

Formulation et évaluation de la qualité microbiologique et organoleptique de saucissons de bœuf utilisant le *soumbala*, le *moringa* et le *roucou* en remplacement des additifs et colorants chimiques

Ousmane OUEDRAOGO ^{1,2*},
Muller Kiswendsida Abdou COMPAORE¹,
Abel TANKOANO ¹, Romaric Geoffroy BAYILI ¹,
Adrien Marie Gaston BELEM²,
Hagrétou SAWADOGO-LINGANI³

Résumé

Les produits de charcuterie sont des aliments obtenus par transformation de la viande dont la fabrication requiert en général l'utilisation d'additifs chimiques. L'objectif de la présente étude était de formuler des saucissons de viande de bœuf à partir d'ingrédients locaux, en remplacement des conservateurs et des colorants chimiques. La méthodologie a consisté à réaliser plusieurs essais à blanc jusqu'à l'obtention d'une formule F0 permettant de fixer les teneurs de la majorité des ingrédients dont le roucou et de faire varier les teneurs du soumbala et du moringa dans un plan de mélange en utilisant le logiciel MINITAB 20. Les caractéristiques microbiologiques et sensorielles des saucissons formulés ont été évaluées en utilisant les méthodes standards d'analyses. Les résultats indiquent une absence de salmonelles, *Staphylococcus aureus*, entérobactéries, coliformes thermotolérants, levures et moisissures. La flore aérobie mésophile totale a été retrouvée dans deux échantillons avec des charges inférieures aux seuils critiques. Les attributs sensoriels tels que la couleur, la saveur, l'odeur, le goût, la texture, la jutosité, la tendreté des formulations F0, F2, F6 et F7 ont été positivement appréciés par la majorité des dégustateurs. Les dégustateurs ont classé au 1er rang le saucisson commercial suivi des saucissons issus des formulations F2, F6 et F0. Cette étude a montré que l'utilisation des ingrédients locaux pourrait constituer une alternative à l'utilisation des colorants et conservateurs chimiques comme les nitrites et les nitrates.

¹ Département Technologie Alimentaire / Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT)/ Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 2393, Bobo-Dioulasso 03, Burkina Faso Tel: (226) 20 97 62 40

² Université Nazi Boni, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre / 01 BP. 1091, Bobo-Dioulasso 01, (Burkina Faso) Tél. : (00226) 20 98 06 35

³ Département Technologie Alimentaire / Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT)/Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso

*Auteur correspondant : Ousmane OUEDRAOGO, ousmanemadi@yahoo.fr; ORCID <https://orcid.org/0009-0004-7920-3800>

Mots clés : Viande de bœuf, saucissons, soubala, moringa, roucou, Burkina Faso.

Formulation and evaluation of the microbiological and organoleptic quality of beef sausages using soubala, moringa and annatto as substitutes for chemical additives and colorants

Abstract

Charcuterie products are foods made by processing meat, a process which generally requires the use of chemical additives. This study aimed to formulate beef sausages using local ingredients to replace chemical preservatives and colorants. Several blank tests were conducted until an F0 formula was obtained, which allowed the levels of most ingredients, including annatto, to be fixed, while the levels of soubala and moringa could be varied using a mixing plan created with MINITAB 20 software. The microbiological and sensory characteristics of the formulated sausages were then evaluated using standard analysis methods. The results showed an absence of *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae*, thermotolerant coliforms, yeasts and molds. Total mesophilic aerobic flora was found in two samples with loads below the critical thresholds. The majority of tasters positively rated the sensory attributes of formulations F0, F2, F6 and F7, including color, flavor, smell, taste, texture, juiciness and tenderness. The tasters ranked the commercial sausage as the best, followed by those made using formulations F2, F6 and F0. This study demonstrated that using local ingredients could be an alternative to chemical colorants and preservatives, such as nitrites and nitrates.

Keywords: Beef sausages, soubala, moringa, annatto, Burkina Faso.

Introduction

La production de saucissons traditionnels repose historiquement sur l'utilisation des viandes porcine et d'ingrédients transformés pour obtenir un produit stable et savoureux. Le type de viande utilisé principalement pour la fabrication des saucissons limite la consommation pour certains groupes de personnes à cause de leur interdits religieux. Les aliments prêts ou faciles à consommer tels que les saucissons jouent un rôle important dans la satisfaction des besoins en alimentation des populations. Ils sont appréciés par les consommateurs pour leur caractère abordable, leur accessibilité, leur variété et leurs caractéristiques organoleptiques uniques (SHININGENI *et al.*; 2019) mais également pour leur richesse en nutriments essentiels, notamment en protéines, acides aminés, minéraux et vitamines (ADZITEY *et al.*; 2015).

Cependant, la qualité nutritionnelle de la viande qui constitue la matière première des saucissons favorise le développement des

microorganismes faisant d'elle une menace potentielle pour la santé du consommateur lorsque les conditions de transformation ne sont pas appropriées mais également entraînant une dégradation accélérée des produits finis lorsque les conditions de stockage ne sont pas appropriées (ZHOU *et al.*; 2010). Pour pallier cette difficulté la plupart des formulations industrielles modernes de saucissons utilisent des additifs chimiques tels que les nitrites, les nitrates, les antioxydants synthétiques et les agents texturants pour assurer la sécurité microbiologique, la couleur et la conservation des saucissons.

A titre d'exemple, les additifs nitrés sont utilisés dans la charcuterie en raison de leur rôle d'inhibiteur de croissance d'agents pathogènes, y compris la germination des spores des Clostridies. Le principe de la conservation des viandes repose sur l'apport conjoint de nitrites et chlorure de sodium, qui diminuent l'activité de l'eau. Cependant, ces additifs suscitent des préoccupations croissantes en matière de santé publique en raison de leurs effets potentiels sur la santé des consommateurs, notamment des liens possibles avec des risques carcinogènes ou des réactions indésirables (SANTE-LHOUTELLIER, 2024). D'un point de vue nutritionnel, une consommation excessive de sel est associée à des pathologies sévères telles que les maladies cardiovasculaires. Les sels de nitrite et de nitrate utilisés pour leurs propriétés antibactériennes et antioxydantes sont considérés comme dangereux pour la santé de l'Homme, car promouvant la formation de nitroso-composés cancérigènes, notamment lors de la digestion (SANTE-LHOUTELLIER, 2024).

