

Transformation d'une viande bovine selon un procédé de type Biltong

Etude physico-chimique, microbiologique et sensorielle de la transformation d'une viande bovine selon un procédé de type Biltong, un produit traditionnel Sud-Africain

Mots-clés : Produits carnés, Biltong, Séchage, Analyse sensorielle

Auteurs : Mélissa Tan^{1,2}, Yanis Caro^{2,3}, Thierry Regnier⁴, Thomas Petit^{1,2,3}

¹ Université de la Réunion, Unité Mixte de Recherche 95 - Démarche Intégrée pour l'Obtention d'Aliments de qualité, UMR Qualisud, La Réunion, France ; ² Université de la Réunion, Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et des Sciences des Aliments, LCSNSA, EA 2212, 15 Avenue René Cassin, 97490 Sainte Clotilde, La Réunion, France ; ³ Département HSE Hygiène Sécurité Environnement, Institut Universitaire de Technologie - IUT, Université de La Réunion, Saint Pierre, La Réunion, France ; ⁴ Tshwane University of Technology, Department of Biotechnology and Food Technology, Pretoria, Gauteng, Afrique du Sud.

* E-mail des auteurs correspondants : thomas.petit@univ-reunion.fr

Cette étude, menée conjointement entre l'Institut Universitaire de Technologie de La Réunion et l'Université Technologique de Pretoria, décrit l'évolution des propriétés physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'une viande bovine préparée selon un procédé de type Biltong traditionnel d'Afrique du Sud basé sur le salage et le séchage.

Résumé :

Le Biltong est un produit carné salé et séché traditionnel d'Afrique du Sud généralement élaboré à partir de lamelles de viande de bœuf ou de certains animaux sauvages. Durant leur séchage, les lamelles subissent des modifications physico-chimiques et microbiologiques qui participent à l'élaboration des qualités organoleptiques et sanitaires des produits. Ce travail avait pour but d'étudier et de comparer l'évolution de certaines propriétés physico-chimiques (masse, activité de l'eau, teneur en sel, pH et teneurs en acide D- et L-lactique) et microbiologiques (bactéries lactiques et flore mésophile aérobie totale) d'une viande bovine préparée selon une recette de type Biltong au cours du séchage dans une enceinte climatique artisanale. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques des échantillons, après trois jours de séchage, confirment l'obtention de produits carnés stables et conformes d'un point de vue microbiologique. Les caractéristiques organoleptiques des produits révèlent que les produits préparés au laboratoire se distinguent légèrement du Biltong commercial par une odeur plus appréciée, un goût salé plus prononcé et une acidité moindre.

Abstract: Processing of beef using a Biltong process

Biltong is a traditional salted and dried meat product from South Africa, usually made from beef or venison. During the drying process, the lamellas undergo physicochemical and microbiological changes, which contribute to the elaboration of the organoleptic and sanitary qualities of the products. The aim of this work was to study and compare the evolution of some physicochemical (mass, water activity, salt content, pH and D- and L-lactic acid content) and microbiological (lactic acid bacteria and total aerobic mesophilic bacteria) properties of beef prepared according to a Biltong type recipe, during drying in an artisanal climatic chamber. The results of the physicochemical and microbiological analyses of the samples, three days after drying, led to the manufacture of stable and food-grade meat products. The organoleptic characteristics of the products show that the products prepared in the laboratory differed slightly from the commercial Biltong in terms of a less pronounced odor, salty taste and acidity.

INTRODUCTION

Historiquement, le Biltong a été défini comme un produit carné transformé prêt à consommer originaire d’Afrique du Sud, même si des produits similaires peuvent être retrouvés dans d’autres pays d’Afrique comme le Nigeria, la Namibie ou Madagascar (Lewis *et al.*, 1957 ; Mattiello *et al.*, 2018 ; Ratsimba *et al.*, 2017). Traditionnellement, le Biltong est préparé à partir de filets de viandes crues d’herbivores de la famille des bovins et des antilopes coupés en bandes parallèlement à la fibre du muscle, salés puis séchés (Mattiello *et al.*, 2018). Ces dernières étapes lui confèrent une durée de conservation longue. Aujourd’hui, en Afrique du Sud, même si la production de Biltong à partir de viande sauvage est encore très appréciée (Radder et Bech-Larsen, 2008), ce produit de type « snack » est majoritairement obtenu à l’échelle industrielle par transformation de certaines parties maigres de la viande de bœuf (haut de cuisse, rumsteck, rond de gîte), trempées dans du vinaigre, aromatisées et séchées selon diverses recettes (Jones *et al.*, 2017). Il s’agit d’un produit particulièrement apprécié des consommateurs sud-africains en tant que produit de pique-nique et de snack car il peut être conservé à température ambiante et il est pauvre en lipides et riche en protéines (Witepski, 2006). Ce produit représente un marché économique important en Afrique du Sud estimé à 2,5 milliard de Rand, soit environ 175 millions d’euros (Cloete, 2015).

