

Évaluation de l'impact du séchoir à gaz BB équipement sur la qualité du kilichi (viande de boeuf séchée)

Stéphanie C. W. TIENDREBEOGO^{1,2}, Hagrétou SAWADOGO-LINGANI¹,
Donatien KABORE^{1,*}, Kadiétou ZIDA-OUEDRAOGO¹, Adama PARE¹,
Serges SAMANDOULOGOU¹, Mamoudou H. DICKO²

Résumé

Le kilichi, un produit séché à base de viande de bœuf est traditionnellement produit et consommé en Afrique sahélienne. Les difficultés du procédé de production du kilichi concernent d'une part le manque de maîtrise de la qualité du produit au cours de sa fabrication, de son stockage et d'autre part l'utilisation d'équipements rudimentaires pour sa production. Ces difficultés entraînent des variations de la qualité du kilichi. Il est donc nécessaire d'améliorer sa technique de fabrication. Dans cette étude, le kilichi a été produit suivant trois procédés : un procédé traditionnel et deux procédés modifiés (par l'utilisation du séchoir à gaz et du dispositif d'exposition au soleil). La qualité de chaque équipement a été évaluée à partir des analyses physicochimiques, microbiologiques et sensorielles des produits issus de l'équipement. Les résultats des analyses ont montré que les échantillons de kilichi issus des trois procédés étaient de bonne qualité nutritionnelle, microbiologique et sensorielle. Cependant, l'utilisation du séchoir à gaz dans les procédés modifiés a permis de réduire la durée du séchage de la viande à deux heures et le nombre de micro-organismes pathogènes dans le kilichi à plus de 90 %; d'améliorer l'apparence, la couleur, la croustillance comparée au procédé traditionnel.

Mots-clés : Viande, qualité, kilichi, procédés, équipements.

Assessment of the impact of gas dryer BB equipment on the quality of kilichi a traditional dried beef

Abstract

Kilichi is a dried beef meat product traditionally produced and consumed in Sahelian Africa. Difficulties in the production process of kilichi concern both the lack of quality control during its production, storage and the use of rudimentary equipment; consequently, the quality of kilichi is affected. It is therefore necessary to improve kilichi production process. In the current study, kilichi has been produced by three different processes: a traditional process (using millet stem mat and a traditional smokehouse) and two modified processes (using a gas dryer and a sun-drying equipment). The quality of each equipment was evaluated based on the physicochemical, microbiological and sensorial analyses of derived products. Results showed that kilichi samples from the three processes are of good nutritional, microbiological and sensorial quality. However, the use of gas dryer in the modified process reduced the duration of the drying process of kilichi by two hours and cut-down the number of pathogens by more than 90%. Its also improved the appearance, color, and crunchiness compared to the traditional process.

Keywords: Meat, quality, processes, equipment.

¹ Département de Technologie Alimentaire, IRSAT/CNRST, 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

² Laboratoire de Biochimie Alimentaire, Enzymologie, Biotechnologie Industrielle et Bioinformatique (BAEBIB), Université Ouaga I professeur Joseph Ki-Zerbo, BAEBIB, 09 BP 848 Ouagadougou 09, Burkina Faso 09.

* Correspondant : kaboredonatien74@yahoo.fr

Introduction

Le Burkina Faso est un pays sahélien situé en Afrique de l'Ouest dont les principaux secteurs d'activités sont l'agriculture et l'élevage. En effet, l'élevage contribue de manière significative à la croissance de l'économie nationale avec une contribution de 18 % au PIB et représente 25 % des exportations (MEF, 2010 ; MAFAP, 2013). En 2011, la taille du cheptel national en terme de têtes de bovins, d'ovins et de caprins était estimé respectivement à 8 566 448 ; 8 490 513 et 12 712 705. L'essentiel des exportations se fait sous forme d'animaux vivants (MRA, 2013).

Il existe au Burkina Faso deux types de transformations dans la filière bétail-viande à savoir la transformation primaire et la transformation secondaire. La transformation primaire consiste à abattre les animaux pour produire de la viande fraîche. Elle est le principal produit de transformation de la filière. La viande joue un rôle important dans le régime alimentaire humain en raison de sa richesse nutritionnelle. C'est une source précieuse de protéines, de fer, de vitamine B12 et vitamines B complexe, de zinc, de sélénium et de phosphore. La production nationale de viande est issue de l'abattage du bétail (bovins, ovins, caprins); elle était de l'ordre de 41 913,4 tonnes en 2011 (MRA, 2013). La transformation secondaire consiste aux grillades, au séchage et à une faible proportion à la charcuterie (MRA, 2013). Cette faible transformation au-delà de la viande fraîche des abattoirs résulterait, d'une part de la maîtrise insuffisante des techniques par les professionnels et d'autre part, des habitudes culturelles et culinaires locales et du faible pouvoir d'achat des consommateurs (MRA, 2013).

