



Qualité microbiologique de la viande de bœuf vendue dans la ville de Beni à l'Est de la République Démocratique du Congo

Mafikiri Bakwanamaha P^{1,2,3*} , Masika Yalala D^{4,5}, Miyisa Muhiwa B^{1,2}, Kimuha Kaputu P², Irengé Mitima H^{6,3} , Ukweli Ndozondula M³, Eka Nshombo J³, Asifiwe Lwaboshi J³, Byumanine Ntabaza J-R^{6,3}, Masilya Mulungula P⁷ , Nyembo Kondo C^{2,8}

¹Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, CI-Université Chrétienne Beni, Nord-Kivu, République Démocratique du Congo.

²Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de L'Assomption au Congo à Beni, Nord-Kivu, République Démocratique du Congo.

³Nutrition Contrôle Qualité des aliments; Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Evangélique en Afrique (UEA), PO Box 3323, Bukavu, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo.

⁴Section de Biologie Chimie, Institut Supérieur Pédagogique (ISP) Gombe, Kinshasa, République Démocratique du Congo.

⁵Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM) Beni, Nord-Kivu, République Démocratique du Congo.

⁶Section des Techniques Pharmaceutiques, Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM) Bukavu, province du Sud-Kivu, République Démocratique du Congo.

⁷Département de Biologie-Chimie, Institut Supérieur Pédagogique (ISP) Bukavu, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo.

⁸Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université de Goma, Nord-Kivu, République Démocratique du Congo.

ARTICLE INFO

***Corresponding Author:**
Mafikiri Bakwanamaha P;
E-mail:
patrickmafikiri@gmail.com

Received : 01 Apr 2025

Accepted : 21 Aug 2025

Published: 11 Sept 2025

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

© 2025 Mafikiri et al. licensee CRPS. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

RESUME

Introduction : La sécurité sanitaire de la viande fraîche de bœuf à Beni constitue une problématique majeure de santé publique, notamment en raison des conditions précaires d'abattage, de transport et de commercialisation. L'absence de chaîne de froid, la manipulation non aseptique et l'exposition prolongée à des températures ambiantes favorisent une contamination microbienne préoccupante, exposant les consommateurs à des risques de maladies d'origine alimentaire. **Objectif :** Cette étude avait pour objectif principal d'évaluer la qualité microbiologique de la viande fraîche de bœuf vendue en ville de Beni, en comparant la contamination des échantillons prélevés à l'abattoir et dans les boucheries locales par identification des germes pathogènes présents, mesure de leur charge microbienne et analyse de leur évolution entre l'abattoir et les boucheries. **Matériels et méthodes :** Au total 40 échantillons de viande ont été prélevés et analysés, dont 20 à l'abattoir et 20 en boucheries, répartis dans quatre communes de la ville. Les analyses microbiologiques ont été conduites selon les normes ISO. Les germes recherchés comprenaient notamment la flore aérobie mésophile totale (FAMT), *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, entérobactéries et moisissures. La charge microbienne était exprimée en log UFC/g. Une régression linéaire a permis d'estimer la croissance bactérienne pendant le transport à environ 45 minutes après l'abattage. **Résultats :** Une augmentation très significative des charges microbiennes dans les boucheries ($p < 0,001$) a été obtenue. C'est le cas de la FAMT qui était passée de 6,65 à 10,23 log UFC/g respectivement de l'abattoir à la boucherie ($p < 0,001$), et le *Salmonella spp.* a été détectée malgré son absence attendue ($p < 0,001$). **Conclusion :** Face à ces constats, des recommandations incluent : la mise en place d'un transport réfrigéré, la formation des bouchers, le contrôle régulier des boucheries et la modernisation des infrastructures d'abattage.

Mots-clés : Qualité et sécurité sanitaire des aliments, qualité microbiologique, viande de bœuf, contamination, ville de Beni.

Microbiological quality of fresh beef meat vended in Beni town in eastern of the Democratic Republic of Congo

ABSTRACT

Introduction: The safety of fresh beef meat in Beni represents a major public health concern, primarily due to precarious slaughtering, transportation, and marketing conditions. The lack of a cold chain, non-aseptic handling, and prolonged exposure to ambient temperatures promote significant microbial contamination, thereby exposing consumers to the risk of foodborne diseases. **Objective:** The primary aim of this study was to evaluate the microbiological quality of fresh beef sold in Beni by comparing contamination levels in samples collected at the slaughterhouse and from local butcheries. This was achieved through the

identification of pathogenic microorganisms, quantification of microbial loads, and analysis of changes occurring between the slaughterhouse and retail outlets. **Materials and Methods:** A total of 40 beef samples were collected and analyzed: 20 from the slaughterhouse and 20 from butcheries, distributed across four municipalities of the city. Microbiological analyses were conducted in accordance with ISO standards. Target microorganisms included total mesophilic aerobic flora (TMAF), *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae*, and molds. Microbial loads were expressed in log CFU/g. Linear regression analysis was used to estimate bacterial growth during transportation, which lasted approximately 45 minutes post-slaughter. **Results:** The results showed a highly significant increase in microbial loads in butcheries ($p < 0.001$). For example, TMAF increased from 6.65 to 10.23 log CFU/g between the slaughterhouse and butcheries ($p < 0.0001$), and *Salmonella* spp. was detected despite its expected absence ($p < 0.001$). **Conclusion:** In light of these findings, recommended measures include the implementation of refrigerated transportation, training for butchers, regular inspection of butcheries, and modernization of slaughterhouse infrastructure.

Keywords: Food safety and quality, microbiological quality, beef meat, contamination, Beni city.

1. Introduction

La viande, en tant que produit alimentaire de base, est une source importante de nutriments, notamment des protéines, des vitamines et des minéraux essentiels pour la croissance et le maintien de la santé humaine (1). Les protéines animales, particulièrement riches en acides aminés essentiels tels que la lysine et l'histidine, jouent un rôle clé dans le métabolisme humain, rendant la viande indispensable dans l'alimentation quotidienne (2). Cependant, bien qu'elle soit un aliment riche en nutriments, la viande, en particulier la viande de bœuf, est également un terrain propice à la prolifération microbienne, ce qui représente un défi pour la santé publique. En effet, en raison de sa composition organique, elle constitue un milieu favorable pour les bactéries, les moisissures, et autres microorganismes pathogènes qui peuvent altérer sa qualité et poser des risques pour la santé humaine (3).