Le Biltong a gagné en popularité sur le marché international, notamment en Australie, en Nouvelle Zélande, au Canada et dans certains pays d’Europe où la part de marché du « snacking » est en pleine progression (The Nielsen Company, 2014). Cependant, la réglementation européenne concernant l’importation de viande en provenance de pays tiers (hors UE) est très stricte et limite fortement l’importation de produits carnés tels que le Biltong sud-africain en Europe. La raison est principalement d’ordre sanitaire et vétérinaire avec la crainte d’introduire des ravageurs et des maladies non indigènes. C’est pourquoi, certaines entreprises se sont attachées à produire du Biltong sur le territoire européen. Par exemple, en 2015, le « Jerky Group » - leader Européen dans le domaine des produits carnés basé au Royaume-Uni – a fusionné avec « Cruga », le

leader européen de production de Biltong à partir de viande de bœuf, pour fonder le « Meatsnack Group ». Cette même année, en France, l’entreprise les « Trois Frères Biltong » a ouvert ses portes à Marseille. Malgré l’intérêt grandissant pour ce type de produit, très peu d’études scientifiques ont été menées sur le Biltong. Elles sont pourtant nécessaires pour mieux comprendre le procédé de transformation et proposer des produits répondant à la fois aux critères sanitaires et réglementaires et adaptés aux critères sensoriels d’un panel plus large de consommateurs.

La sécurité sanitaire des aliments est une priorité de santé publique et les bonnes pratiques d’hygiène et de fabrication sont devenues des critères essentiels pour les producteurs afin de garantir la production de produits carnés sains et sans danger pour les consommateurs. Cela implique, entre autres, le contrôle des microorganismes pathogènes qui peuvent s’y développer. Du point de vue industriel, l’amélioration de la qualité sanitaire est un objectif majeur. L’un des premiers critères recherchés, au-delà du prix, est la date limite de consommation du produit. Par ailleurs, les produits carnés comme le saucisson sec ou le salami, sont une source importante d’acides gras saturés pouvant favoriser la production de cholestérol et augmenter le risque de maladie coronarienne (Willett, 2012). Ces dernières années, un regain d’intérêt pour de nouveaux produits carnés, en particulier les produits de type « snack » a été observé auprès des consommateurs (Leroy et Degreef, 2015).

Une meilleure compréhension des processus de transformation du Biltong devrait favoriser le développement de nouveaux produits et renforcer la production, en particulier en Europe. L’objet de cette étude a été de mettre en place un procédé de transformation d’une viande bovine pour obtenir un produit comparable au Biltong et de suivre l’évolution des caractéristiques physico-chimiques (perte de masse, a_w , teneur en sel, pH, teneurs en acides D- et L-lactique) et microbiologiques (bactéries lactiques et flore mésophile aérobie totale) des produits au cours de la transformation. Enfin une analyse sensorielle comparative avec un produit commercial de Biltong a été réalisée afin de comparer l’acceptabilité du Biltong produit au laboratoire à celui du Biltong Sud-Africain.

I. MATERIELS ET METHODES

I.1. Origine de la viande

Du rond de gîte de bœuf frais d’origine réunionnaise a été fourni par une boucherie artisanale (Charcuterie

SOUBADOU & Fils, Saint-Pierre, La Réunion, France) le jour de la préparation des échantillons.

I.2. Protocole de préparation des lamelles de viande

La production de Biltong au laboratoire a été réalisée comme suit : des lamelles de rond de gîte de bœuf (2*1*10cm, 90 g) sont découpées et recouvertes de gros sel (1 h, 15°C) puis plongées dans du vinaigre de cidre (pH = 3,17) pendant quelques secondes afin d’en enlever l’excédent. Elles sont ensuite entièrement recouvertes d’un mélange d’épices pilées composé de 6/10^{ème} de coriandre en graine, 1/10^{ème} d’ail semoule, 1/10^{ème} de poivre noir en

graine, 1/10^{ème} de cumin en graine et 1/10^{ème} de baies roses entières. Les lamelles sont ensuite séchées pendant une durée variant de 0 à 6 jours (0 à 144 h) dans une enceinte hermétique en bois (39,5 x 39,5 x 99 cm) filtrant l’entrée des insectes et permettant le séchage de 20 lamelles de viandes simultanément. La ventilation à l’intérieur de l’enceinte s’est effectuée de façon naturelle et la température a été régulée à 30 ± 2°C.