Parmi les produits transformés de la viande au Burkina Faso, le kilichi (viande de bœuf séchée) peut être commercialement plus compétitif vis-à-vis de certains produits de la charcuterie occidentale si les difficultés des procédés actuels étaient maîtrisées. Comme difficulté majeure, on peut citer les conditions hygiéniques et climatiques inadéquates (insalubrité, insectes, poussière, intempéries) au cours de sa fabrication et de son stockage, d'autre part l'utilisation des équipements rudimentaires dans la technologie de production du kilichi. Ces difficultés entraînent des variations de la stabilité et de la qualité du kilichi. Il est donc nécessaire d'améliorer sa qualité. Notre étude porte sur le thème de «l'évaluation de l'impact du séchoir à gaz BB équipement sur la qualité du kilichi, viande de bœuf séchée ».

L'objectif général de la présente étude est d'améliorer la qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du kilichi.

Matériel et méthodes

Matériel de production

Le matériel qui a servi à la production du kilichi est présenté dans le tableau I ci-dessous.

Tableau I. Matériel de production regroupé par procédé

Procédé	Matériel	Utilisation
Procédé traditionnel	Natte en tige de mil déposée sur une table	Séchage au soleil
	Fumage traditionnel	Fumage
	Bois	Source d'énergie
Procédé modifié 1	Dispositif d'exposition de la viande au soleil BB équipement	Séchage au soleil et protection de la viande contre les mouches
	Séchoir à gaz BB équipement (Figure 1 en annexe)	Cuisson
	Bouteille de gaz	Source d'énergie
Procédé modifié 2	Séchoir à gaz BB équipement	Séchage et cuisson
	Bouteille de gaz	Source d'énergie
L'ensemble des procédés	Couteaux	Découpage de la viande
	Thermomètre	Mesure de la température
	Glacière	Transport et conservation de la viande fraîche
	Balance	Pesage

Les figures sont jointes en annexes.

Suivi du procédé de fabrication chez les producteurs de kilichi

La technologie traditionnelle de fabrication du kilichi a été suivie chez des producteurs et vendeurs de kilichi à Koupéla dans le but de connaître le procédé de fabrication et d'établir le diagramme de fabrication. Le suivi de production a été réalisé chez cinq (05) producteurs de la ville de Koupéla du 05 au 07 février 2016. Chez chacun d'eux, le suivi a consisté à relever les opérations unitaires, le temps de traitement et le matériel utilisé pour la production du kilichi. Cela a permis de reproduire le schéma technologique à l'atelier d'expérimentation agroalimentaire (Technopole) du DTA/IRSAT à Ouagadougou. Le kilichi a été ainsi produit à l'atelier avec les installations du DTA/IRSAT, suivi de prélèvement d'échantillon et d'analyses de laboratoire.

Production du kilichi et échantillonnage

Le matériel biologique utilisé était constitué de la viande de bœuf et des ingrédients de garnissage (sel et huile de tournesol).

Trois (03) types de kilichi ont été produits à partir des diagrammes de production établis selon les trois procédés (procédé traditionnel, procédé modifié 1 et procédé modifié 2). Pour chaque procédé, trois essais de production ont été réalisés (P1, P2, P3) et des échantillons également ont été prélevés sur la viande fraîche, les viandes séchées (procédé traditionnel et modifié 1) et sur

les trois types de kilichi. Au total dix-huit (18) échantillons ont été collectés dans des sachets stomachers stériles et conservés au réfrigérateur pour les analyses. Les analyses ont été réalisées en double sur chaque échantillon. Les caractéristiques technologiques telles que la température, la durée de séchage et de cuisson ont été déterminées à l'aide d'un thermomètre et d'un chronomètre. Les rendements de production et les quantités d'énergie utilisées ont été estimés par la pesée de la matière première (viande fraîche), des sources d'énergie utilisées (du bois ou la bouteille gaz) en début de production et par pesée du kilichi et des sources d'énergie restant en fin de production.

Analyses microbiologiques

Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales

La préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales ont été effectuées selon la norme internationale ISO 6887-1(1999). Les échantillons ont été analysés immédiatement après le prélèvement. Pour l'analyse, 10 g d'échantillon ont été pesés dans un sachet stomacher stérile dans lequel a été ajouté du diluant stérile jusqu'à l'obtention d'un poids total de 100 grammes. L'ensemble a été ensuite homogénéisé au stomacher pendant 2 minutes. A partir de cette suspension mère une série de dilutions décimales successives a été réalisée: 1 ml de cette solution a été prélevé à l'aide d'une micropipette stérile et introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau peptonée stérile. 1 ml de cette dernière solution a été de nouveau prélevé et introduit dans le tube suivant contenant 9 ml d'eau peptonée. La dilution a été ainsi faite jusqu'à la plus forte désirée.