Les propriétés de la viande, telles que sa teneur en eau et son pH neutre, permettent à ces agents pathogènes de se multiplier rapidement, surtout si les conditions de manipulation et de stockage ne respectent pas les normes sanitaires (4). La dégradation de la viande peut être autolytique, par l'action des enzymes, ou microbiologique, par les microorganismes qui affectent la qualité organoleptique du produit (5). La viande devient donc particulièrement périssable et sensible à la contamination, particulièrement en fonction des conditions d'hygiène et de température lors de son traitement et de sa conservation (6).

L'hygiène alimentaire, en particulier dans le domaine de la viande, est un élément crucial pour prévenir les maladies d'origine alimentaire (7). On signale que les agents pathogènes couramment retrouvés dans les viandes, tels que *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Staphylococcus aureus*, et *Bacillus cereus*, sont responsables de nombreuses maladies d'origine alimentaire, notamment des gastro-entérites (8), des

intoxications alimentaires et des infections graves, telles que la listériose ou le botulisme (9,10). Ces pathogènes peuvent être introduits à diverses étapes de la chaîne de valeur de la viande, allant de l'abattage à la vente en boucherie (8), ce qui souligne l'importance de surveiller la qualité microbiologique de la viande à chaque phase du processus (11).

Dans le contexte de la ville de Beni, les pratiques de transformation de la viande, telles que l'abattage, la découpe et le stockage dans les boucheries, ne sont souvent pas conformes aux normes d'hygiène recommandées, ce qui peut favoriser la prolifération de microorganismes pathogènes (7). En outre, des conditions de stockage insuffisantes, telles que l'exposition à des températures inappropriées ou à une humidité excessive, favorisent la croissance de microorganismes pathogènes, augmentant ainsi la charge microbienne dans la viande en vente (12), car dans les pratiques de vente des viandes en ville de Beni après abattage à l'Abattoir central, les bouchers sont les seules grossistes qui vont revendre aux consommateurs finaux qui sont les ménages. L'absence des pratiques d'hygiène rigoureuse et de contrôle de la chaîne du froid après l'abattage crée des opportunités de contamination post-abattage qui affectent la qualité de la viande et augmentent le risque des toxi-infections alimentaires (4).

Une étude menée par (12) avait montré que la contamination microbienne de la viande commence souvent au niveau des abattoirs, en raison de facteurs tels que l'inadéquation des conditions d'hygiène pendant le processus d'abattage et l'exposition aux agents pathogènes présents dans le système digestif de l'animal. Cependant, la contamination se poursuit et peut être exacerbée à l'étape de la vente en boucherie, où des conditions de stockage et de manipulation peu rigoureuses entraînent une prolifération

microbienne secondaire (6,13). Dans leur étude, Wulandari et al. (13) avaient identifié la flore totale, les entérobactéries, les levures et moisissures, ainsi que des pathogènes spécifiques tels que *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus cereus*, et *Salmonella spp.* comme les sources principales de contamination des viandes juste après abattage, et sont arrivés à la conclusion selon laquelle, les charges microbiennes totales observées variaient de 5,5 à 6,9 log₁₀ UFC/g, dépassant souvent les limites critiques recommandées.

C'est ainsi que l'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation de la qualité microbiologique de la viande de bœuf vendue en ville de Beni, afin d'identifier les niveaux de contamination microbienne dans les viandes fraîches provenant de l'abattoir et des boucheries, ainsi que d'estimer les risques sanitaires potentiels aux consommateurs.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans la ville de Beni, située en province du Nord-Kivu dans le Nord-Est de la République Démocratique du Congo (Figure 1). Cette ville a occupé une place stratégique en raison de son importance économique et de son dynamisme commercial, notamment dans le secteur agroalimentaire (14). Les activités d'élevage et de vente de viande y ont connu une expansion significative pour répondre aux besoins croissants de la population (14). À Beni, la viande de bœuf occupe une place centrale dans l'alimentation et la culture locale, malgré le faible pouvoir d'achat d'une grande partie de la population (14). Elle reste un produit de prestige, souvent réservé aux événements sociaux importants tels que les mariages, les funérailles, les fêtes religieuses (comme l'Aïd ou Noël) et les célébrations communautaires. Lors de ces occasions, la demande en viande augmente considérablement, entraînant parfois une commercialisation hâtive de viandes peu contrôlées (14).

2.2. Collecte des échantillons

Les échantillons de viande ont été prélevés à l'abattoir central de Beni ainsi que dans les boucheries réparties dans les quatre communes de la ville, à savoir : Mulekera, Ruwenzori, Beu et Bungulu.

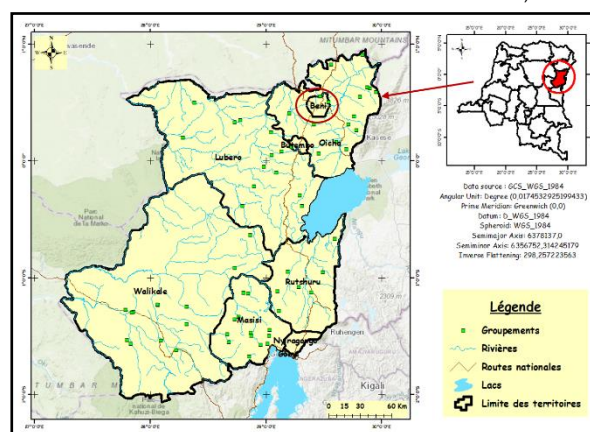


Fig. 1 : Carte géographique de la zone d'étude (générée par le logiciel ArcGIS 10.4.1 : <https://arcgis.fr.softonic.com/>)

Le but de cette démarche était d'évaluer la contamination microbiologique à différentes étapes de la chaîne de distribution, en utilisant des méthodes d'échantillonnage en grappes à deux degrés.

Les grappes naturelles ont été sélectionnées, à savoir les communes en suite les quartiers ou les boucheries dans lesquelles les échantillons des viandes ont été prélevés. La ville de Beni compte 30 quartiers répartis dans 4 communes, seulement 5 quartiers par commune ont été retenus, soit un total de 20 quartiers, en utilisant un tirage au sort et en veillant à inclure des quartiers éloignés de l'abattoir. Afin d'éviter des biais de proximité, le quartier Masiani dans la commune de Mulekera était exclu. Dans chaque boucherie sélectionnée par échantillonnage aléatoire simple, un échantillon était prélevé sur un morceau de viande avec une probabilité égale, sans aucun ordre ou critère spécifique.