I.3. Détermination des paramètres chimiques et physico-chimiques des lamelles de viande au cours du séchage

Durant le séchage, la perte de masse, l'activité de l'eau, le pH, la teneur en sel et les teneurs en acide D- et L-lactique ont été mesurés toutes les 24 heures. Les analyses ont été réalisées en triplicat à partir de trois échantillons biologiques indépendants.

La perte de masse a été suivie par mesure gravimétrique par comparaison des masses des lamelles de viande directement avant et après séchage. Pour l'activité de l'eau et le pH, les mesures ont été réalisées sans préparation préalable à 25°C respectivement à l'aide d'un a_w -mètre (Aqualab, 4TE Dewpoint Water Activity meter) et d'un pH-mètre (Hanna Instrument, HI 2210) doté d'une électrode de pH spécifique pour pénétration dans la viande (Schott Blue Line 21ph).

Pour déterminer les teneurs en sels, un échantillon de 0,15 g de viande a été placé dans 50 ml de solution d'acide nitrique à 0,3N (Sigma-Aldrich, 30702) puis mis sous agitation horizontale pendant 2h à température ambiante.

I.4. Détermination des critères microbiologiques des lamelles de viande

I.4.1. Préparation des échantillons

Des échantillons de 5 g de lamelle de viande ont été prélevés et dilués au dixième avec de l'eau peptonée (Merck, VM981128817) à l'aide d'un Delta Diluteur (IUL Instrument) dans un sac à Stomacher stérile. Le contenu du

I.4.2. Suivi de la flore mésophile aérobie totale et des bactéries lactiques

Toutes les 24 h, les dénombrements de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) et des bactéries lactiques (FL) ont été réalisées.

Pour le dénombrement de la FMAT, la norme NF EN ISO 4833-1 a été appliquée. Ainsi, 1 ml de chaque dilution a étéensemencé en masse dans des boîtes de milieu PCA (Plate Count Agar - Liofilchem, 610040) puis incubé

I.4.3. Caractérisations microscopique et biochimique des bactéries lactiques

Les colonies de bactéries lactiques poussées sur MRS présentaient les mêmes caractéristiques macroscopiques. L'analyse microscopique des cellules, la coloration de Gram et le test de la catalase ont été réalisées sur 3 colonies isolées

I.4.4. Caractérisation microbiologique des lamelles de viandes ayant séchées 72h

Le dénombrement des levures et moisissures a été réalisé selon la norme NF 05-509 : 1 ml de chaque dilution a étéensemencé en masse dans du milieu glucosé à l'extrait de levure et au chloramphénicol (YGC – Merck ; VM462400538), puis mis à incuber pendant 5 jours à 25°C avant dénombrement des colonies formées.

Le dénombrement des *Staphylococcus* spp. a été fait en se basant sur la norme NF V08-057-1. Ainsi, pour chaque dilution, 0,1 ml de solution a étéensemencé en surface de milieu BP (Baird Parker – Liofilchem, 610004) puis incubé à 37°C pendant 48 à 72h avant dénombrement des colonies formées. Seules les boîtes contenant entre 10 et 100 colonies ont été retenues pour le dénombrement. Cependant, aucune colonie noire caractéristique de *S. aureus* sur milieu Baird Parker a été observée sur l'ensemble des boîtes. Pour confirmer l'absence de cette espèce, deux colonies par boîte ont été choisies aléatoirement puis introduites dans un flacon de bouillon cœur-cerveille (Bio-Rad, 64014) et incubées à 37°C pendant 24h. 0,1 ml de chaque culture a ensuite été ajouté à 0,3 ml de plasma de lapin (Biolife, 429937) et incubée à 37°C pendant 4 à 6 heures. Au bout de ce temps,

Après une heure de décantation, la concentration en ions chlorure dans la solution a été mesurée à l'aide d'un chloruromètre ayant une précision de $\pm 3\text{mg/L}$ (Sherwood Scientific, MK II Chloride Analyser 926), puis la teneur en sel dans la viande a été calculée.

Pour déterminer les teneurs en acide L- et D-lactique, 25 g de viande ont été introduits dans 60 ml d'eau distillée puis 5 ml de hexacyanoferrate (II) de potassium trihydraté (AnalaR Normapur, 26816.232) et 5 ml de sulfate de zinc heptahydraté (AnalaR Normapur, 29253.236) ont été ajoutés afin de déprotéiner la viande. Le pH de la solution a ensuite été ajusté entre 7,5 et 8,5 avant d'y rajouter la quantité suffisante d'eau distillée pour avoir 100 ml de solution. La solution a ensuite été filtrée sur papier Whatmann avant dosage enzymatique à l'aide du kit enzymatique Enzytec, L+D-Lactic acid (Id-No. 1 002 889), selon le mode opératoire proposé par le fabricant.

sac a ensuite été homogénéisé à l'aide d'un Stomacher (Seward, Stomacher 80 LAB System) pendant une minute. Des dilutions sériées ont ensuite été réalisées.

pendant 72h à 30°C avant dénombrement des colonies formées.