Dans le contexte burkinabè, l'utilisation de la viande de bœuf favorisera la consommation de saucissons pour les groupes de personnes qui n'en consomment pas pour des raisons religieuses. En outre l'incorporation d'ingrédients naturels locaux possédant non seulement des propriétés fonctionnelles mais aussi des qualités nutritionnelles et organoleptiques attractives est une stratégie prometteuse (TIENDREBEOGO *et al.*; 2021 ; OUEDRAOGO *et al.*; 2025). Parmi les ingrédients locaux, le soubala, le moringa, le roucou, la farine de maïs et celle de manioc pourraient contribuer au développement de formulations locales de saucissons sans additifs ni colorants chimiques. En effet, le soubala est un condiment issu de la fermentation de graines de néré (*Parkia biglobosa*) qui représente une source de saveurs et de composés bioactifs issus de la fermentation microbienne qui peuvent enrichir le profil aromatique des produits carnés tout en contribuant à leur profil nutritionnel (OUOBA *et al.*; 2005). Il constitue une source

additionnelle de protéines et est riche en potassium indispensable pour le bon fonctionnement du cœur, des muscles et des reins (ROUKAYA *et al.*; 2021). Il est traditionnellement utilisé dans la cuisine d’Afrique de l’Ouest comme substitut naturel aux bouillons industriels, et comme exhausteurs de goût (TANKOANO *et al.*; 2024).

Par ailleurs, le *Moringa oleifera*, souvent désigné comme un « superaliment », est reconnu pour son profil nutritif exceptionnel (ANWAR *et al.*; 2007). Les feuilles de moringa contiennent des niveaux concentrés de protéines, vitamines (A, C, B), minéraux essentiels (fer, calcium, potassium) et de composés phytochimiques antioxydants qui contribuent à réduire le stress oxydatif et à améliorer les valeurs nutritionnelles des aliments enrichis (ANWAR *et al.*; 2007). Elles constituent une ressource alimentaire essentielle, notamment pour les populations rurales. Les gousses, en particulier, sont riches en lipides (NDONG *et al.*; 2007). Le moringa est également riche en minéraux, notamment en calcium et en fer, et sa richesse en potassium, sodium et magnésium, ce qui renforce encore ses qualités nutritionnelles (NDONG *et al.*; 2007).

De même, le roucou, provenant des graines de *Bixa orellana*, est traditionnellement employé comme colorant naturel et aromatisant dans divers aliments. Ses pigments caroténoïdes endossent à la fois des fonctions colorantes et des activités antioxydantes potentielles, offrant une alternative naturelle aux colorants synthétiques dans des produits carnés transformés. Ses graines, fournissent un colorant ayant deux fractions, la norbixine (hydrosoluble) et la bixine (liposoluble), stables surtout aux températures inférieures à 180 °C. Les graines de roucou constituent ainsi, la seule source naturelle de bixine, un caroténoïde très utilisé dans l’industrie alimentaire comme colorant (AKAKPO *et al.*; 2019). Les potentialités nutritionnelles et thérapeutiques des graines font du roucou, un important patrimoine agricole capable de faire face aux défis de substitution de certains colorants de synthèse. Quant aux farines de maïs et de manioc, elles pourraient servir de liants et de rétenteurs d’eau pour favoriser la fermeté des saucissons.

Toutefois, la formulation de saucissons de bœuf sans additifs synthétiques soulève des défis technologiques, notamment en termes de sécurité microbiologique, de texture, de stabilité oxydative et d’acceptabilité organoleptique. Ainsi, une évaluation rigoureuse de la qualité microbiologique et sensorielle des saucissons enrichis dans le

temps devient indispensable pour assurer l'adoption de telles formulations par les consommateurs et les marchés.

L'objectif de la présente étude est donc d'explorer l'utilisation combinée de soumbala, moringa et roucou dans la formulation de saucissons de bœuf sans additifs chimiques, afin d'évaluer leur impact sur la qualité microbiologique et l'acceptabilité organoleptique de ces produits innovants.

I. Matériel et méthodes

I.1. Plan expérimental

Le logiciel MINAB 19 a été utilisé pour générer les différentes formulations de saucissons. Sept (07) essais ont été initialement réalisés afin de déterminer une formulation initiale qui a été utilisée dans un plan de mélange généré à l'aide du logiciel MINITAB 20. Le plan d'expérience était un plan de mélange en réseau ayant deux composantes variables (moringa et soumbala). Les formulations de saucissons ont été produites à partir des formules obtenues et des échantillons ont été prélevés et acheminés aux différents laboratoires pour réaliser les différentes analyses. Au total dix formulations de saucissons ont été réalisées à partir d'un diagramme de production mis en place. La production des saucissons formulés a été faite dans l'atelier des produits carnés de l'IRSAT/DRO en respectant les bonnes pratiques de fabrication (quantités d'ingrédients et d'épices, températures et durées de traitement, ...) et de bonnes pratiques d'hygiène. Ensuite des séances de tests de dégustation ont été effectuées auprès de 37 dégustateurs. Ces dégustations ont permis de classer les formulations en fonction des préférences des dégustateurs.

Les quantités des ingrédients utilisés dans la formulation se trouvent dans le tableau I.