Ensuite, dans chaque quartier sélectionné, une boucherie a été tirée au sort, ce qui nous a permis d'obtenir un total de 20 boucheries (soit 5 par commune). Les critères de sélection incluaient la distance à l'abattoir, la présence d'une activité régulière de vente de viande, et sa position comme boucherie près d'un petit marché. Les échantillons ont été prélevés de manière aléatoire simple, les morceaux de viande ont été prélevés immédiatement après abattage sur différentes parties de l'animal : côtes, cuisses, flancs et viande hachée, afin de refléter les conditions réelles de consommation. Signalons que cela a été fait sur des carcasses issues de 20 vaches abattues le jour de la collecte. Sachant que l'abattoir traite entre 15 et 30 vaches par jour, cela représente une fraction significative. Les échantillons ont été collectés

dans des contenants stériles en plastique (boîtes stériles) préalablement étiquetés avec le lieu, la date et le code d'identification. Chaque échantillon pesait environ 25 g, conformément aux normes OMS/FAO (15).

Les échantillons ont été traités aseptiquement (port de gants, utilisation de pinces stériles) pour éviter toute contamination croisée. Ils ont ensuite été conservés dans des glacières à 4 °C, et transportés au laboratoire dans un délai de 1 à 4 heures, selon la distance entre la boucherie et le laboratoire. Les analyses microbiologiques ont été réalisées au Laboratoire de Recherche de Beni, situé dans la commune de Bungulu, quartier Résidentiel, avenue Tumba A. La collecte s'est déroulée au mois de septembre 2024, durant des journées d'abattage régulières et des heures normales d'ouverture des boucheries. Les délais entre la collecte et le début des analyses ont été strictement contrôlés pour garantir la fiabilité des résultats.

2.3. Méthode de préparation des échantillons

Pour l'analyse microbiologique des échantillons de viande de bœuf, chaque prélèvement a d'abord été haché dans des conditions aseptiques à l'aide de matériel stérilisé (couteaux et plaques désinfectés, gants stériles, hotte ou espace protégé), afin d'assurer l'homogénéité des échantillons et d'éviter toute contamination croisée. Une suspension mère a été préparée en mélangeant précisément 10 g de viande hachée avec 90 ml d'eau distillée stérile, dans un flacon stérile, puis homogénéisée à l'aide d'un stomacher pendant 2 minutes. Cela a permis d'obtenir une dilution initiale (10^0 C) à partir de laquelle une série de dilutions décimales successives a été réalisée jusqu'à 10^{-3} .

Pour chaque dilution (10^{-1} à 10^{-3}), 1 ml a été prélevé à l'aide d'une pipette stérile et ensemencé en duplication sur les milieux de culture appropriés, en technique de double couche (pour les flores totales) ou par étalement en surface selon le type de micro-organisme recherché. Chaque boîte de Petri (90 mm de diamètre) contenait en moyenne 15 à 20 ml de gélose.

2.4. Isolement, énumération et identification des micro-organismes

a) Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)
Ensemencement sur gélose PCA (Plate Count Agar) et incubation à 30 °C pendant exactement 48 heures selon la norme NF ISO 4833-2 (16)..

b) Levures et moisissures
Culture sur gélose YGC (Yeast Glucose Chloramphenicol) et incubation à 25 °C pendant 120 heures selon NF ISO 7954 (5).

c) *Entérobactéries*
Ensemencement sur gélose EMB (Eosin Methylene Blue) et incubation à 37 °C pendant 24 heures selon la norme ISO 21528-2 (5).

d) *Bacillus cereus*
Culture sur gélose BBC (*Bacillus Cereus* Agar) et incubation à 30 °C pendant 48 heures selon ISO 7932 (17).

e) *Pseudomonas spp.*
Ensemencement sur gélose au cétrimide et incubation à 42 °C pendant 24 heures selon ISO 13720 (17).

f) *Campylobacter spp.*
Culture sur gélose Brucella sous atmosphère microaérophile et incubation à 42 °C pendant 48 à 72 heures selon ISO 10272-1(18).

g) *Staphylococcus aureus*
Culture sur gélose Mannitol Salt Agar (MSA) et incubation à 37 °C pendant 48 heures selon ISO 6888-1 (16).

h) *Salmonella spp.*
Enrichissement dans milieux EPT, RVS, MKTTn (pré-enrichissement 24h) suivi de l'isolement sur géloses SS (Salmonella-Shigella) et XLD (Xylose-Lysine-Desoxycholate) et de l'incubation à 37 °C pendant 48 heures selon ISO 6579 (15).

Après incubation, les colonies ont été dénombrées manuellement, selon le milieu utilisé. Les résultats ont été exprimés en UFC/g (unités formant colonie par gramme de viande). Pour assurer la fiabilité et la reproductibilité des données, chaque analyse a été réalisée en trois répétitions par échantillon, ce qui permet de limiter les écarts dus aux manipulations.

2.5. Analyse de régression linéaire : évolution de la contamination microbienne de la viande durant le transport

Dans le but de modéliser l'évolution de la contamination microbiologique de la viande de bœuf entre sa sortie de l'abattoir et sa commercialisation dans les boucheries, une analyse de régression linéaire simple a été réalisée. Cette approche visait à estimer le taux de croissance des principaux micro-organismes contaminants sur une période moyenne de 45 minutes de transport, sans contrôle strict de température, ces 45 minutes ont été pris comme une valeur moyenne du transport de la boucherie la plus proche et la boucherie la plus éloignée de la ville de Beni où doit être livré la viande, prenant en considération que les moyen de transport utilisés sont : mot, charrette et vélo. Soulignons que les données ont été prises de mesures de contamination (en log UFC/g) effectuées à l'abattoir (temps 0 min : immédiatement après la découpe) et dans les boucheries (temps 45 min : à la réception pour la vente). Les valeurs moyennes logarithmiques ont été calculées pour les microorganismes retrouvés dans les échantillons.

Un modèle de régression linéaire simple était construit et cela a été utilisée pour chaque micro-organisme afin d'estimer la pente (β) du taux de croissance entre 0 et 45 minutes :

$$Y_t = \beta_0 + \beta \cdot t + \varepsilon$$

Où : Y_t : niveau de contamination (log UFC/g) au temps t ; t : temps en minutes (0 ou 45) ; β : pente estimée (croissance en log UFC/g/min) et ε : terme d'erreur aléatoire (19).

$$\text{Charge microbienne} \left(\frac{\log \text{UFC}}{g} \right) = a + b \times \text{Temps (en minutes)}$$

La pente β a été estimée pour chaque germe comme suit :

$$\beta = \frac{Y_{45} - Y_0}{45}$$

Les pentes calculées permettaient d'illustrer la vitesse de prolifération des micro-organismes dans des conditions de transport non réfrigéré. Plus la pente est élevée, plus la croissance est rapide : a) Une pente $> 0,1$ log UFC/g/min indiquait une croissance très rapide (ex. : entérobactéries) ; b) Une pente entre 0,06 et 0,09 indiquait une croissance préoccupante mais modérée et c) Une croissance linéaire est une approximation simplifiée : bien que biologiquement certains germes suivent des

phases (latence, exponentielle, stationnaire), cette modélisation permettait de visualiser une tendance générale sur une courte durée (19).