Pour la FL, la norme NF V04503 a été utilisée. 0,1 ml de chaque dilution a alors étéensemencé en surface d'une boîte de Pétri contenant du milieu MRS (Man Rogosa Sharpe – Merck, VM040261902) puis incubé pendant 72h à 25°C avant dénombrement des colonies formées.

au hasard sur chaque boîte de MRS. Pour le test de la catalase, chaque colonie a été mise en suspension dans une goutte d'eau oxygénée déposée sur une lame en verre, puis l'apparition ou non de bulles a été observée.

la coagulation du plasma a été observée. Lorsque le test était négatif, les tubes ont été remis à incuber pendant 24h à 37°C et réexaminés. Lorsque le test était négatif, le nombre de *S. aureus* dans l'échantillon a été alors considéré comme inférieur au seuil de détection.

Aussi, une recherche de *Salmonella* spp. a été pratiquée selon la norme NF EN ISO 6579. Une solution mère a été préparée selon le protocole présenté en partie II.4.1. mais à partir de 25g. La solution a ensuite été incubée à 37°C pendant 18h. 0,1 ml de la solution mère a été introduit dans 10 ml de bouillon RVS (Rappaport Vassiliadis Soja – Humeau, 747.080340.54) puis incubé à 41°C pendant 24h. Parallèlement, 1ml de la solution mère a été introduit dans 10 ml de bouillon MKTTn (Müller Kauffmann Tetrathionate et Novobiocine – Biolife, 4017452) puis incubé à 37°C pendant 24h. 0,1 ml de chaque sous-solution a ensuite étéensemencé en surface de milieu XLD (Xylose Lysine Désoxycholate – Acumedia, 7166A) puis incubé pendant 24h à 37°C. Après quoi, l'absence de Salmonelle a été vérifiée par observation de l'absence de colonies noires sur la gélose.

I.5. Analyse sensorielle du Biltong du laboratoire

Les « Biltong du laboratoire » obtenus après trois jours de séchage (72h) ont été soumis à une analyse sensorielle à l'aide d'un questionnaire hédonique par un jury de 54 dégustateurs non entraînés constitués de 18 femmes et 36 hommes âgés de 16 à 71 ans (moyenne d'âge = 36 ans). A titre de comparaison, le Biltong sud-africain (Nyami Sticks,

I.6. Analyses statistiques

Toutes les analyses (chimiques, physico-chimiques et microbiologiques) de cette étude ont été réalisées en triplicats et toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Microsoft Excel XLSTAT 2015. Les significativités des résultats des mesures chimiques,

Biltong on the go!™) a également été testé dans les mêmes conditions expérimentales. Pour les deux produits, cinq critères ont été notés sur une échelle de 0 à 10 (0 = appréciation très négative et 10 = appréciation très positive) par les dégustateurs à savoir le goût salé, l'acidité, la dureté en bouche, l'aspect visuel et l'odeur des échantillons.

physico-chimiques et microbiologiques ont été déterminées par Test de Student au niveau de confiance de 95%. Pour l'analyse sensorielle, les notes des dégustateurs pour chaque paramètre ont été soumises à un test de Kruskal-Wallis (Kruskal and Wallis, 1952).

II. RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Analyses chimique, physicochimique et microbiologique des produits au cours du séchage

Durant le procédé, les lamelles de viande brunissent fortement, ce qui conduit à l'obtention d'un produit brun dès 72 h de séchage à 30°C (Fig. 1). Ce brunissement est le

résultat direct du séchage qui, par diminution de la teneur en eau, entraîne une concentration des métabolites responsables de la couleur au sein des échantillons.

Figure 1 : Lamelles de viande bovine en cours de séchage après (a) 0h et (b) 72h d'incubation



Au cours du séchage, une diminution significative de la masse des lamelles ($46,67 \pm 0,90\%$ dès 72h de séchage) a été observée ($p < 0,05$). Cette perte correspond à une réduction de la teneur en eau libre dans le produit et est cohérente avec l'évolution de la teneur en sel au cours du temps (Tableau 1). En effet, tout comme la perte de masse, la teneur en sel augmente rapidement et significativement ($p < 0,05$) pendant les 72 premières heures de séchage puis tend à se stabiliser ($p > 0,05$). Cette évolution de la teneur en sel est due à la diminution de la quantité d'eau dans le

produit. La perte de masse s'accompagne également d'une diminution significative de 20% de l' a_w (activité de l'eau) des lamelles pendant les 72 premières heures de séchage ($p < 0,05$). La diminution de l' a_w continue tout au long du séchage pour finalement atteindre la valeur de 0,54 après 144 h. La perte en masse est également rapide au cours des premières 72 h de séchage, et se stabilise à $54,75 \pm 0,87\%$ au bout de 120 h de séchage. Ce procédé entraîne donc l'obtention d'un produit très sec sur cette période de temps.