Tableau I: composition des différentes formulations générées

Formulation	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Viande de bœuf (g)	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Viande de volaille (g)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Poudre de soubala (g)	0,5	0,5	0,5	4	2	4	2	0,5	2	4
Poudre de Moringa (g)	0,5	4	0,5	0,5	2	4	0,5	2	4	2
Oignon frais (g)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Ail frais (g)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Persil (g)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Céleri (g)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Roucou (g)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Poivre noir moulu (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Muscade moulu (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gingembre moulu (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sel (g)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Coriandre moulu (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cumin moulu (g)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Farine de maïs (g)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Farine de manioc (g)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Glace (g)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Huile (g)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

I.2. Production des saucissons

Les différentes formulations de saucissons ont été produites en pesant et en mélangeant les différents ingrédients et épices de chaque formule. La figure 1 présente le diagramme de production des saucissons issus des différentes formulations proposées.

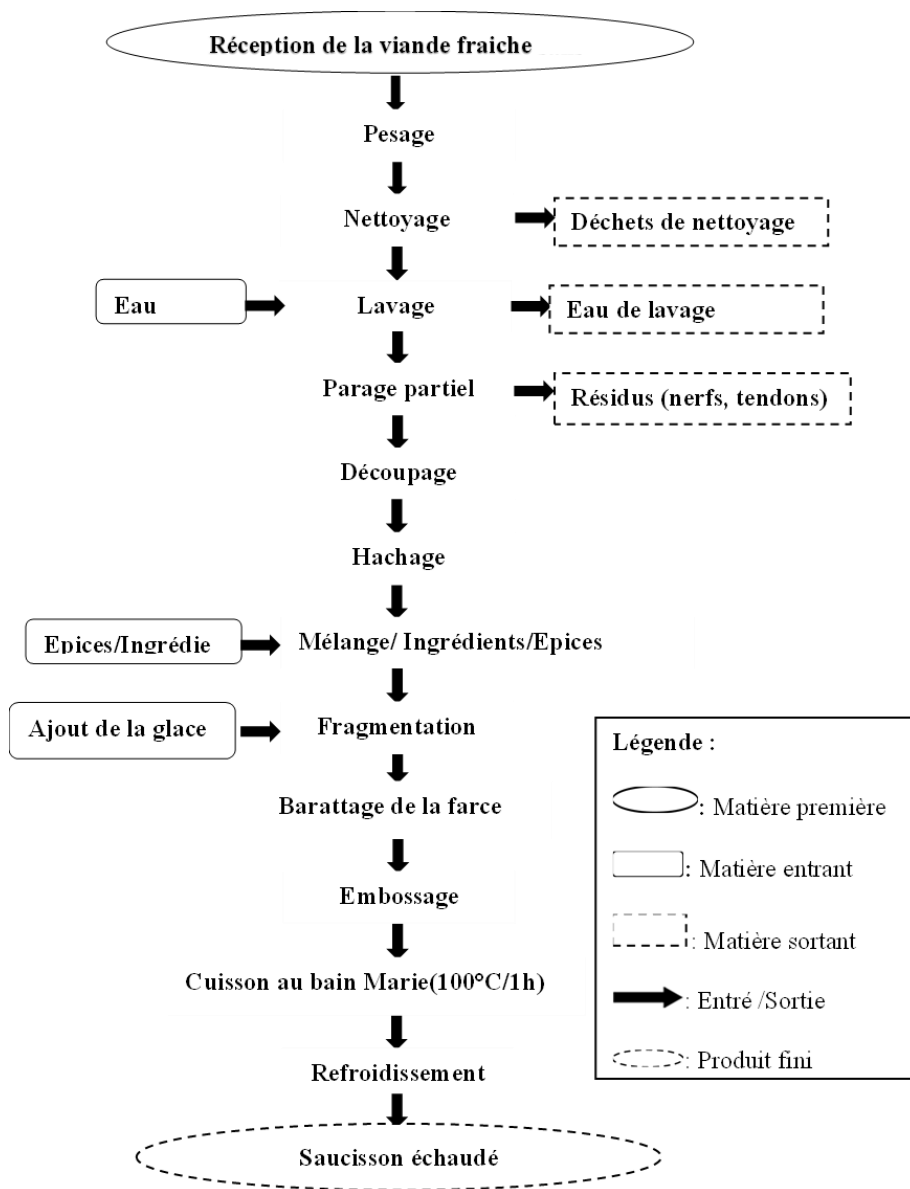


Figure 1 : diagramme de production des différentes formulations de saucisson

I.3. Analyses

I.3.1. Echantillonnages des saucissons

Après la production, deux lots de 50g d'échantillons de chaque formulation de saucissons ont été prélevés et conditionnés dans des sachets stériles, puis acheminés au laboratoire pour les analyses microbiologiques. Pour la dégustation, 1000g de chaque formulation

ont été prélevés et découpés en morceaux de 15-20g et placés dans des emballages unitaires pour la dégustation.

I.3.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont été réalisées selon des méthodes normalisées. La flore aérobie et non aérobie mésophile totale a été déterminée par culture sur le milieu Plate Count Agar incubée à 30 °C pendant 72 heures conformément à la norme NF ISO 4833 (2013), tandis que les levures et les moisissures ont été dénombrées sur la gélose Sabouraud avec chloramphénicol après incubation à 25 °C pendant 3 à 5 jours, conformément à la norme NF ISO 21527 (2008). Les entérobactéries ont été dénombrées sur la gélose Violet Red Bile Glucose après 24 à 48 heures d'incubation à 37 °C, conformément à la norme ISO 21528 (2017) tandis que les coliformes thermotolérants ont été dénombrés sur la gélose Violet Red Bile Lactose après 24 heures d'incubation à 44°C conformément à la norme ISO 4832 (2006).

Staphylococcus aureus a été dénombré sur la gélose Baird-Parker additionnée d'une émulsion de jaune d'œuf au tellurite de potassium, incubée à 37 °C pendant 24 à 48 heures ; les colonies présumées ont été confirmées à l'aide d'un test à la coagulase conformément à la norme ISO 6888-1 (2018).