2.6. Analyse statistique des données

L'analyse des données a été réalisée par le logiciel RStudio version 4.4.2 (2024-10-31 ucrt) , en comparant les fréquences d'occurrence (%) des micro-organismes identifiés ainsi que les moyennes des charges microbiennes (UFC/g) entre les viandes issues de l'abattoir et celles des boucheries. Les comparaisons statistiques ont été effectuées à l'aide du test t de Student pour échantillons indépendants, afin de déterminer les différences significatives entre les deux groupes ($p < 0,05$). Les résultats ont ensuite été interprétés en fonction des normes microbiologiques de l'OMS et de l'Union Européenne pour identifier les dépassements critiques. Chaque valeur a été validée par des analyses en triplicata pour assurer la fiabilité.

3. Résultats

3.1. Correspondance entre le pourcentage d'échantillons et les types microbiens identifiés

Le tableau 1 présente les résultats des analyses microbiologiques sur des échantillons de viande bovine prélevés à l'abattoir de Beni et dans les boucheries des quatre communes. Les données, exprimées en pourcentage, indiquent la proportion d'échantillons contaminés par type de micro-organisme, permettant d'évaluer les niveaux de contamination le long de la chaîne de distribution.

Il ressort de ce tableau qu'à l'abattoir, la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT) était de 20%, tandis qu'aux boucheries, elle atteignait 95%. Concernant les levures et moisissures, on observe une concentration de 50% à l'abattoir contre 95% dans les boucheries. Les entérobactéries, étaient présentes à hauteur de 45% à l'abattoir, mais atteignaient 100% dans les boucheries. Pour *Bacillus cereus*, la contamination reste relativement faible à l'abattoir (5%) mais augmente sensiblement dans les boucheries (40 %). S'agissant des *Pseudomonas spp.*, on note 20% à l'abattoir et 100% dans les boucheries. La présence de *Campylobacter spp.* est déjà élevée à l'abattoir (90 %) et augmente légèrement dans les boucheries (100%). Quant aux *Staphylococcus aureus*, on observe également une forte présence dès l'abattoir (90 %) et une contamination

maximale dans les boucheries (100%). Enfin, la contamination par *Salmonella spp.* est mesurée à 20% à l'abattoir et grimpe à 100% dans les boucheries (Tableau 1).

Tableau 1 : Correspondance entre le pourcentage d'échantillons et les types microbiens identifiés

Type microbien	Site de prélèvement	
	Abattoir (%)	Boucheries (%)
FAMT	20	95
Levures et Moisissures	50	95
Entérobactéries	45	100
<i>Bacillus cereus</i>	5	40
<i>Pseudomonas spp</i>	20	100
<i>Campylobacter</i>	90	100
<i>Staphylococcus aureus</i>	90	100
<i>Salmonella spp</i>	20	100

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Total

3.2. Moyennes (log UFC/g) et écarts types des charges microbiologiques des viandes prélevées à l'abattoir et dans les boucheries de la ville de Beni

Les résultats du tableau 2 mettent en évidence une élévation marquée des charges microbiologiques dans la viande vendue en boucherie par rapport à celle provenant directement de l'abattoir, pour

l'ensemble des paramètres analysés. Les valeurs observées de la FAMT dans les boucheries ($10,23 \pm 0,33$ UFC/g). À l'abattoir, la charge moyenne ($6,65 \pm 0,33$ UFC/g). Dans les boucheries, les levures et moisissures leur charge atteint 4,42 UFC/g, bien au-dessus de la norme recommandée de 3,00 UFC/g. À l'abattoir, les niveaux sont bas ($0,98$ UFC/g), traduisant une contamination faible à cette étape.

Tableau 2 : Moyennes (UFC/g) et écart type des paramètres microbiologiques des viandes à l'abattoir et dans les boucheries en ville de Beni

Paramètre	Site de prélèvement		p	Norme OMS/UE(20) log UFC/g
	Abattoir (n=20)	Boucheries (n=20)		
FAMT	$6,65 \pm 0,33$	$10,23 \pm 0,33$	<0,0001	$\leq 3,698$
Levures et Moisissures	$0,98 \pm 0,28$	$4,42 \pm 0,28$	<0,0001	$\leq 3,000$
Entérobactéries	$2,04 \pm 0,46$	$7,86 \pm 0,47$	<0,0001	$\leq 2,000$
<i>Bacillus cereus</i>	$4,42 \pm 0,38$	$7,61 \pm 0,39$	0,000	$\leq 3,000$
<i>Pseudomonas spp</i>	$0,18 \pm 0,33$	$2,65 \pm 0,33$	0,003	$\leq 3,000$
<i>Campylobacter</i>	$2,33 \pm 0,43$	$6,02 \pm 0,43$	<0,0001	Absence dans 25g
<i>Staphylococcus aureus</i>	$4,43 \pm 0,39$	$7,36 \pm 0,38$	0,001	$\leq 3,000$
<i>Salmonella spp</i>	$2,33 \pm 0,38$	$5,36 \pm 0,37$	0,001	Absence dans 25g

La viande de boucherie affiche une moyenne de 7,86 UFC/g en entérobactéries. À l'abattoir, la charge est de 2,04 UFC/g. *Bacillus cereus* est présent à des niveaux élevés dans la viande des boucheries, avec une charge moyenne de $7,61 \pm 0,39$ UFC/g, dépassant largement la norme fixée à $\leq 3,00$ UFC/g. À l'abattoir, la charge est plus modérée, atteignant $4,42 \pm 0,38$ UFC/g. Concernant *Pseudomonas spp.*, bien que ses concentrations soient plus faibles que celles des autres germes, les boucheries présentent une charge moyenne de $2,65 \pm 0,33$ UFC/g, proche de la limite tolérée de $\leq 3,00$ UFC/g. À l'abattoir, la présence est faible, avec une moyenne de $0,18 \pm 0,33$ UFC/g. Le germe *Campylobacter spp.*, qui

selon les normes ne devrait pas être détecté dans 25 g de viande, a néanmoins été retrouvé dans les boucheries à des niveaux moyens de $6,02 \pm 0,43$ UFC/g.