Ensemencement, incubation et dénombrement

La méthode d'inoculation dans la masse a été utilisée pour l'ensemencement. Pour ce faire, 1 ml de chaque dilution décimale retenue a été prélevé aseptiquement et introduit dans une boîte de pétri stérile. Ensuite environ 10-15 ml de milieu de culture stérilisé et maintenu en surfusion ont été ajoutés sur le prélèvement. Le tout a été mélangé en effectuant des rotations avec les boîtes couvertes. Les boîtes ont été laissées pour solidification pendant 5-10 minutes, avant d'être incubées aux températures et durées requises pour chaque microorganisme recherché. Le milieu Plate Count Agar (PCA) a été utilisé pour le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale. L'incubation a été faite à l'étuve à 30°C pendant 48 à 72 heures. A l'issue de ce délai, les boîtes ont été examinées et les colonies dénombrées selon la norme internationale ISO 4833 (2003). Pour les coliformes, l'ensemencement a été fait sur la gélose biliée au cristal violet et au rouge neutre (agar VRBL) et les boîtes ont été incubées à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes thermo-tolérants pendant 24 h ± 2h. Les coliformes totaux et thermo-tolérants ont été dénombrés respectivement selon la norme Internationale ISO 4832 (2006) et NF V08-060 (2009). Pour l'isolement des Staphylocoques, la gélose de Chapman a été utilisée et l'incubation a été faite à 37°C pendant 48 heures. Le dénombrement de *Staphylococcus aureus* a été fait selon la norme internationale ISO 6888-1 (1999). La gélose de SABOURAUD au chloramphénicol a été utilisée pour la recherche des levures et moisissures. L'incubation a été faite 30°C pendant 72 heures au bout desquelles, les colonies de levures et des moisissures ont été dénombrées selon la norme ISO 7954 (1988). Pour *Bacillus cereus*, l'ensemencement est fait sur le milieu gélosé Brilliance *Bacillus cereus* (BBC) et les boîtes ensemencées sont incubées à 30°C pendant 24 h. Pour *Pseudomonas aeruginosa*, l'ensemencement a été fait sur la gélose au cetrimide

et les boîtes ont été incubées à 30°C pendant 48 heures. Les colonies présentant une pigmentation caractéristique jaune à vert, les colonies muqueuses, grisâtres, pigmentées ou non, isolées ont été dénombrées (BIOKAR, 2014).

Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les échantillons de viande fraîche, de viande séchée et des kilichis obtenus selon les trois procédés ont concerné, le pH, la teneur en eau, les cendres totales, les matières grasses, les protéines et les éléments minéraux (phosphore, fer, zinc).

Le pH a été mesuré à 25°C à l'aide du pH-mètre CONSORT P901 selon la méthode décrite par NOUT *et al.* (1998) qui consiste à broyer cinq (05 g) de l'échantillon puis à ajouter de l'eau distillée de manière à obtenir un volume total de 20 ml. Après homogénéisation, le pH est directement affiché sur l'écran du pH-mètre. La teneur en eau a été obtenue après séchage de l'échantillon à l'étuve à 105 °C pendant 24 h et les cendres totales par calcination de la matière sèche à 550°C (AOC, 1990). La teneur en matières grasses a été déterminée par la méthode d'extraction de type soxhlet décrite selon la norme ISO 659 (1998). Les matières azotées totales (MAT) ont été obtenues après la minéralisation des échantillons et la teneur en azote a été déterminée à l'auto analyseur. La teneur en protéines a été ainsi obtenue en multipliant le pourcentage en azote par le facteur de 6,25 (BUNASOL, 1987). Par ailleurs, les éléments minéraux ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique pour le zinc, le fer et par la méthode colorimétrique à l'acide ascorbique pour le phosphore (BUNASOL, 1987).

Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle a consisté essentiellement au choix du panel, au codage des échantillons, à la préparation des échantillons et à la réalisation de l'épreuve. Trois épreuves ont été réalisées :

- Le test de profil sensoriel a consisté à la détermination et à la sélection d'un minimum de descripteurs qui permettent de donner le maximum d'informations sur les propriétés sensorielles du produit étudié en relation avec son apparence, son odeur, sa texture et sa couleur (ISO 1105, 1994). Un panel de 25 dégustateurs a été retenu pour la réalisation de ce test.
- Pour le test de profil hédonique, les échantillons de kilichi ont été présentés de façon simultanée et le sujet a donné son avis sur la croustillance (ZAHAR, 2004). Pour ce test, un panel de 24 dégustateurs a été retenu pour sa réalisation.
- Le test de classement est utilisé comme un essai hédonique, la tâche des dégustateurs a été de classer, par ordre de préférence, les échantillons de kilichi présentés simultanément (ISO 8587, 2006). Un panel de 31 personnes a été retenu pour l'évaluation.