Tableau 1 : Suivi cinétique des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des lamelles de viande au cours du séchage ^(a)

Tps de séchage (h)	0	24	48	72	96	120	144
Perte de masse (%)	0,00 ± 0,00	31,22 ± 3,22	42,14 ± 7,95	46,67 ± 0,90	50,98 ± 0,89	54,75 ± 0,87	55,87 ± 0,90
Teneur en sel (g/100g)	0,93 ± 0,19	1,36 ± 0,17	2,03 ± 0,46	2,15 ± 0,27	2,21 ± 0,52	2,24 ± 0,41	2,25 ± 0,45
a_w	0,85 ± 0,01	0,74 ± 0,03	0,68 ± 0,02	0,68 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,54 ± 0,01
pH	4,94 ± 0,02	5,24 ± 0,08	5,51 ± 0,4	5,49 ± 0,06	4,48 ± 0,13	3,69 ± 0,73	3,47 ± 0,54
Ac. L-lactique (g/100g)	0,16 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,23 ± 0,03	0,26 ± 0,12	0,31 ± 0,07	0,32 ± 0,04
FL ^(b) (log UFC/g)	2,53 ± 0,13	2,82 ± 0,57	3,04 ± 0,20	4,01 ± 0,14	3,61 ± 0,09	2,70 ± 1,24	1,38 ± 0,03
FMAT ^(c) (log UFC/g)	3,80 ± 0,02	3,74 ± 0,11	3,79 ± 0,02	3,45 ± 0,03	3,50 ± 0,23	3,36 ± 0,33	3,13 ± 0,02

^(a) Les moyennes et écart-types présentés dans le tableau ont été calculés sur la base de 3 analyses indépendantes ; ^(b) Bactéries lactiques ;

^(c) Flore mésophile aérobie totale

Le pH des lamelles de viande, initialement à 4,94, augmente légèrement mais significativement ($p < 0,05$) durant les premières 72 h (Tableau 1). Ceci est en accord avec l'existence du pouvoir tampon de la viande, qui pour la viande de bœuf permet de réguler le pH à des valeurs comprises entre 5,5 et 6,5 (Puolanne and Kivikari, 2000). Après 72 h, le pH diminue rapidement jusqu'à atteindre $3,47 \pm 0,54$ au bout de 144 h. Cette diminution peut s'expliquer par l'accumulation d'acide L-lactique dans les lamelles de viande qui entraîne petit à petit une perte du pouvoir tampon. En effet, dès le début du séchage, de l'acide L-lactique est présent à hauteur de $0,16 \pm 0,01$ g/100g et cette teneur augmente significativement pendant les 24 premières heures de séchage ($p < 0,05$) puis se stabilise ($p > 0,05$ jusqu'à 144 h) contrairement à celle de l'acide D-lactique qui reste nulle pendant toute la durée du séchage (données non présentées). La présence initiale d'acide L-lactique est probablement due à la dégradation du glycogène des muscles de la viande dans les heures suivant l'abattage. De plus, l'augmentation de sa concentration au cours du séchage est vraisemblablement une conséquence de la perte en eau.

L'acide lactique possède, non seulement la capacité d'induire un abaissement de pH à des niveaux inférieurs à ceux pour lesquelles les bactéries peuvent se développer, mais peut également provoquer une destruction des membranes externes chez de nombreux microorganismes (Alakomi *et al.*, 2000). Cet acide permet donc d'inhiber un grand nombre de bactéries responsables de la détérioration des aliments, y compris les espèces Gram-négatives appartenant aux familles *Enterobacteriaceae* et *Pseudomonadaceae* (Doores, 1993). On peut ici s'interroger sur le rôle des bactéries lactiques, flore majoritaire du Biltong qui représente 70 à 99% de la flore totale du produit commercial (Petit *et al.*, 2014 ; Wolter *et al.*, 2000), dans ce processus de production d'acide L-lactique et d'acidification des lamelles de viande pendant le séchage. En effet, dans

notre expérimentation nous observons que la concentration en flore lactique totale augmente significativement durant les 72 premières heures ($p < 0,05$), en passant de $3,5 \pm 0,1 \cdot 10^2$ UFC/g à $1,1 \pm 0,3 \cdot 10^4$ UFC/g (Tableau 1). L'évolution du nombre de bactéries lactiques, qui augmentent de $3,5 \cdot 10^2$ CFU/g à $1,1 \cdot 10^4$ CFU/g entre 0 et 72h, ne peut pas s'expliquer par le seul effet de la perte en masse. On peut donc conclure que le procédé de séchage à une température de 30°C s'accompagne d'une augmentation de bactéries lactiques pendant les premières heures de séchage. La caractérisation des colonies de bactéries lactiques a montré qu'il s'agissait de coques à Gram positif et catalase négative, ce qui semble indiquer la présence de lactocoques dans les échantillons. Ceci est en accord avec les résultats de Petit *et al.* (2014) qui ont observés que, lorsque les bactéries lactiques du Biltong étaient majoritairement des lactocoques, la concentration en acide D-lactique était basse (0,05g/100g), alors que cette concentration augmentait très significativement (0,45 - 0,92 g/100g) lorsque les lactobacilles prédominaient dans les échantillons.