À l'abattoir, la contamination reste présente, bien que moindre, avec $2,33 \pm 0,43$ UFC/g. Pour *Staphylococcus aureus*, les concentrations dans la viande vendue en boucherie atteignent une moyenne de $7,36 \pm 0,38$ UFC/g, ce qui dépasse largement la norme recommandée de $\leq 3,00$ UFC/g. À l'abattoir, les niveaux restent également élevés, avec une moyenne de $4,43 \pm 0,39$ UFC/g. Enfin, *Salmonella spp.*, qui ne devrait pas non plus être détectée dans 25 g de viande, est retrouvée

dans les boucheries avec une charge moyenne de $5,36 \pm 0,37$ UFC/g, et à l'abattoir avec $2,33 \pm 0,38$ UFC/g, témoignant d'une contamination préoccupante à ces deux niveaux.

3.3. Comparaison des moyennes logs (UFC/g) des paramètres microbiologiques entre l'abattoir et les boucheries

Tableau 3 : Comparaison des moyennes logs (UFC/g) des paramètres microbiologiques entre l'abattoir et les boucheries

Paramètre	Abattoir (UFC/g)	Boucheries (UFC/g)	t	p
FAMT	$6,65 \pm 0,33$	$10,23 \pm 0,33$	-31,08	< 0,0001
Levures et moisissures	$0,98 \pm 0,28$	$4,42 \pm 0,28$	-39,00	< 0,0001
Entérobactéries	$2,04 \pm 0,46$	$7,86 \pm 0,47$	-39,53	< 0,0001
<i>Bacillus cereus</i>	$4,42 \pm 0,38$	$7,61 \pm 0,39$	-25,57	< 0,0001
<i>Pseudomonas spp</i>	$0,18 \pm 0,33$	$2,65 \pm 0,33$	-23,64	0,003
<i>Campylobacter spp.</i>	$2,33 \pm 0,43$	$6,02 \pm 0,43$	-29,84	< 0,0001
<i>Staphylococcus aureus</i>	$4,43 \pm 0,39$	$7,36 \pm 0,38$	-24,33	0,001
<i>Salmonella spp.</i>	$2,33 \pm 0,38$	$5,36 \pm 0,37$	-26,43	0,001

L'analyse statistique par le test t de Student (Tableau 3) confirme que les différences de charges microbiologiques entre la viande de l'abattoir et celle des boucheries de la ville de Beni sont hautement significatives ($p < 0,001$) pour l'ensemble des paramètres étudiés. Pour la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT), le test révèle une différence significative ($t = -31,08$; $p < 0,0001$) entre la viande de l'abattoir ($6,65$ UFC/g) et celle des boucheries ($10,23$ UFC/g). Chez les Levures et Moisissures la moyenne passe de $0,98$ UFC/g à l'abattoir à $4,42$ UFC/g en boucherie, avec une différence hautement significative ($t = -39,00$; $p < 0,0001$).

Les entérobactéries présentent un écart important entre l'abattoir ($2,04 \pm 0,46$ UFC/g) et les boucheries ($7,86 \pm 0,47$ UFC/g) ($t = -39,53$; $p < 0,0001$). Pour *Bacillus cereus*, la charge moyenne augmente significativement, passant de $4,42 \pm 0,38$ UFC/g à l'abattoir à $7,61 \pm 0,39$ UFC/g dans les boucheries ($t = -25,57$, $p < 0,0001$). Concernant les *Pseudomonas spp.*, bien que moins abondants, les *Pseudomonas* montrent également une différence significative ($t = -23,64$; $p = 0,003$), avec $0,18$ UFC/g à l'abattoir et $2,65$ UFC/g dans les boucheries. Le germe *Campylobacter spp.* montre une forte augmentation est observée entre l'abattoir ($2,33$ UFC/g) et les boucheries ($6,02$ UFC/g), avec une différence statistiquement significative ($t = -29,84$; $p < 0,0001$). Rappelons

Le tableau 3 ci-dessous présente les résultats de la comparaison des moyennes des charges microbiologiques entre les échantillons prélevés à l'abattoir et ceux des boucheries permettant de déterminer si les différences observées entre les deux groupes sont significatives sur le plan microbiologique et sanitaire.

que *Campylobacter* ne devrait pas être détecté dans 25 g de viande selon les normes sanitaires, le *Staphylococcus aureus* quant à lui, sa charge moyenne passe de $4,43$ UFC/g à l'abattoir à $7,36$ UFC/g en boucherie ($t = -24,33$; $p = 0,001$), soit bien au-dessus de la limite de 10^2 UFC/g. Enfin, pour *Salmonella spp.*, le test révèle une augmentation significative ($t = -26,43$; $p = 0,001$) entre l'abattoir ($2,33$ UFC/g) et les boucheries ($5,36$ UFC/g), alors que *Salmonella* doit être absente dans 25 g de viande.

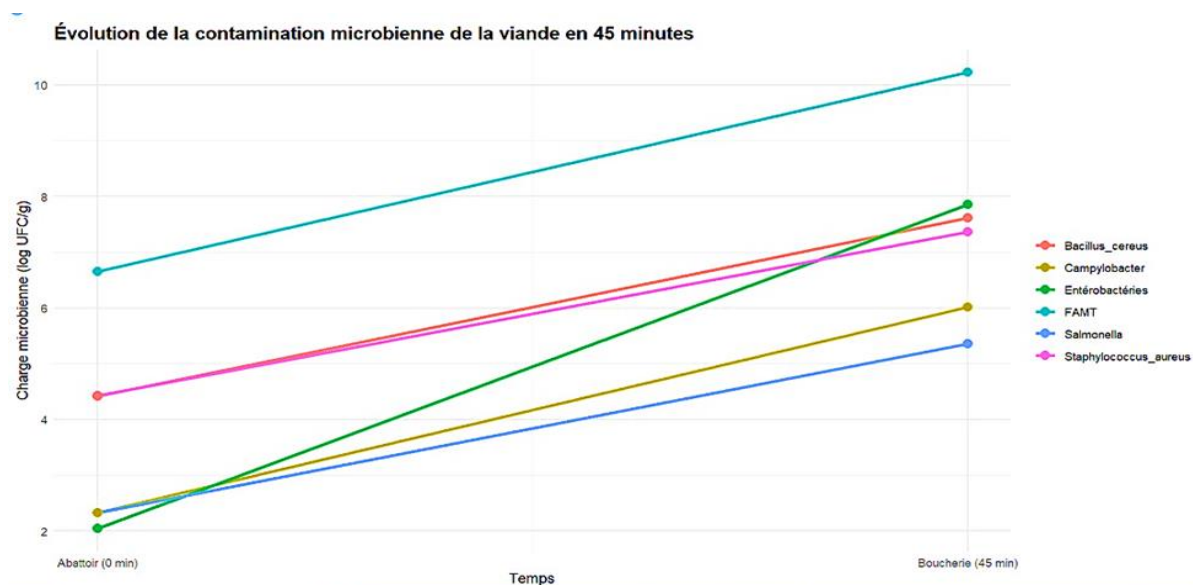
3.4. Evolution de la contamination microbienne de la viande durant le transport pour une moyenne de 45 minutes