Traitement des données d'analyses

L'analyse des données des tests de dégustation a été faite à l'aide des logiciels SPSS. Pour les analyses physicochimiques et microbiologiques, les données ont été exportées sur le logiciel Microsoft Excel 2013 pour le traitement des données physicochimiques et microbiologiques. Pour les analyses physicochimiques, on a déterminé les moyennes et les écarts types.

Résultats

Procédés technologiques de production du kilichi

Les diagrammes ont été mis au point sur la base des données du suivi de la technologie chez les producteurs de kilichi.

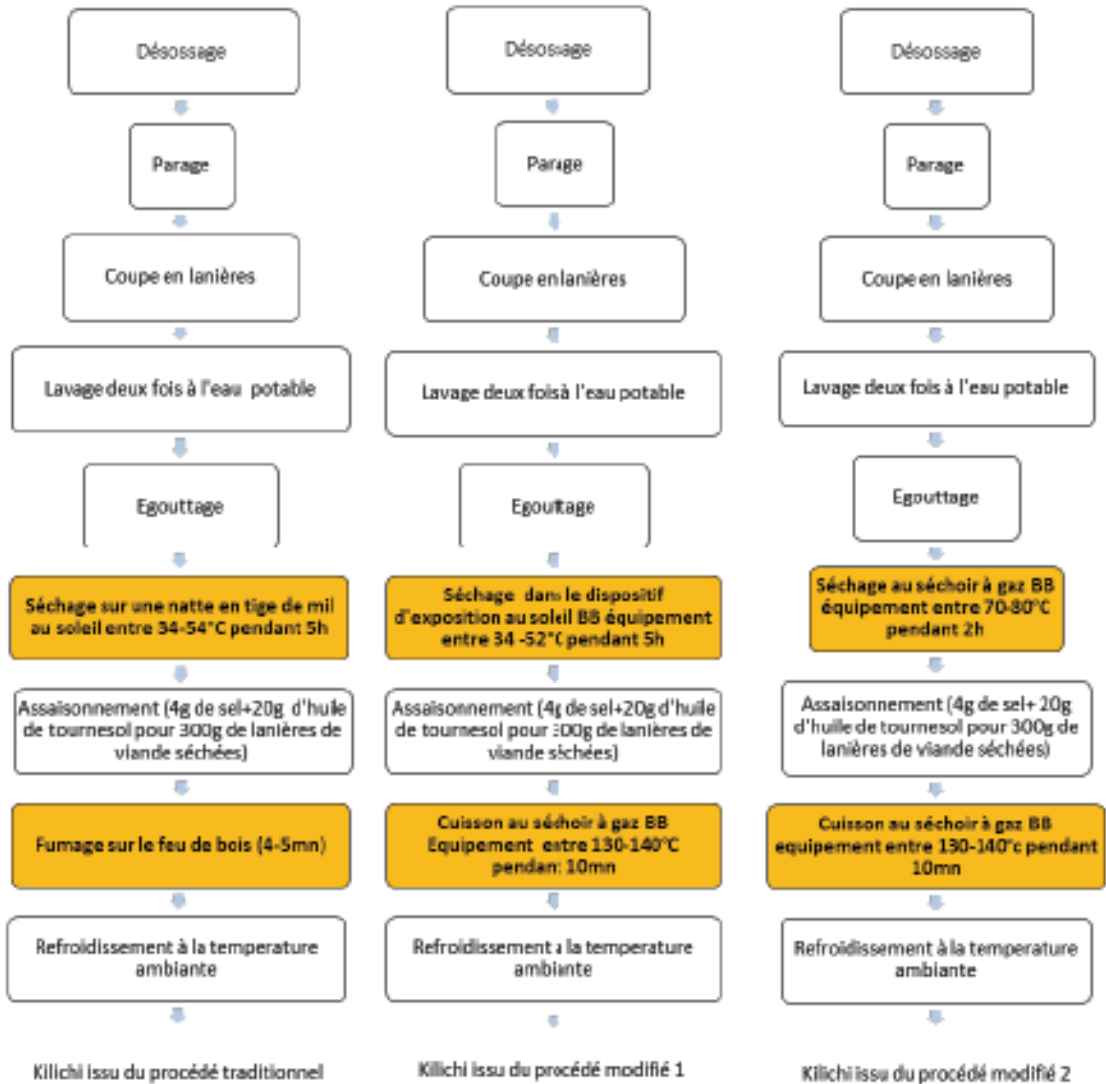


Figure 1. Diagrammes de production du kilichi selon les trois procédés étudiés

NB : Les cases pleines indiquent les différences technologiques entre les trois diagrammes.