Pour la détection de *Salmonella* spp., trois étapes principales ont été suivies conformément à la norme ISO 6579-1 (2017). La première étape consistait en un pré-enrichissement non sélectif dans de l'eau peptonée tamponnée à 37 °C pendant 18 à 24 heures. La deuxième étape consistait en un enrichissement sélectif dans un bouillon de soja Rappaport-Vassiliadis à 41,5 °C pendant 24 heures et dans un bouillon Müller-Kauffmann tétrathionate-novobiocine à 37 °C pendant 24 heures. La dernière étape consistait en un isolement sélectif sur deux milieux, la gélose Salmonella-Shigella et la gélose Xylose Lysine Désoxycholate à 37 °C pendant 24 heures. Les colonies présumées ont été purifiées sur de la gélose nutritive et soumises à des confirmations biochimiques à l'aide des galeries API 20^E.

En l'absence de normes nationales sur la qualité microbiologique des produits de charcuterie, les normes du Gouvernement du Québec (MAPAQ, 2019), les normes de la microbiologie alimentaire (GUIRAUD, 2012) et des normes du Grand-Duché de Luxembourg (GDL, 2018) ont été utilisées pour l'appréciation de la qualité microbiologique des saucissons formulées.

Tableau II : Critères microbiologiques utilisés

	m (CFU/g)	M (CFU/g)	Source
Flore aérobie mésophile totale	10 ⁶	10 ⁷	MAPAQ (2019)
Coliformes thermotolérants	10 ²	10 ³	Guiraud (2012)
<i>E. coli</i>	10	10 ²	GDL (2018)
Levures et moisissures	10 ³	10 ⁴	MAPAQ (2019)
<i>Staphylococcus aureus</i>	5x10 ²	5x10 ³	GDL (2018)
<i>Salmonella spp</i>	Absence /25g		GDL (2018)

I.3.3. Analyses sensorielles

Le but de cette analyse est d'évaluer l'acceptabilité et la préférence des différentes formulations de saucisson de viande de bœuf par des dégustateurs afin de retenir la meilleure formulation. Pour cela 3 épreuves ont été mises en œuvre : l'épreuve hédonique, l'épreuve du profil sensoriel et le test de classement de la meilleure formulation.

Dans la présente étude, un panel de 37 dégustateurs composé d'hommes et de femmes a été retenu pour la réalisation des tests sensoriels respectant le nombre minimum de 20 dégustateurs décrit par (LOISELLE *et al.*; 2024). Etaient considérés comme dégustateurs, les participants sensibilisés aux analyses sensorielles et ayant donné leur consentement verbal pour la dégustation. Les échantillons de saucisson ont été codés par la lettre F suivi du numéro de la formulation. Les échantillons mis dans du papier en aluminium portant des étiquettes codées, ont été placés dans une assiette ; un sachet d'eau a été donné pour le rinçage de bouche entre deux échantillons, ainsi que la fiche d'évaluation. La même quantité d'échantillon était disposée dans chaque assiette qui est remise au dégustateur pour l'analyse sensorielle. A la fin de la dégustation les fiches remplies ont été récupérées et les données ont été saisies puis traitées à l'aide du logiciel SPSS 20.

II. Résultats

II.1. Formulations des saucissons sans additifs chimiques

Les différentes formulations de saucissons sans additifs chimiques et utilisant le moringa, le soumbala et le roucou sont représentées sur la figure 2. La formulation F0 correspond à la formulation de base issue

de plusieurs essais ayant permis de fixer la teneur du roucou utilisée comme colorant ainsi que celle de farine de maïs et de manioc utilisés comme texturants. Les formulations F1 à F9 diffèrent selon la concentration en moringa et soubala. La figure 2 montre l'aspect visuel des tranches de saucissons selon les formulations ainsi que les saucissons embossés dans les différents types de boyaux.

Les résultats montrent une variation de la couleur des saucissons selon la quantité de moringa et de soubala utilisée. L'ensemble des saucissons présentaient la même texture liée à la teneur identique en farine de maïs et de manioc utilisée comme liants.

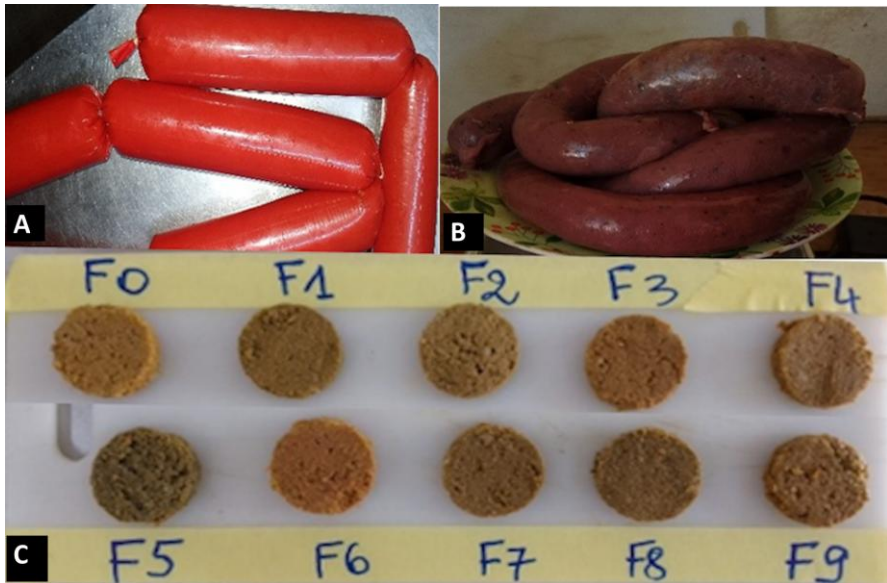


Figure 2 : Types de boyaux et Tranches des 10 formulations de saucissons

A : saucisson dans un boyau artificiel ; B : saucisson dans un boyau naturel et C : tranches de saucissons selon la formulation

II.2. Qualité microbiologique des saucissons formulés

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur des échantillons de saucissons issus des dix formulations ainsi que l'échantillon de saucisson témoin sont consignés dans le tableau III. Ces résultats montrent une absence des germes (flore aérobie mésophile totale, levures et moisissures, entérobactéries, coliformes thermotolérants, *Staphylococcus aureus* et salmonelles) dans les échantillons de saucissons de neuf formulations. Seules les formulations F9 et F10 (Saucisson témoin acheté sur la place du

marché) contenaient des microorganismes avec des charges inférieures aux seuils critiques (tableau II).