Notre étude montre que la faible variation de la flore mésophile aérobie totale pendant le séchage (la FMAT diminue légèrement de 3.8 à 3.1 log UFC/g pendant les 144 h de séchage – voir Tableau 1) concorde avec la diminution de l' a_w , la perte en masse des échantillons et l'augmentation de la teneur en sel qui empêche le développement de nombreux microorganismes, mais sélectionne la croissance de bactéries halotolérantes. Dans le même temps, nous constatons une augmentation des bactéries lactiques durant les 72 premières heures de séchage, suivie d'une diminution dans les 72 h suivantes. Néanmoins cette augmentation des bactéries lactiques pendant la première phase du séchage n'est, semble-t-il, pas suffisante pour engendrer une augmentation de la concentration en acide lactique dans le produit. A ce stade du travail, il n'est pas possible d'émettre une hypothèse quant à l'existence d'une fermentation lactique au cours de ce processus de séchage.

II.2. Comparaison du Biltong du laboratoire au Biltong commercial

L' a_w du Biltong varie généralement entre 0,65 et 0,85 (Petit *et al.*, 2014; Wolter *et al.*, 2000). Néanmoins, il existe deux types de Biltong : le Biltong humide et le Biltong sec (Petit *et al.*, 2014). Le Biltong humide se caractérise par une humidité élevée (entre 35,1g/100g et 42,8g/100 g) et une a_w relativement élevée (entre 0,85 et 0,89), alors que le Biltong sec se distingue par une faible humidité (entre 21,5g/100g et 25,3g/100g) et une faible a_w (entre 0,65 et 0,68). De plus, le Biltong humide présente une faible stabilité microbiologique puisque sa FMAT est comprise entre 6,2 et 9,7 log UFC/g. A l'inverse, le Biltong sec semble plus stable du point de vue microbiologique avec des valeurs de FMAT comprises entre 6 et 7 log UFC/g. Le Biltong sec présente ainsi une plus

longue durée de vie et serait un modèle de produit carné particulièrement intéressant sur le plan de la qualité sanitaire (Petit *et al.*, 2014). C'est pourquoi, dans la présente étude, le temps de séchage des produits considérés comme « finis » a été fixé au temps pour lequel l' a_w , le pH moyen et le niveau de bactéries lactiques des lamelles sont les plus proches de celles observées sur le Biltong sec, c'est-à-dire après 72 h de séchage. Les lamelles de viandes ayant séchées pendant 72 h seront donc appelées « Biltong du laboratoire » dans la suite de cette étude. Un comparatif des propriétés chimiques, physico-chimiques et microbiologiques du Biltong du laboratoire et du Biltong sec est présenté dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Caractérisations chimique, physico-chimiques et microbiologiques du Biltong du laboratoire et du Biltong commercial

	Biltong du laboratoire ^(a)	Biltong commercial « sec » ^(b)
Perte en masse (%)	41,24 ± 1,85 ^(c)	-
pH	5,44 ± 0,04	5,35
Aw	0,66 ± 0,02	0,65 – 0,68
Teneur en sel (g/100g)	2,45 ± 0,21	6,8
Teneur en Ac. D-lactique (g/100g)	0,05 ± 0,01	0,12 – 0,82
Teneur en Ac. L-Lactique (g/100g)	0,22 ± 0,03	1,21 – 1,30
Flore mésophile aérobie totale (UFC/g)	2,80 ± 0,20.10 ³	1,6.10 ⁶ – 6,3.10 ⁶
Flore lactique totale (UFC/g)	1,10 ± 0,13.10 ⁴	5,0.10 ⁵ – 5,0.10 ⁷
Staphylocoques sp. (UFC/g)	4,75 ± 1,40.10 ²	-
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 10 ²	< 10 ^{2(d)}
Levures et Moisissures (UFC/g)	4,00 ± 3,40.10 ³	1,3.10 ³ – 3,1.10 ⁶
Salmonelles (/25g)	Absence	Absence ^(d)