Caractéristiques technologiques des procédés utilisés

Les caractéristiques technologiques des procédés sont indiquées dans le tableau II ci-dessous.

Tableau II. Caractéristiques technologiques des procédés

Caractéristiques technologiques	Procédé traditionnel	Procédé modifié 1	Procédé modifié 2
Matériel et équipements pour le séchage	Natte en tige de mil déposée sur une table	Dispositif d'exposition de la viande au soleil	Séchoir à gaz
Durée du séchage (heures)	5	5	2
Températures de séchage (°C)	34-52	34-52	70-80
Source de l'énergie pour le séchage	Soleil	Soleil	Gaz butane
Équipement pour la cuisson ou le fumage	Fumoir traditionnel	Séchoir à gaz	Séchoir à gaz
Source de l'énergie pour la cuisson	Bois	Gaz butane	Gaz butane
Températures de cuisson (°C)	290	130-140	130-140
Durée de cuisson ou de fumage (minutes)	4-5	10	10
Rendement de la production (%)	30,38	30,81	35,50
Quantité d'énergie utilisée pour produire 1kg de kilichi (Kg)	1,12	0,67	1,67
Coût total de l'énergie utilisée pour produire 1kg de kilichi (FCFA)	105	276	696

Caractéristiques physicochimiques la viande séchée et du kilichi issu des trois procédés de production

Les caractéristiques physicochimiques de la viande séchée et des kilichis issus des trois procédés sont mentionnés dans le tableau III.

Tableau III. Caractéristiques physicochimiques de la viande séchée et du kilichi issu des trois procédés de production

Teneurs	VSPT	VSPM1	KPT	KPM1	KPM2
Eau (%)	12,16 ± 1,10	19,35 ± 7,08	8,10 ± 0,51	6,93 ± 5,08	5,51 ± 1,91
Protéines (%MS)	30,05 ± 3,80	27,80 ± 6,71	25,63 ± 2,45	28,22 ± 8,10	23,64 ± 3,28
Matières grasses (%MS)	10,00 ± 3,54	9,28 ± 2,46	16,44 ± 1,70	15,00 ± 1,52	15,48 ± 3,57
Cendres (%MS)	3,60 ± 0,04	4,18 ± 0,35	3,91 ± 0,13	4,18 ± 0,35	4,00 ± 0,02
Phosphore mg/kg (MS)	1892,00 ± 1235,00	1871,00 ± 962,00	1847,00 ± 1036,00	1633,00 ± 392,70	1758,00 ± 671,71
Zinc mg/kg (MS)	143,52 ± 12,04	170,28 ± 11,05	106,54 ± 7,36	171,33 ± 22,40	112,12 ± 16,28
Fer mg/kg (MS)	171,32 ± 124,14	173,38 ± 75,93	141,35 ± 89,00	136,12 ± 76,00	37,40 ± 17,00
pH	5,50 ± 0,11	5,48 ± 0,11	5,52 ± 0,07	5,61 ± 0,00	5,60 ± 0,03

Légende : VSPT : Viande séchée issue du Procédé Traditionnel; VSPM1 : Viande séchée issue du Procédé Modifié1; KPT : Kilichi issu du Procédé Traditionnel; KPM1 : Kilichi issu du Procédé Modifié 1; KPM2 : kilichi issu du Procédé Modifié 2.

II.4. Caractéristiques microbiologiques des viandes fraîches, séchées et kilichis issus des trois procédés

Les résultats du dénombrement des microorganismes des échantillons de viande fraîche, de viande séchée et de kilichi issus des trois procédés sont consignés dans les tableaux IV, V et VI.

Tableau IV. Caractéristiques microbiologiques des viandes fraîches, séchées et kilichis issus de la production 1

Echantillons	Germes en UFC/g	FMAT	Coliformes		<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Levures et moisissures
			Totaux	thermo				
VF		$7,4 \times 10^6$	$3,8 \times 10^4$	$2,2 \times 10^3$	$8,0 \times 10^4$	$1,6 \times 10^5$	<10	$2,0 \times 10^2$
VSPT		$5,1 \times 10^5$	<10	<10	$7,1 \times 10^4$	$9,4 \times 10^3$	<10	$1,0 \times 10^2$
VSPM1		$9,0 \times 10^6$	$2,5 \times 10^5$	$2,2 \times 10^4$	$8,9 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	< 10	$2,3 \times 10^3$
KPT		$5,9 \times 10^3$	<10	<10	$4,0 \times 10^2$	$5,1 \times 10^1$	<10	$4,0 \times 10^2$
KPM1		<10	<10	<10	< 10	< 10	<10	<10
KPM 2		<10	< 10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10

Légende : VF: Viande Fraîche ; VSPT: Viande Séchée issue Procédé Traditionnel ; VSPM1: Viande Séchée issue du Procédé Modifié 1 ; KPT: Kilichi issu du Procédé Traditionnel ; KPM1: Kilichi issu du Procédé Modifié 1 ; KPM2 : Kilichi issu du Procédé Modifié 2 ; FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale, thermo : Thermo-tolérants.