Tableau III: Charge microbienne des saucissons produits (F0 à F9) et du témoin (F10) en UFC/g

Formulation	FAM T	Entérobactéries	CTT	<i>S. aureus</i>	Levures & Moisissures	<i>Salmonella</i>
F0	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F1	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F2	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F3	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F4	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F5	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F6	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F7	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F8	<3.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F9	1,5.10³	9,1.10⁴	<3.10¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence
F10	3,7.10⁴	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	Absence

FAMT : Flore aérobie mésophile totale ; CTT : Coliformes thermotolérants ; *S. aureus* : *Staphylococcus aureus*.

II.3. Profil sensoriel des saucissons formulés

A l'issue des deux analyses sensorielles de groupe, les cinq (05) meilleures formulations ont été retenues pour une troisième analyse en y ajoutant le saucisson témoin acheté dans une alimentation. Les résultats représentés sur la figure 3 montrent que la couleur des formulations F0, F6, F7 et F9 est jugée acceptable par les dégustateurs comparativement à celle du saucisson acheté dont la couleur est qualifiée de très belle tandis que celle de la formulation F2 est qualifiée de belle. Les formulations F0 et F2 ont la même appréciation de l'odeur « bonne » que la formulation témoin. Ces deux formulations sont mieux appréciées pour leur goût que la formulation témoin. Pour ce qui est de la texture, F6 présente une texture lisse tandis que F9 présente une texture onctueuse. F2 et F6 ont une tendreté identique à celle du saucisson témoin. Elles sont considérées plus juteuses et moins aigres que les saucissons commerciaux. Pour ce qui est de l'aptitude à la commercialisation, les dégustateurs considèrent que F0, F2 et F6 peuvent être bien commercialisés au même titre que les saucissons utilisant les additifs chimiques.

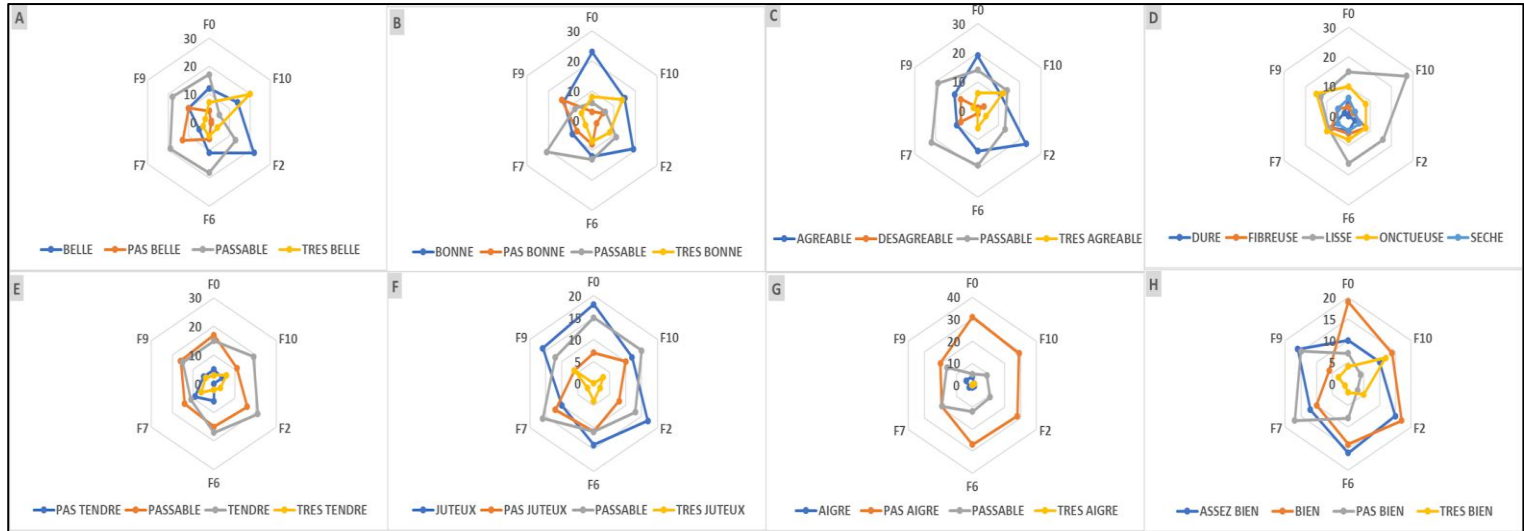


Figure 3 : Caractéristiques organoleptiques des cinq meilleures formulations comparées au saucisson acheté en alimentation

A : Couleur ; B : Odeur ; C : Gout ; D : Texture ; E : Tendreté ; F=Jutosité ; J=Aigreur ; H : Aptitude à être commercialisé

II.4. Test de classement

Le saucisson témoin (F10) a été classé premier par les dégustateurs. Il est suivi des saucissons issus des formulations F2, F6, F0 et F7 telles que le montre la figure 4.