^(a) Lamelles de viande ayant séchées pendant 72 h ; ^(b) Tiré de Petit *et al.* (2014) ; ^(c) Les moyennes et écart-types présentés dans le tableau ont été mesurées à partir de 3 analyses indépendantes pour les analyses de Staphylocoques sp., de Levure et Moisissures et de Salmonelles) et de 6 analyses indépendantes pour les autres données ; ^(d) Analysé au laboratoire

Par rapport au Biltong sec commercial, la teneur en sel du Biltong du laboratoire est réduite. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer cette différence, mais l'hypothèse la plus probable est que le procédé de salage utilisé dans notre étude diffère de celui utilisé dans la fabrication des différents Biltong commerciaux étudiés par Petit *et al.* (2014). L'imprégnation en sel du Biltong commercial étant plus importante que celle du Biltong du laboratoire, il est probable que les échantillons commerciaux aient subi une durée de salage plus longue que celle utilisée dans cette étude (1h), qu'un malaxage ou un barattage ait été réalisé pendant le salage ou que ce dernier ait été élaboré en utilisant d'autres techniques, comme l'immersion par exemple. Il est à noter que les valeurs finales des teneurs en sel obtenues dans cette étude se rapprochent de celles généralement obtenues pour les Biltong commerciaux dit « humides » ou à « humidité intermédiaire ». En effet, les teneurs en sels de ces produits sont majoritairement comprises entre 2g/100g et 4 g/100g de viande (Engez *et al.*, 2012 ; Petit *et al.*, 2014 ; Wolter *et al.*, 2000). Ainsi, le procédé utilisé dans notre étude permet, à a_w et pH proches, de diminuer fortement (jusqu'à deux fois) les teneurs en sels dans le Biltong du laboratoire par rapport au Biltong commercial sec (Petit *et al.*, 2014). Ce résultat est intéressant car la réduction de la teneur en sel est au cœur des problématiques des produits transformés. Par exemple, la teneur moyenne en chlorure de sodium dans le jambon de

Parme est passée graduellement de 6,1% à 5,7% entre 1996 et 2007 (Simoncini, 2011).

A la réduction de la teneur en sel dans les produits, s'ajoute une diminution des teneurs en acide D- et L – lactique qui sont respectivement 2,4 et 5,5 fois moins importantes dans le Biltong du laboratoire que dans le Biltong commercial. Par ailleurs, la population de bactéries lactiques du Biltong de laboratoire se situe entre 1 et 3 log CFU, c'est-à-dire presque 70 fois plus faible que celle observée dans le Biltong commercial. Ces données suggèrent que les conditions utilisées dans le procédé commercial seraient plus favorables à l'induction d'une fermentation lactique contrairement aux conditions utilisées dans notre procédé artisanal. Cependant, dans le milieu industriel, la décontamination des produits carnés par immersion dans de l'acide lactique est une pratique courante, et il n'est pas possible d'exclure que le Biltong commercial ait été préalablement traité par de l'acide lactique avant le séchage.

Malgré une plus faible teneur en acide lactique, la FMAT, et dans une moindre mesure les levures et moisissures, sont moins abondantes dans le Biltong du laboratoire que dans le Biltong commercial (Tableau 2). Ces différences sont probablement liées aux diverses manipulations des produits commerciaux par les opérateurs et de la méthode de stockage utilisée (température, durée...). Par exemple, les levures et moisissures se développent