Tableau V. Caractéristiques micro-iologiques des viandes fraîches, séchées et kilichis issus de la production 2

Germes en UFC/g	FMAT	Coliformes		<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Levures et moisissures
		Totaux	thermo				
Echantillons							
VF	1,9×10 ⁶	4,8×10 ⁵	1,7×10 ⁵	5,8×10 ⁴	5,0×10 ⁴	<10	1,6×10 ²
VSPT	4,7×10 ⁵	<10	<10	3,4×10 ⁴	5,0×10 ⁴	<10	8,2×10 ¹
VSPM1	4,2×10 ⁷	4,2×10 ⁶	6,5×10 ⁵	1,9×10 ⁶	3,8×10 ⁶	< 10	3,9×10 ³
KPT	2,2×10 ³	<10	<10	4,4×10 ²	2,4×10 ¹	<10	<10
KPM1	6,4×10 ¹	<10	<10	<10	<10	<10	<10
KPM 2	<10	< 10	< 10	<10	<10	<10	<10

Légende : VF : Viande Fraîche ; VSPT : Viande Séchée issue Procédé Traditionnel ; VSPM1 : Viande Séchée issue du Procédé Modifié 1 ; KPT : Kilichi issu du Procédé Traditionnel; KPM 1 : Kilichi issu du Procédé Modifié 1 ; KPM 2 : Kilichi issu du Procédé Modifié 2 ; FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale, thermo: Thermo-tolérants.

Tableau VI. Caractéristiques microbiologiques des viandes fraîches, séchées et kilichis issus de la production 3

Germes en UFC/g	FMAT	Coliformes		<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Levures et moisissures
		Totaux	thermo				
Echantillons							
VF	7,8×10 ⁵	6,0×10 ³	<10	2,3×10 ⁵	3,3×10 ¹	<10	<10
VSPT	6,8×10 ⁴	<10	<10	1,2×10 ³	6,2×10 ³	<10	3,6×10 ¹
VSPM1	1,4×10 ⁶	4,2×10 ⁴	4,2×10 ²	7,1×10 ⁵	1,8×10 ²	< 10	1,2×10 ³
KPT	4,7×10 ³	<10	<10	2,7×10 ¹	3,3×10 ¹	<10	<10
KPM1	<10	<10	<10	< 10	< 10	<10	<10
KPM 2	<10	< 10	< 10	< 10	<10	< 10	< 10

Légende : VF : Viande Fraîche ; VSPT : Viande Séchée issue Procédé Traditionnel ; VSPM1 : Viande Séchée issue du Procédé Modifié 1 ; KPT : Kilichi issu du Procédé Traditionnel ; KPM1 : Kilichi issu du Procédé Modifié 1 ; KPM2 : Kilichi issu du Procédé Modifié 2 ; FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale, thermo : thermo-tolérants.

Caractéristiques sensorielles des kilichis issus des trois procédés étudiés

Les résultats du test de profil sensoriel (apparence, couleur, Odeur, texture), du test hédonique (croustillance) et du test classement (préférence) suite à l'appréciation du panel de dégustateurs de personnes sont indiqués dans le tableau VII.

Tableau VII. Les caractéristiques sensorielles des kilichis issus des trois procédés étudiés

Test	Nombres de dégustateurs	Critères d'appréciations	KPT	KPM1	KPM2
Profil sensoriel	24	Apparence (%)	74,2	83,9	84
		Couleur (%)	58,1	58,1	64
		Odeur (%)	90,3	71	56
		Texture (%)	58,1	41,9	24
Profil hédonique	25	Croustillance (%)	16,10	48,40	62,5
Classement	31	Préférence (%)	54,83	29,03	19,35

Légende : KPT : Kilichi issu du Procédé Traditionnel ; KPM1 : Kilichi issu du Procédé Modifié 1 ; KPM2 : Kilichi issu du Procédé Modifié 2.