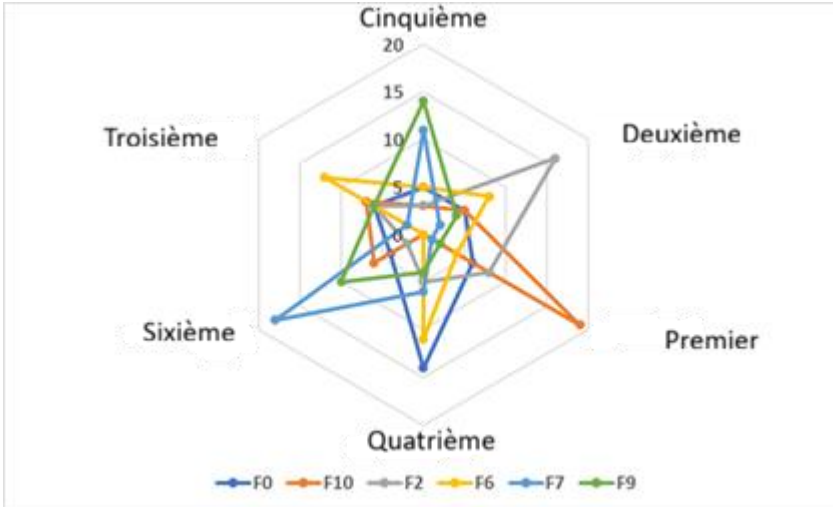


Figure 4 : Classement des 5 meilleures formulations et du saucisson commercial (F10)

III. Discussion

Sur le plan technologique, la fabrication de saucissons échaudés sans additifs chimiques est généralement confrontée à un défaut de liaison et de texture qui entraînent la friabilité des saucissons et la perte de la couleur d'origine de la viande. L'absence d'additifs chimiques a affecté fortement la structure de la viande et entraîné une exsudation d'où la sécheresse et la friabilité des saucissons issus des essais de base. Ces résultats confirment les travaux de antérieurs qui rapportent que les phosphates et autres additifs fonctionnels facilitent habituellement la solubilisation des protéines myofibrillaires, améliorant la rétention d'eau et la cohésion du produit (GALIEVA *et al.*; 2020 ; YE *et al.*; 2025). Cette contrainte est à l'origine de nombreux essais à blanc qui ont conduit à la formulation F0. Pour ce faire la viande de bœuf a été partiellement substituée par la chair de poulet (30%). En outre l'incorporation des farines de maïs et de manioc a permis d'améliorer la texture des saucissons et de réduire leur friabilité grâce à leurs propriétés hydrophiles, gélifiantes et structurantes. En effet, la farine de manioc, riche en amidon, présente une forte capacité de gonflement et

de gélification lors du chauffage (EHUI *et al.*; 2009). Cette propriété permet d'améliorer la rétention d'eau et de limiter les phénomènes d'exsudation généralement observés dans les saucissons échaudés sans phosphates. La farine de maïs, quant à elle, contribue à la fermeté et à la cohésion de la structure du produit, en raison de la nature de son amidon et de la présence de fractions protéiques capables d'interagir avec les protéines myofibrillaires de la viande (FAO, 1993). Lors de la cuisson, l'amidon gélatinisé s'intègre dans le réseau protéique dénaturé, renforçant la structure globale du saucisson. Cette interaction amidon-protéines compense partiellement l'absence d'additifs fonctionnels et favorise la stabilité mécanique des saucissons (SHANG *et al.*; 2025).

Les nitrites contribuent également à la formation de la couleur rose caractéristique des produits carnés cuits (GASSARA *et al.*; 2016 ; WOJCIAK *et al.*; 2019). En leur absence, les saucissons formulés perdent la couleur rouge vif caractéristique des saucissons commercialisés. Ce changement d'aspect constitue un défi important, notamment dans les contextes où la couleur est perçue comme un indicateur de qualité des saucissons pour de nombreux consommateurs. L'utilisation de 0,3 grammes de poudre de roucou pour 100 grammes de viande a permis de réduire la perte de couleur des saucissons. En effet, les caroténoïdes du roucou confèrent au saucisson une teinte rouge orangé à rosée acceptable par les consommateurs (AKAKPO *et al.*; 2019).

Les saucissons issus des formulations F2 (0,5 g de soumbala pour 100g viande et 0,5 g de moringa pour 100g viande), F6 (2 g de soumbala pour 100g viande et 0,5 g de moringa pour 100g viande) et F7 (0,5 g de soumbala pour 100g viande et 2 g de moringa pour 100g viande) ont présenté une bonne texture, un bon goût, une couleur acceptable et apparaissent plus aptes à la commercialisation. Les formulations les moins appréciées par les dégustateurs sont celles qui contiennent plus de 2g de soumbala pour 100 g de viande et /ou celles qui contiennent plus de 2 g de moringa pour 100 g de viande. Ces résultats pourraient s'expliquer par la présence des composés volatils soufrés, ammoniacaux et aminés issus de la fermentation alcaline des grains de néré qui, à forte concentration pourraient masquer les arômes caractéristiques de la viande et générer des odeurs perçues comme trop fortes ou désagréables par les dégustateurs. De même, le moringa présente une saveur liée à la présence de polyphénols, et alcaloïdes (NACO *et al.*; 2014). Son incorporation en grande quantité pourrait entraîner un goût d'amertume et réduire l'acceptabilité gustative des

saucissons échaudés. L'acceptabilité gustative des saucisses sans additifs chimiques et incorporant les ingrédients locaux a été rapporté également par TIENDREBEOGO *et al.* (2021).

Sur le plan sanitaire, les saucissons produits présentent de bonnes caractéristiques microbiologiques marquées par une absence des germes pathogènes dans l'ensemble des échantillons et la présence d'une flore aérobie mésophile totale dans deux échantillons dont les valeurs sont également inférieures aux seuils admis. Les charges microbiennes observées pourraient résulter de l'effet combiné du traitement thermique, des ingrédients fonctionnels utilisés, du choix de la matière première et du respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la transformation.

