses fumées fabriquées ont des teneurs moyennes en lipides de 0,49 % de F1, 0,47 % de F2, de 0,49 % pour F3 et de 0,50 % pour F4. Ces résultats sont inférieurs à la limite fixée par le code de l'usage de charcuterie. L'excès des lipides doit être évité dans la consommation de produit alimentaire car la consommation élevée peut causer des maladies cardiovasculaires [26].

Les teneurs en glucides des saucisses fumées obtenues sont de 6,82 % pour F1, de 5,76 % pour F2, de 6,64 % pour F3 et de 5,82 % pour F4. Ces valeurs sont plus élevées par rapport à celles des saucisses de Francfort et de Strasbourg, qui sont respectivement de 0,8 à 1,0% [10 ;6]. Les valeurs énergétiques des quatre formulations des saucisses fumées sont respectivement de 139,57 Kcal pour F1, de 134,52 Kcal pour F2, de 139,38 Kcal pour F3 et de 136,02 Kcal pour F4. Ces résultats sont différents à ceux des saucisses de types Kilishi trouvés par [27] ayant une valeur de 942,08 Kcal. Les quatre (04) formulations des saucisses fumées renferment de l'humidité de 60,19 % pour F1, de 61,42 % pour F2, de 60,73 % pour F3 et de 61,45% pour F4. Ces résultats sont voisins de l'intervalle fixé par [10] pour les saucisses qui est de 45-60%. La teneur en cendres brutes des quatre formulations des saucisses fumées est de 5,17 % pour F1, de 5,36 % pour F2, de 4,91% pour F3 et de 5,07 % pour F4. Elles sont supérieures à celle des saucisses issues des fonds de sauce concentrés qui est de 2,35 [27].

Les résultats du premier test hédonique (test d'acceptabilité) des produits ont montré qu'il y a une disparité marquée dans l'acceptabilité des différents échantillons des saucisses fumées. La formulation F4 plus apprécié par les dégustateurs et suivi la formulation F2, tandis que la formulation F1 et F3 sont moins apprécié par les dégustateurs. Le deuxième test hédonique qui est le test de classement (tableau 3) que les moyennes de classement varient de 2,16 à 8,32 où le premier a obtenu la moyenne la plus élevée et le dernier la moyenne la plus faible.

Les résultats du test de classement ont ainsi montré que les formulations F1, F2, F3 et F4 ont été classées selon la préférence des dégustateurs respectivement le premier, le deuxième, la troisième et le quatrième rang. Le test de Friedman ($P < 0,05$) a montré qu'il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes des classements des formulations des saucisses fumées fabriquées. Ces résultats peuvent être due par les quantités plus élevés des épices et ingrédients ajoutés durant les formulations de F4 et de F2 par rapport aux formulation F3 et F1 durant l'assaisonnement. En plus les thon rouge présente des goûts caractéristiques amère. Donc, les quantités des épices contribuent pour l'amélioration des goûts des saucisses fumées obtenues.

5. Conclusion

La transformation des poissons frais en charcuterie est l'un des procédés pour les conserver. La présente étude concerne la transformation des chairs de *Katsuwonus pelamis* et de *Scomberomorus commerson* en saucisses fumées. Les différents procédés de fabrication de saucisses fumées à partir des chairs des thons sont le parage, le lavage, le cutterage, la salaison, l'assaisonnement, l'embossage suivi du ficelage, le fumage à une température de 50 ° à 60 °C suivi de refroidissement. Les résultats technologiques des saucisses fumées obtenues ont montré que les saucisses fumées gélifiées présentent des textures plus fermes par rapport à celles des saucisses fumées non gélifiées. Cela peut être due par l'ajout de la gélatine durant l'assaisonnement. Les résultats des analyses microbiologiques des indices d'hygiène et de sécurité des saucisses fumées fabriquées ont montré que les charges microbiennes des flores aérobies mésophiles totales dans saucisses fumées de F1, F2 et F4 sont non satisfaisantes. Ces résultats peuvent être due par l'exposition des produits à la température ambiante durant le refroidissement. Le niveau de contamination des flores aérobies mésophiles totales dans saucisses fumées de F3 sont inférieures à la norme exigée. Les charges microbiennes des Coliformes fécaux, de *Staphylococcus aureus*, de *Escherichia coli*, des germes Anaérobies Sulfite-Réducteurs et des salmonelles dans les quatre (04) formulations des saucisses fumées sont inférieures aux normes exigées. Ces résultats peuvent être due par l'efficacité du fumage et à l'application des règles de bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication au cours de la production des saucisses fumées. Les

résultats des analyses biochimiques et nutritionnelles des quatre formulations des saucisses fumées obtenues ont montré qu'elles sont riches en protéines et en glucides mais pauvre en lipides entraînant des valeurs énergétiques modérées. Les résultats des analyses sensorielles ont montré que les saucisses fumées qui contiennent des quantités épicées plus élevées sont plus appréciées par les dégustateurs. Ainsi les produits ainsi obtenus sont classés parmi les aliments diététiques. Les analyses physico-chimiques seront indispensables pour la suite de cette étude.