Discussions

D'une manière générale, il ressort des résultats des analyses physico-chimiques que les procédés modifiés ont permis d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande autant que le procédé traditionnel. En effet, en comparant les teneurs en protéines, cendres, matières grasses et en éléments minéraux trouvées dans les échantillons de viande séchée et de kilichi issus des trois procédés, nous constatons qu'elles sont supérieures à celles de la viande fraîche (CLINQUART, 2000). Au regard des teneurs en eau des échantillons de viande séchée, nous constatons que la viande séchée dans le dispositif d'exposition au soleil a une teneur en eau plus élevée (19,35 %) que la viande séchée sur la natte en tige de mil (12,16 %). Le dispositif d'exposition au soleil BB équipement utilisé pour le séchage de la viande dans le procédé modifié 1 entraîne donc moins de perte d'eau que le séchage sur la natte en tige de mil du procédé traditionnel. De même, les écarts types ont montré que le séchage sur la natte en tige de mil a été plus uniforme et efficace que le séchage dans le dispositif. Cela pourrait être dû au fait que dans le procédé traditionnel, la viande a été en contact direct avec les rayons solaires et l'air environnant ce qui a entraîné la perte d'eau rapide de la viande par évaporation. Par contre, dans le dispositif d'exposition de la viande au soleil BB équipement, les rayons solaires n'ont pas été directement en contact avec les lanières de viande pendant le séchage à cause de la présence de la grille de protection et de la superposition des claies pendant le séchage. Ces raisons pourraient expliquer la faible perte en eau et la non-uniformité du séchage de la viande dans le dispositif. De plus, les résultats des analyses microbiologiques montrent qu'au cours du séchage de la viande sur la natte en tige de mil du procédé traditionnel, on a constaté une diminution de la charge en flore totale, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, coliformes totaux et thermo-tolérants. Cette diminution de la charge microbienne constatée au niveau du procédé traditionnel pourrait également s'expliquer par le fait que la viande séchée sur la natte en tige de mil a été en contact direct avec les rayons solaires. Le même constat a été fait dans des études précédentes qui avaient montré que les rayons solaires ont un effet bactéricide (TOM *et al.*, 2015 ; GAILUNAS *et al.*, 2008 ; STERMER *et al.*, 1987). Par contre, dans le dispositif d'exposition, les rayons solaires n'ont pas été directement en contact avec les lanières de viande pendant le séchage à cause de la présence de la grille de protection et la superposition des claies sur lesquelles les lanières de viande sont étalées. Ces raisons pourraient expliquer la forte charge microbienne de la viande séchée dans le dispositif d'exposition au soleil BB équipement.

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons de kilichi issus des trois procédés (flore totale, coliformes totaux et *S aureus*) ont donné des valeurs en UFC/g inférieures à la limite recommandée par le Ministère de la Santé du Luxembourg (2015) pour les produits de charcuterie cuits qui sont de 3×10^5 UFC/g pour la flore mésophile aérobie totale, de 103 UFC/g pour les coliformes et de 10^2 UFC/g pour *Staphylococcus aureus*. Parmi les trois types de kilichi produits, ceux issus des procédés modifiés ne contenaient pratiquement pas de *Staphylocoques aureus*, de *Bacillus cereus*, de levures et moisissures (<10 UFC/g) et étaient de meilleurs qualités micro-biologiques. La forte diminution de la charge microbienne observée au niveau des kilichis issus des procédés modifiés pourrait être due au traitement thermique de la viande dans le séchoir à gaz BB équipement et à l'application des règles de bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication pendant la production du kilichi. En ce sens, les fortes températures (130 et 140°C) du séchoir à gaz sont dommageables à la vie des microorganismes. L'utilisation du séchoir à gaz BB équipement dans les procédés modifiés a permis de réduire considérablement les microorganismes pathogènes dans le kilichi. De même, le fumage du kilichi sur le feu de bois a contribué à réduire la charge microbienne du kilichi. Cependant, cette réduction était moins importante que celles des procédés modifiés malgré le respect des règles de bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication. Cela s'expliquerait par le fait que le fumage (environ 290°C pendant 4-5 mn) s'est fait à l'air libre ce qui a provoqué une recontamination du kilichi juste après la cuisson.

Les résultats des tests de profil sensoriel et hédonique indiquent que les kilichi issus des procédés modifiés (procédé utilisant le séchoir à gaz) sont de meilleures apparences, couleurs et sont plus croustillants que le kilichi issu du procédé traditionnel. Par contre, il ressort du test classement que la majorité du panel de dégustateurs a plus apprécié le kilichi issu du procédé traditionnel que les kilichis obtenus par les procédés modifiés. Les dégustateurs disent avoir choisi le kilichi issu du procédé traditionnel comme le meilleur pour sa saveur, sa tendreté et son odeur. Cependant, le panel de dégustateurs qui a choisi le kilichi obtenu par le procédé modifié 2 comme le moins préféré lui reproche son manque de saveur et sa forte croustillance.