En effet, la flore aérobie mésophile totale constitue un indicateur global de la charge microbienne et de l'hygiène du procédé. Les formulations F0 à F7 présentent des charges inférieures à 1×10^1 UFC/g, indiquant une excellente maîtrise microbiologique après cuisson. Cette faible charge suggère une efficacité du traitement thermique appliqué, combinée à une hygiène satisfaisante. Les formulations F8 et F9 montrent une légère contamination ($< 3 \times 10^1$ UFC/g) et ($1,5 \times 10^3$ UFC/g) respectivement. Cette contamination, bien que restant dans des limites acceptables pour des produits carnés cuits, pourrait être associée au soubala, moringa et les épices utilisés. En effet, les épices utilisés de même que le soubala sont des ingrédients porteurs potentiels des spores dont celles de *Bacillus* (LITTLE *et al.*; 2003 ; DABIRE *et al.* ; 2022). Le témoin F10 affiche la charge la plus élevée ($3,7 \times 10^4$ UFC/g), traduisant une contamination plus sévère du produit pouvant être lié à un manque d'hygiène.

Les entérobactéries et les coliformes thermotolérants sont absents ou inférieurs au seuil de détection ($< 1 \times 10^1$ UFC/g) dans l'ensemble des formulations, y compris F9 et le témoin. Ces résultats indiquent une bonne hygiène de manipulation et une efficacité du traitement thermique, ainsi qu'une absence de contamination fécale poste cuisson. La présence d'ail, d'oignon, de gingembre, de poivre noir, de cumin et de coriandre, reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes naturelles, a probablement contribué à l'inhibition de ces groupes microbiens, renforçant l'effet du chauffage et du sel (SOUZA *et al.*; 2005).

Les charges en *Staphylococcus aureus* sont inférieures au seuil de détection dans toutes les formulations analysées. Cette absence est

particulièrement significative pour des produits manipulés manuellement, car *S. aureus* est généralement associé à une contamination d'origine humaine. Ces résultats traduisent le respect des bonnes pratiques d'hygiène du personnel et l'efficacité de la cuisson dans l'inactivation de cette bactérie. Ces résultats sont par ailleurs opposés aux travaux antérieurs portant sur la qualité sanitaire des produits de charcuteries de la ville de Bobo qui rapportent la présence de *S. aureus* dans 70,83 % d'échantillons analysés constitués de jambon, de merguez, et de viande hachée traduisant un manque de respect des bonnes pratiques d'hygiène dans les unités de production de ces aliments (SOMDA *et al.*; 2024).

Les levures et moisissures sont également inférieures à 1×10^1 UFC/g dans toutes les formulations. Cette faible charge peut s'expliquer par la nature échaudée du produit, l'absence de phase de maturation prolongée et l'action inhibitrice de plusieurs ingrédients végétaux (ail, gingembre, moringa, soumbala), dont certains composés phénoliques et soufrés présentent une activité antifongique documentée.

L'absence de *Salmonella* dans toutes les formulations analysées constitue un indicateur majeur de sécurité sanitaire. Ce résultat confirme l'adéquation du traitement thermique appliqué aux saucissons échaudés et la bonne qualité microbiologique des matières premières utilisées, malgré l'absence de conservateurs chimiques.

Conclusion

L'objectif de la présente étude était d'explorer l'utilisation combinée du soumbala, du moringa et du roucou, dans la formulation de saucissons de bœuf sans additifs chimiques. Les résultats montrent la possibilité de produire des saucissons échaudés sans nitrites ni nitrates à partir d'ingrédients locaux afin de répondre à la demande croissante pour des produits carnés plus naturels. La technologie est réalisable mais exige une approche intégrée fondée sur l'utilisation du soumbala, du moringa, du roucou de la farine de maïs et de la farine de manioc en vue d'améliorer la couleur, la texture, la liaison et de réduire la friabilité des saucissons.

L'évaluation organoleptique a montré que les formulations contenant des proportions modérées de soumbala et de moringa étaient globalement mieux appréciées par les dégustateurs, tandis que des teneurs élevées de ces ingrédients entraînaient une diminution de l'acceptabilité sensorielle, en raison d'une intensité aromatique

excessive, d'une amertume marquée et d'altérations de la couleur et de la texture. L'incorporation du roucou s'est révélée particulièrement pertinente pour améliorer l'aspect visuel des saucissons en compensant l'absence de nitrites, sans effet négatif significatif sur les autres attributs sensoriels. L'analyse microbiologique montre que les pratiques d'hygiène appliquées ainsi que la cuisson ont contribué à l'obtention de saucissons respectant les normes microbiologiques. Dans l'ensemble, cette étude démontre que les ingrédients locaux étudiés peuvent jouer un rôle fonctionnel et sensoriel important dans la formulation de saucissons de bœuf sans additifs chimiques, à condition que leurs niveaux d'incorporation soient rigoureusement optimisés. Elle met également en évidence l'intérêt scientifique et technologique de la valorisation des ressources locales dans le développement endogène de produits carnés sûrs, acceptables et adaptés aux réalités socio-économiques des pays africains.

Conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'aucun intérêt n'est en compétition dans cet article.

Contribution des auteurs

OO, CM, TA, BGR, BAMG, SLH ont contribué à l'élaboration du protocole de recherche, à la planification et à la mise en place des essais expérimentaux, ainsi qu'à la rédaction et à la correction de la version finale de l'article. BAMG, SLH ont supervisé l'ensemble du processus.

Références bibliographiques

ADZITEY, F. (2015). Antibiotic Classes and Antibiotic Susceptibility of Bacterial Isolates from Selected Poultry; A Mini Review. *Worlds Veterinary Journal.*; 6(1), 36. <https://doi.org/10.5455/wvj.20150853>

AKAKPO, E., BADOUSI, M. E., GNACADJA, C. K., HOUNGBO, H., DOSSOU, A., et AZOKPOTA, P. (2019). Le rocouyer (*Bixa orellana*), une source de biocolorant pour les industries alimentaires : revue analytique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(4), 2332–2351. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i4.36>

DABIRÉ, Y., SOMDA, N. S., SOMDA, M. K., MOGMENGA, I., TRAORÉ, A. K., EZEUGU, L. I., et DICKO, M. H. (2022). Molecular identification and safety assessment of Bacillus strains isolated from Burkinabe traditional condiment "soumbala". *Annals of Microbiology*, 72(1), 10.