Le tableau 4 illustre l'évolution de la contamination microbiologique de la viande de bœuf entre sa sortie de l'abattoir et sa commercialisation dans les boucheries (environ 45 minutes plus tard), simulée sur la base des moyennes logarithmiques UFC/g mesurées à l'abattoir (temps 0) et dans les boucheries (temps 45 min).

Ces pentes sont des estimations linéaires simples, basées sur un écart de 45 minutes. Dans la réalité, certaines bactéries ne croissent pas linéairement (ex. : phase de latence, conditions anaérobies), mais ce modèle permet de visualiser la tendance générale (Fig. 2, Tableau 4).

Tableau 4 : Régression linéaire estimée pour quelques germes clés identifiés, la charge microbienne et son évolution durant le transport

Micro-organisme	Charge microbienne log(UFC/g)			Évolution
	A 0 min (Abattoir)	Après 45 min (Boucherie)	Pente estimée bb (log UFC/g/min)	
FAMT	6,65	10,23	0,079	Forte croissance
Entérobactéries	2,04	7,86	0,129	Très forte croissance
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,43	7,36	0,065	Croissance rapide
<i>Salmonella spp.</i>	2,33	5,36	0,067	Croissance continue
<i>Bacillus cereus</i>	4,42	7,61	0,071	Croissance modérée
<i>Campylobacter spp.</i>	2,33	6,02	0,082	Évolution préoccupante

**Fig. 2 :** Evolution de la contamination microbienne de la viande en 45 minutes après abattage

De la figure susmentionnée, il ressort que les pentes calculées exhibent une augmentation rapide et préoccupante de la contamination sur une courte période (45 minutes), ce qui souligne que, même un transport de courte durée, lorsqu'il n'est pas accompagné d'un contrôle strict de la température – notamment en l'absence de réfrigération – permet à des bactéries pathogènes telles que *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* et les entérobactéries de proliférer rapidement, surtout en cas de températures ambiantes élevées. La flore aérobie mésophile totale (FAMT) connaît, dans ces conditions, une croissance exponentielle, avec une pente estimée à +0,079 log UFC/g/min, traduisant une multiplication rapide des bactéries indicatrices de détérioration. De leur côté, *Campylobacter spp.* et *Bacillus cereus*, bien que leur croissance soit moins rapide, montrent également une augmentation significative de leur présence, ce qui témoigne de conditions favorables à leur

développement, telles qu'une humidité élevée et l'absence de froid. Cette situation met clairement en évidence la vulnérabilité de la chaîne de valeur locale, qui permet une détérioration microbiologique rapide de la viande, parfois en moins d'une heure (Fig. 2).

4. Discussion

4.1. Microorganismes identifiés dans les échantillons de viande de bœuf prélevés dans les abattoirs et boucheries

Les résultats du Tableau 1 montrent que la contamination microbienne est nettement plus élevée dans les échantillons de viande issus des boucheries comparée à ceux provenant directement de l'abattoir. Concernant la flore aérobie mésophile totale (FAMT), 20 % des échantillons étaient positifs à l'abattoir, contre 95 % en boucherie. Cette forte augmentation pourrait être attribuée à des

conditions de conservation inappropriées après l'abattage, telles que l'absence de chaîne du froid ou des manipulations fréquentes de la viande. Ibrahim et al. (16) ont souligné que des températures ambiantes et une manipulation répétée favorisent la multiplication rapide de la flore mésophile. De même, Wulandari et al. (13) ont observé une nette augmentation des charges microbiennes dans les viandes manipulées en dehors de conditions hygiéniques strictes. S'agissant des levures et moisissures, la proportion passe de 50 % à l'abattoir à 95 % dans les boucheries. Cette élévation indique une exposition prolongée à l'air ambiant, souvent en l'absence d'emballage ou de réfrigération, créant un environnement favorable à la croissance fongique.

Pour les entérobactéries, 45 % des échantillons étaient positifs à l'abattoir, contre 100 % en boucherie. Ce résultat suggère une contamination fécale potentielle, exacerbée par des pratiques d'hygiène déficientes. Baek et al. (21) ont précisément mis en évidence le lien entre la présence élevée d'entérobactéries et les conditions sanitaires inadéquates dans les points de vente de viande. En ce qui concerne *Campylobacter spp.*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella spp.*, tous ont été détectés dans 100 % des échantillons issus des boucheries. Cette omniprésence est préoccupante, car elle indique des contaminations croisées probables durant la découpe ou l'exposition au sein des boucheries. Rodrigues et al. (17) ont démontré que la manipulation non aseptique de la viande au détail favorise la présence de *S. aureus* et *Salmonella spp.* De son côté, Ghosh et al. (22) a montré que les viandes vendues sur les marchés traditionnels présentent une forte prévalence de pathogènes, surtout en l'absence de mesures de contrôle post-abattage.

Ainsi, l'augmentation de la contamination microbiologique tout au long de la chaîne de distribution témoigne de l'absence de maîtrise des conditions post-abattage.

4.2. Charges microbiennes (UFC/g) dans les échantillons des viandes fraîches

Le Tableau 2 montre que les charges microbiennes mesurées dans la viande vendue en boucherie dépassent les normes fixées par l'OMS et l'Union européenne. La flore aérobie mésophile totale atteint en moyenne 10,23 UFC/g, alors que la norme maximale est de 3,698 UFC/g. Cette valeur élevée traduit une altération avancée du produit. Cramer et al. (23) ont observé que le mauvais stockage de la viande post-abattage, notamment à température

ambiante, entraîne une prolifération accélérée des bactéries mésophiles. Les levures et moisissures enregistrent une moyenne de 4,42 UFC/g, dépassant également la norme de 3,00 UFC/g. Leur développement est favorisé par l'humidité et l'exposition à l'air, comme l'ont démontré plusieurs travaux sur la conservation en milieu ouvert.