6. Bibliographie

- [1] AGENCE FRANÇAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS., « Les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés », *Paris, Maisons-Alfort*, 40 p, 2008.
- [2] ALBUQUERQUE C.R., “*Escherichia coli* in seafood:” A brief overview. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 4: 450-454, 2013.
- [3] BAKR W, Hazzah W et Abaza AM., “Detection of *Salmonella* and *Vibrio* species in some seafood in Alexandria” *Journal of American Science* 7(9):663-668, 2011.
- [4] BARRETT J.H., “An environmental (pre)history of European fishing: past and future archaeological contributions to sustainable fisheries”, *Journal of Fish Biology* 94, 1033-1044, 2019.
- [5] CARRE M.O.J., Contribution à l'étude de la qualité bactériologique des saucissons à l'ail de bœuf commercialisés sur le marché dakarois. Thèse de doctorat. Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar, 91 p, 1992.
- [6] (CODE D'USAGE DE LA CHARCUTERIE, DE LA SALAISON ET DES CONSERVES DE VIANDE)., « Réglementation et usage Ed. Centre Technique de la Salaison, de la charcuterie et des conserves de viande ». *Paris, Maisons-Alfort*, 2016.
- [7] DURAND P., « Technologie des produits de charcuterie et des salaisons », Paris : *Lavoisier ; Technique et documentation.* ; 450 p, 1999.
- [8] FAO., “The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (SOFIA)”, *contributing to food security and nutrition for all*, Food and Agriculture Organization Rome, p. 200, 2018.
- [9] FRANKEL E.N., “Lipid oxidation” The Oily Press (vol. 10). Dundee, Scotland, 1998.
- [10] FRENTZ J. C., JULLIARD M., « Encyclopédie de la charcuterie », MAE-ERTI. Ed. Paris : Soussana, 1342p, 2003.
- [11] HAMIROUNE M., KHELAF S., REGUIA N, HALIMA S B., ABDELHAMID F ET ALI B., “Microbiological quality of Merguez in some retailing meat shops in the region of M'Sila (Algeria)”, *African Journal of Microbiology Research*. 11(6) :211-217, 2017.
- [12] INSTAT., (2003). « Journées Africaines de la statistique : les points saillants », Antananarivo : INSTAT 2003 ; 13p, 2003.
- [13] ISO 15213., « Microbiologie de la chaîne alimentaire - Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement de *Clostridium spp.* - Partie 1 : Dénombrement des bactéries *Clostridium spp.* Sulfite-réductrices par la technique de comptage des colonies » 12p, 2023.
- [14] ISO 16649-2., « microbiologie des aliments et précise une méthode horizontale pour le dénombrement des *Escherichia coli* bêta-glucuronidase positive, en utilisant la technique de comptage des colonies à 44 degrés C avec le 5-bromo-4-chloro-3-indolyl bêta-D-glucuronate » 8p, 2024.

- [15] ISO 4833-1., « Microbiologie de la chaîne alimentaire – Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes - Partie 1 : Comptage des colonies à 30 °C par la technique d'ensemencement en profondeur Amendement 1 : Clarification du domaine d'application » (2013/Amd 1 :2p, 2022.
- [16] ISO 6579-1., « Microbiologie de la chaîne alimentaire - Méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des Salmonella - Partie 1 : Recherche des Salmonella spp »15p, 2017.
- [17] ISO 665., « Graines oléagineuses. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles. AFNOR : Paris », 2000.
- [18] ISO 6888-1., « Microbiologie de la chaîne alimentaire - Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (staphylococcus aureus et autres espèces) - Partie 1 : Méthode utilisant le milieu gélose de baird-parker », 2022.
- [19] JEAN M. L., « Intérêt nutritionnel et risque pour la santé des salaisons sèches dans l'alimentation », *revu des instituts de recherches et des centres techniques des filières viandes et produits carnés*. Référence d'article : VPC-2016-32-1-4. www.viandeetproduitscarnés.com, 2016.
- [20] KARUNASAGAR I., PARVATHI A. “Microbial safety of fishery products. Marine microbiology, facets and opportunities », 135 http://drs.nio.org/drs/bitstream/2264/79/1/Karunasagar_chap14.pdf. Consulté le 18/03/14, 2004.
- [21] MBOLE M. J. M., NDJOKI P., ABA'A.M., BENGAC., TEBOUBE.G., NKO'O.N.D., NNANGA.N., (2025). “Contrôle Qualité des Viandes Transformées (Saucisse et Saucisson) Vendus Dans la Ville de Yaoundé », *Health Res. Afr: Vol 3; (3)*, March 2025, pp 17-23 Available free at <http://hsd-fmsb.org/index.php/hra>, 2025.
- [22] NF V 08-060., « Microbiologie des aliments - Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44 °C », 2012.
- [23] NF V03- 050., « Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. AFNOR : Paris » (1970), 1970.
- [24] PENDA S., Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et commerciale des merguez vendues sur le marché dakarois. Thèse de Doctorat, université cheikh Antadiop de Dakar. Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaires, 99p, 1994.
- [25] ROBERT G., *Thon pour demain*, Commission de l'Océan Indien financé par l'Union Européenne. France: 90p, 2012.
- [26] SMITH-SCHNEIDER L.M., SIGMAN-GRANT M.J., KRIS-ETHERTON P.M., “Dietary fat reduction strategies” *Journal of the American Dietetic Association*, 92, 34-38, 1992.
- [27] STÉPHANIE. C.T., DONATIEN.K., ABEL.T., MELAINE. N. K., A.D., A.P., FATOUMATA.H., MAMOUDOU.H., H. S., « Mise au point d'une technologie de saucisse par incorporation d'épices et d'ingrédients utilisés pour la production du Kilishi », *revu des instituts de recherches et des centres techniques des filières viandes et produits carnés*. Reference d'article : VPC-2021-3733. www.viandeetproduitscarnés.com, 2021.