EHUI, F. H., DJEDJI, C., SAKO, A., et AMANI, N. G. (2009). Propriétés fonctionnelles des amidons de six variétés sélectionnées de manioc (*Manihot esculenta* Crants). *Agronomie Africaine*, 21(1).

FAO (1993). Le maïs dans la nutrition humaine. (Collection FAO: Alimentation et nutrition n°25) ISBN 92-5-203013-1. <https://www.fao.org/4/t0395f/T0395F02.htm>

GALIEVA, Z. A., SALIKHOVA, G. G., MIKOLAYCHIK, I. N., MOROZOVA, L. A., SOMOVA, Y. V. et PARFIRIEV, K. A. (2020, December). Spicy functional additive in the production of sausages. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 613, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.

GASSARA, F., KOUASSI, A. P., BRAR, S. K., et BELKACEMI, K. (2016). Green alternatives to nitrates and nitrites in meat-based products—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(13), 2133-2148.

DGL (2018). Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires : Lignes directrices pour l'interprétation. Grand-Duché de Luxembourg. 49 Pages.

GUIRAUD, J. (2012). Microbiologie alimentaire. DUNAUD. 696 pages

ISO 21527-1 (2008). Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures. Partie 1: Technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau supérieure à 0,95. 9 pages

ISO 21528-2 (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire : Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des Enterobacteriaceae Partie 2: Technique par comptage des colonies. 15 Pages.

ISO 4833-1 (2013). 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. 9 pages

ISO 6579-1 (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire-Méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des *Salmonella* Partie 1: Recherche des *Salmonella* spp. 50 pages

ISO 6888-1: (2021). 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 gélosé de Baird-Parker. 22 pages

LITTLE, C. L., OMOTOYE, R., et MITCHELL, R. T. (2003). The microbiological quality of ready-to-eat foods with added spices. *International journal of environmental health research*, 13(1), 31-42.

MAPAQ (1019). Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 58 pages

NACO, M. E. B., COULIBALY, D. B., TIRERA, H., MARIKO, M., KOUMARE, B. Y., NDIAYE, B., ... et DIOP, A. (2024). Etude de la composition phytochimique et activités antioxydante des feuilles du *Moringa oleifera*. Lam (Moringaceae) dans les régions de Kita (Mali) et de Thiès (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(4), 1554-1568.

OUBA, L. I. I., DIAWARA, B., ANNAN, N. T., POLL, L., et JAKOBSEN, M. (2005). Volatile compounds of Soumbala, a fermented African locust bean (*Parkia biglobosa*) food condiment. *Journal of Applied Microbiology*, 99(6), 1413-1421.

OUSMANE, O., KABAKDÈ, K., ABEL, T., ROMARIC, B., GASTON, B. A. M., et HAGRÉTOU, S. L. (2025). Incorporation of Local Ingredients (Soumbala, Moringa, Roucou) in the Formulation of Nitrite-Free Cooked Sausages: An Alternative for Healthy Nutrition. *Journal of Applied Life Sciences International.*; 28(5), 163-176.

SANTE-LHOUTELLIER, V. (2024). Rôle des sels nitrités dans les charcuteries: bénéfiques, risques et alternatives. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 59(5), 297-306.

SHININGENI, D., CHIMWAMUROMBE, P., SHILANGALE, R., & MISIHAIRABGWI, J. (2019). Prevalence of pathogenic bacteria in street vended ready-to-eat meats in Windhoek, Namibia. *Meat Science*, 148(March), 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.014>

SOMDA, N. S., TRAORÉ, A. M. E., HIEN, D. F. D. S., BOCKARIE, Y., TANKOANO, A., KABORÉ, D., et SAVADOGO, A. (2024). Molecular characterization of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated in ready-to-eat food sold in supermarkets in Bobo-

Dioulasso: case of charcuterie products. *BMC Infectious Diseases*, 24(1), 722.

SOUZA, E. L. D., STAMFORD, T. L. M., LIMA, E. D. O., TRAJANO, V. N. et BARBOSA FILHO, J. M. (2005). Antimicrobial effectiveness of spices: an approach for use in food conservation systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 549-558.

TANKOANO, A., KABORÉ, K., SAMANDOULOUGOU-KAFANDO, P. M. J., SOME, K. I., COULIBALY-DIAKITÉ, M., KABORÉ, D., ET SAWADAOGO-LINGANI, H. (2024). Characterization of spice ingredients and raw soumbala for the formulation of a highly nutritious seasoning. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2413387.

TIENDREBEOGO, S. C. W., KABORE, D., TANKOANO, A. et NELLY, M. W. (2021). Comparaison de formulations de saucisse produites en utilisant les épices et ingrédients du Kilishi. *Viandes & Produits Carnés*. VPC-2021-3733, 11p

WOJCIAK, K. M., STASIAK, D. M., et KESKA, P. (2019). The influence of different levels of sodium nitrite on the safety, oxidative stability, and color of minced roasted beef. *Sustainability*, 11(14), 3795.

YE, Y., ARIFUL, I. M., ZHU, J., ZHOU, X., GE, Q., WU, M., et LIU, R. (2025). Physicochemical characteristics, texture changes, proteolysis and volatile flavor compounds of fermented sausages by mixed starters: Effects of incorporating varying proportions of pale, soft and exudative pork. *LWT*, 216, 117349.

ZHANG, J., LIU, Y., WANG, P., ZHAO, Y., ZHU, Y., et XIAO, X. (2025). The effect of protein–starch interaction on the structure and properties of starch, and its application in flour products. *Foods*, 14(5), 778.

ZHOU, G. H., XU, X. L., et LIU, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat - A review. *Meat Science*, 86(1), 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.033>