Pour les entérobactéries, la charge atteint 7,86 UFC/g, bien au-dessus de la norme de 2,00 UFC/g. Cette situation reflète une contamination d'origine fécale importante, due à un manque d'hygiène. Baek et al. (21) ont documenté une telle situation dans les viandes exposées dans les marchés ouverts, identifiant une corrélation directe entre la mauvaise hygiène et la présence élevée d'entérobactéries. *Staphylococcus aureus* présente une moyenne de 7,36 UFC/g, contre une norme de 3,00 UFC/g. Ce germe étant souvent lié à une contamination humaine (mains, voies respiratoires), sa présence élevée témoigne de manipulations inappropriées. Rodrigues et al. (17) ont confirmé que *S. aureus* est fréquemment détecté dans les viandes manipulées sans protection, notamment lorsque le personnel ne respecte pas les mesures d'hygiène.

Enfin, la détection de *Salmonella spp.* et *Campylobacter spp.*, qui doivent normalement être absents dans 25 g de viande selon l'OMS, suggère une contamination sévère post-abattage. Ghosh et al. (22) ont mis en évidence que ces pathogènes sont fréquemment retrouvés dans les viandes issues de circuits informels, particulièrement en l'absence de réfrigération. Ces constats rejoignent les observations de Wulandari et al. (13), qui ont signalé une dégradation rapide de la qualité microbiologique de la viande entre la sortie de l'abattoir et sa commercialisation.

4.3. Comparaison des charges microbiennes dans les abattoirs et boucheries

Les données du Tableau 3 révèlent que toutes les différences de charges microbiennes entre la viande de l'abattoir et celle des boucheries sont statistiquement hautement significatives ($p < 0,001$). Ces écarts marqués confirment que les conditions post-abattage ont un impact direct sur la prolifération microbienne. Charron et al. (24) ont mis en évidence ce phénomène dans une étude comparative entre la viande conservée dans des conditions contrôlées et celle exposée aux conditions réelles du marché. Wong et al. (19) ont de leur côté montré que la viande commercialisée dans les zones urbaines africaines subit une contamination accrue liée à l'absence de

réfrigération, au manque d'hygiène et à la manipulation répétée.

Les manipulations fréquentes, l'exposition à l'air ambiant, et l'absence de chaîne du froid sont des facteurs qui favorisent la multiplication rapide des bactéries pathogènes. Setyabrata et al. (25) ont également démontré que de telles conditions post-abattage accélèrent significativement la dégradation microbiologique de la viande.

4.4. Évolution de la contamination durant le transport

Le Tableau 4 indique une croissance marquée des charges microbiennes durant seulement 45 minutes de transport, en l'absence de tout contrôle de température. Les entérobactéries affichent une pente de $+0,129 \log \text{ UFC/g/min}$, traduisant une croissance rapide. *Campylobacter spp.* présente une pente de $+0,082 \log \text{ UFC/g/min}$, tandis que *Staphylococcus aureus* progresse à $+0,065 \log \text{ UFC/g/min}$. Cette évolution rapide, dès les premières minutes de transport, illustre l'effet d'un environnement non contrôlé sur la prolifération bactérienne. Ndraha et al. (26) ont démontré que même de faibles variations de température durant la distribution peuvent entraîner une multiplication exponentielle des micro-organismes. De plus, Grace et al. (27) ont insisté sur l'importance de l'usage de contenants isothermes et de procédures aseptiques dans les chaînes alimentaires locales pour limiter ce phénomène. Leur étude a montré que le maintien de la chaîne du froid, même sur de courtes durées, réduit considérablement la contamination bactérienne. Ainsi, l'absence de réfrigération, l'humidité ambiante, l'exposition à l'air et les contacts humains durant le transport favorisent fortement le développement bactérien.

Toutes ces observations concordent avec les résultats de Rodrigues et al. (17), qui ont mis en évidence une forte contamination bactérienne dans les viandes manipulées dans les circuits de distribution traditionnels. (13) ont montré que la qualité microbiologique de la viande se détériore rapidement en raison d'une absence de pratiques de conservation adéquates. Ghosh et al. (22) ont souligné que les pathogènes alimentaires sont omniprésents dans les systèmes de vente de viande non réfrigérée. Ndraha et al. (26) ont quant à eux démontré l'effet immédiat des variations de température sur la prolifération microbienne. Wong et al. (19) ont confirmé que les conditions post-abattage non maîtrisées sont les principaux facteurs de la dégradation microbiologique des produits carnés dans les pays en développement.

5. Conclusion et recommandations

Au regard des résultats obtenus, il ressort que la viande de bœuf prélevée à l'abattoir présente déjà une contamination microbiologique notable, mais celle-ci s'aggrave de manière significative une fois la viande exposée à la vente dans les boucheries de la ville de Beni. Cette étude met en évidence une dégradation rapide de la qualité microbiologique tout au long de la chaîne de distribution, liée principalement à l'absence de chaîne du froid, à des pratiques de manipulation peu hygiéniques, et à des conditions de transport inadaptées. La présence généralisée de germes pathogènes dans les viandes commercialisées en boucherie constitue un véritable risque de santé publique, en particulier dans un contexte où les moyens de contrôle sont limités. L'apport majeur de cette recherche est d'avoir démontré, sur une base locale et concrète, l'impact direct et rapide des mauvaises pratiques post-abattage sur la contamination microbienne de la viande, tout en mettant en évidence l'urgence d'agir sur le maillon critique qu'est le transport et la conservation.

Face à cette situation, plusieurs mesures s'imposent. Il est nécessaire d'implémenter un système rigoureux de gestion de la chaîne du froid, même sur des trajets courts, ainsi que d'instaurer des protocoles stricts d'hygiène dans les boucheries. Des interventions ciblées en matière de formation des acteurs de la filière (transporteurs, bouchers, inspecteurs) pourraient considérablement améliorer la sécurité sanitaire des produits carnés. Pour renforcer ces actions, de futures recherches pourraient s'intéresser aux points de contamination spécifiques au sein des boucheries et aux modèles de croissance bactérienne en fonction des conditions locales (température, humidité, durée d'exposition).