Conclusion

A la fin de cette étude, le constat est que l'utilisation du séchoir à gaz BB équipement a permis de réduire la durée du séchage de la viande et d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande autant que le procédé traditionnel. En outre, l'utilisation de ce séchoir a permis de réduire considérablement la charge microbienne (flore mésophile aérobie totale, coliformes totaux et thermotolérants, *B. cereus*, *S. aureus*, levures et moisissures) dans le kilichi. De même, les résultats des analyses sensorielles indiquent que les kilichi issus des procédés modifiés (procédé utilisant le séchoir à gaz) sont de meilleures apparences, couleurs et sont plus croustillants que le kilichi issu du procédé traditionnel. Par contre, le kilichi issu du procédé traditionnel a été choisi comme le plus préféré par les dégustateurs pour son odeur, sa saveur et sa tendreté. L'utilisation du séchoir à gaz BB Equipement pourrait améliorer la tendreté, l'odeur, la saveur:

- si les claies utilisées pour le séchage étaient stable et non flexible, cela permettraient de mieux aplanir les lanières de viande, cela rendrait la texture du kilichi plus tendre ;
- pour la cuisson du kilichi dans le séchoir à gaz BB Equipement, on pourrait brûler les morceaux de bois dans le séchoir, cela donnerait au kilichi, l'odeur recherché par les dégustateurs ;

- également l'assaisonnement avec des épices et d'autres ingrédients pourraient donner une bonne saveur aux kilichis issus des procédés modifiés.

Au regard des résultats obtenus, nous suggérons aux producteurs de kilichi, l'utilisation du séchoir à gaz BB équipement.

Remerciements

Nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail. En particulier le PPAO (Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest) pour avoir financé cette étude à travers le Fond Compétitif National (FCN) dans le cadre du projet intitulé « Appui à l'amélioration de la qualité des procédés de transformations/ conservations et à la diversification de l'offre en viande et des produits carnés».

Références bibliographiques

A. TOM, 2015. Contribution au séchage solaire des produits carnés : Modélisation Solaire des produits carnés : Modélisation et réalisation d'un séchoir adapté aux pays tropicaux. Thèse Paris Tech, 245 p.

BIOKAR DIAGNOSTIC, 2014. Gélose au cetrimide. Détection et dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa*. Fiche technique. France, 3p.

BUREAU NATIONAL DES SOLS, 1987. Méthodes d'analyses physicochimiques des sols-végétaux-eaux. Burkina Faso, 159 p.

GAILUNAS K. M., MATAK K. E., BOYER R. R., ALVARADO C. Z., WILLIAMS R. C., SUMNER S. S., 2015. Use of UV light for the inactivation of *Listeria monocytogenes* and lactic acid bacteria species in recirculated chill brines. *Journal of Food Protection*, 71, 629–633.

MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES du BURKINA FASO, 2013. Annuaire statistiques d'élevage, 162 p.

MINISTERE DE LA SANTE DU GRAND DUCHE DE LUXEMBOURG, 2015. Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires lignes directives pour l'interprétation des résultats, 52 p.

NORME AFNORNF V 08-060, 2009. Dénombrement des coliformes thermo tolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C, 10 p.

NORME FRANÇAISE NF ISO 11035, 1994. Analyse sensorielle. Recherche et sélection de descripteur pour l'élaboration d'un profil sensoriel, par approche multidimensionnelle. 1ère édition, 26 p.

NORME FRANÇAISE NF ISO 7932, 1993. Directives générales pour le dénombrement de *Bacillus cereus*, technique par comptage des colonies à 30°C, 9 p.

NORME FRANÇAISE NF ISO 7954, 1988. Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, technique par comptage des colonies à 25°C, 4 p.

NORME FRANÇAISE NF ISO 8587, 2006. Analyse sensorielle. Méthodologie-classement par rangs. 2ème édition, 26 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 4832, 2006. Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes - Méthode par comptage des colonies obtenues à 37°C. 6 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 4833, 2003. Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes; technique de comptage des colonies à 30°C, 9 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 659, 1998. Graines oléagineuses. Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence), 13 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 6887-1, 1997. Microbiologie des aliments. Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique-Partie 1 : Règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales, 5 p.

NORME INTERNATIONALE ISO 6888-2, 2003. Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des *Staphylococcus aureus* à caogulase positive et autres espèces). Partie 2 : technique utilisant le milieu gélosé au plasma de lapin et au fibrinogène ,7p.

STERMER R. A., LASATEL-SMITH M., & BRASINGTON C. F., 1987. Ultraviolet radiation-An effective bactericide for fresh meat. Journal of Food Protection, 50, 108–111.

ZAHAR M., 2004. Atelier de formation : Analyse sensorielle des aliments, DTA/ IRSAT, Ouagadougou, p 54.