En complément, des études d'interventions (par exemple : l'introduction de glaciers ou de réfrigérateurs solaires) permettraient d'évaluer concrètement l'impact de ces mesures sur la réduction des charges microbiennes. Cette approche intégrée offrirait ainsi des pistes concrètes pour améliorer la sécurité alimentaire dans les contextes urbains à ressources limitées.

Contributions des auteurs

MBP, MMB et KKP ont joué un rôle de premier plan dans la rédaction du manuscrit, la collecte des données sur le terrain et la réalisation des analyses en laboratoire. MYD, MMP et NKC ont assuré la supervision scientifique de l'étude. IMH, UNM, ENJ, ALJ et BNJ-R ont apporté des retours

scientifiques et effectué des ajustements tout au long du processus.

Déclaration de conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun intérêt financier ou lien personnel connu qui aurait pu influencer les travaux présentés dans cet article.

Informations sur le financement

Aucun financement n'a été reçu pour la réalisation de cette étude.

Approbation éthique et consentement à participer

Cette étude n'implique pas l'utilisation de parties humaines mais animales, mais pas la conduite d'expérimentations y afférentes.

Remerciements

Les auteurs expriment leur sincère gratitude le vétérinaire en chef Kabunga Ndanga de l'abattoir centrale de Beni pour l'obtention des échantillons à l'abattoir.

Référence bibliographiques

1. Bennani H, Moussadek R, Zaki H. Microbial contamination of meat and its risk for human health: A review. *Journal of Applied Microbiology*, 19(2), 78-85. 2016;
2. Cole R, Smith A, Murphy E. The nutritional importance of meat: Protein, vitamins, and minerals. *Journal of Human Nutrition*, 45(2), 101-109. 2022;
3. Mohammed S, Brigitte G. Meat Quality Journal, 28(3), 114-120. Bacterial contamination in meat and food safety challenges. 2020;
4. Rayene S, Dabboussi F, Daoud R. Impact of storage conditions on the microbial quality of meat. *International Journal of Food Safety*, 39(2), 102-110. 2022;
5. Kukhtyn I, Patil M, Ghosh M. Microbiological aspects of meat preservation. *Meat Science*, 45(1), 90-95. 2020;
6. Getenesh T, Fikadu F, Tesfaye B. Hygiene and microbial contamination of meat: A case study in Ethiopia. *Meat Science*, 14(4), 45-52. 2020;
7. Ncoko D, Phiri S, Kanyama P. Food hygiene practices in meat processing and public health risks. *Journal of Hygiene and Food Safety*, 33(1), 17-25. 2020;
8. Ombeni JB, Babe T, Munyuli TM, Kashosi TM, Mwangi TB. Hygienic quality assessment of fresh beef meat in Bukavu urban slaughterhouses, south kivu province of the long sale chain: potential health risks for consumers in Eastern DR Congo: potential health risks for consumers. *Bacterial Empire*, 1: 1-9. 2018;
9. Joseph A., M. KN, O S. Foodborne pathogens in meat and their public health implications. *African Journal of Food Science*, 29(5), 22-29. 2020;
10. Atlabachew M, Mamo M. Microbial contamination and food safety risks in meat products. *Journal of Food Safety*, 15(3), 112-119. 2021;
11. McSharry J, O'Toole P, Cronin L. No Title. Contamination of meat during slaughtering and handling processes. *International Journal of Food Microbiology*, 43(6), 256-264. 2021;
12. Osemwowa E, Akinmoladun O, Olowu S. Post-slaughter contamination and microbial loads in meat products: A study from Beni City, DR Congo. *Journal of Food Science and Technology*, 22(4), 15-22. 2021;
13. Wulandari I, Purnamasari L, Yuliana Y. Microbial contamination levels in beef after slaughter and their impact on public health. *Journal of Veterinary Microbiology*, 56(3), 23-30. 2019;
14. Mairie de Beni. Rapport annuel sur les activités d'abattage et de commercialisation de la viande bovine dans la ville de Beni. (Document non publié Mairie de Beni. 2024;
15. Tuncer S, Yilmaz A, Karaca M. Microbiological risks associated with meat handling in butcher shops and prevention strategies. *Meat Quality Journal*, 18(2), 87-95. 2021;
16. Ibrahim M, Al-Amin M, Shahin A. Microbial contamination and hygienic practices in retail butcher shops in urban areas. *Foodborne Pathogens and Disease*, 13(7), 392-398. 2016;
17. Rodrigues J, Silva P, Oliveira J. Prevalence of *Campylobacter* and *Staphylococcus aureus* in retail meat and associated health risks. *Journal of Food Safety*, 37(2), 145-152. 2017;
18. International Organization for Standardization. ISO 10272-1:2017 – Microbiology of the food chain — Horizontal method for detection and enumeration of *Campylobacter* spp. — Part 1: Detection method. ISO. 2017;
19. Wong D, Kumar R, Bohrer BM. Impact of transportation and handling conditions on microbial spoilage in fresh beef supply chains. *Journal of Food Protection*, 86(3), 291–300. 2023;
20. OMS. Règlement (CE) n° 2073/2005 de la Commission du 15 novembre 2005 relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires. *Journal officiel de l'Union européenne*. 2007;
21. Baek S, Lee J, Kim H. Impact of meat storage conditions on microbial contamination and safety risks in retail butcher shops. *Food Control*, 82, 204-211. 2018;
22. Ghosh S, Das S, Chowdhury M. Microbial contamination in meat: Causes and control

measures in retail butcher shops. *Food Microbiology*, 77, 159-167. 2019;

23. Cramer L, Roberts J, Morgan J. Effect of storage conditions on microbial contamination in meat products. *Meat Science*, 164, 108110. 2020;

24. Charron M, Lambert C, Gagnon P. Hygiene practices in the handling of meat: Effect on microbial contamination levels in retail butcher shops. *Journal of Food Protection*, 83(4), 691-698. 2020;

25. Setyabrata D, Honegger L, Kim YHB. Transport conditions affect meat quality and microbiological characteristics of beef: A review. *Meat Science*, 191, 108880. 2022;

26. Ndraha N, Hsiao HI, Vljajic J, Lin YC. Time-temperature abuse in the food cold chain: Review of issues, challenges, and recommendations. *Food Control*, 89, 12–21. 2018;

27. Grace D, Alonso S, Mutua F, Roesel K, Lindahl J, Nguyen-Viet H. Food safety investment expert advice: First output—Investing in food safety in low- and middle-income countries. International Livestock Research Institute (ILRI) <https://hdl.handle.net/10568/110840>. 2020;