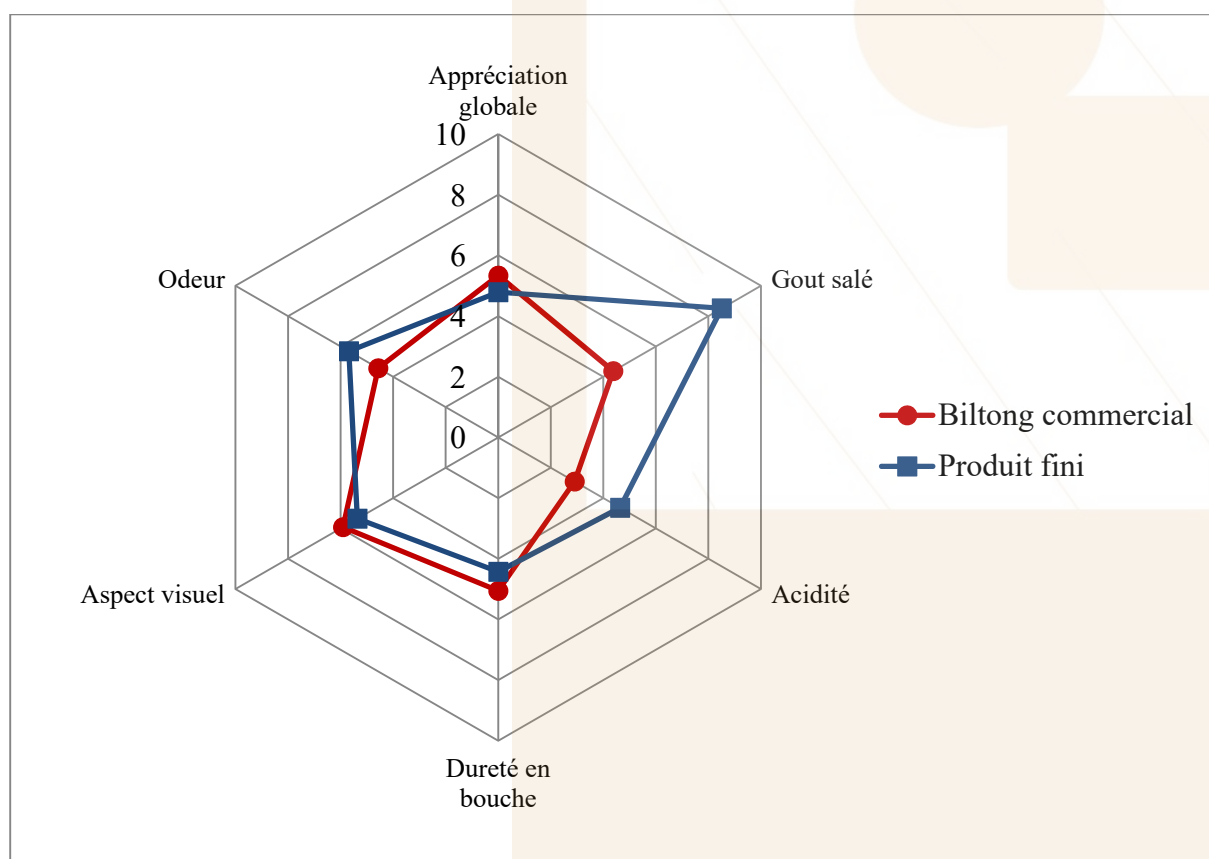
rarement sur les produits carnés à humidité intermédiaire durant leur production car leur croissance est généralement inhibée par les bactéries à croissance rapide. Alors que les bactéries se développent dans des milieux présentant des a_w comprises entre 0,75 et 1, les levures et moisissures peuvent se développer lentement dans des matrices avec des a_w plus faibles (Wolter *et al.*, 2000). Le développement des levures et moisissures a donc lieu lors de la période de stockage du produit. Ce développement constitue un problème récurrent lors de la production de Biltong et induit des pertes économiques importantes pour l'industrie du Biltong (Jones *et al.*, 2017; Van der Riet, 1982). Les résultats exposés dans cette étude montrent donc que le Biltong du laboratoire a une qualité microbiologique acceptable juste en sortie de production, mais ne permettent pas de déterminer si cette qualité est équivalente à celle du Biltong commercial.

II.3. Caractérisation sensorielle du Biltong du laboratoire et d'un Biltong commercial

Afin d'évaluer la manière dont le Biltong du laboratoire et le Biltong commercial Sud-Africain (Nyami sticks, Biltong on the go !TM) sont perçus par les consommateurs, une analyse hédonique a été réalisée sur ces deux produits. Les profils sensoriels résultants de cette analyse sont

présentés en Figure 2. Il en résulte que, d'un point de vue organoleptique, le Biltong du laboratoire se distingue positivement du Biltong commercial par son goût salé, son acidité et son odeur.

Figure 2 : Résultats^(a) d'analyse sensorielle du Biltong du laboratoire (produit fini)^(b) et du Biltong commercial^(c)



^(a) Moyenne et écart-type des notes obtenus à partir des résultats de 54 dégustateurs indépendants ; ^(b) Lamelles de viande ayant séchées 72h ; ^(c) Nyami Sticks, Biltong on the go !TM

En effet, le Biltong du laboratoire est décrit par les dégustateurs comme « très salé », alors que le Biltong commercial est considéré comme étant « peu salé ». Ces résultats sont assez surprenants puisque, comme cela a été précisé précédemment, les teneurs en sel relevées sur le Biltong du laboratoire sont moins importantes que celles obtenues pour le Biltong commercial (Tableau 1). De plus, Van der Riet (1982) a montré que, même si la teneur en sel du Biltong pouvait atteindre 4g/100g, une teneur de

2,5g/100g donne un goût acceptable pour des produits présentant des humidités très variables. Cependant, il n'est pas rare que la synergie et la complexité des éléments composants les matrices alimentaires modifient le goût des produits indépendamment de la teneur en sel. Il est donc possible que le Biltong du laboratoire comporte un exhausteur du goût salé. Ce dernier peut notamment provenir des épices utilisées dans cette étude. La sensation du goût salé est généralement appréciée du grand public,

mais de fortes teneurs en sel dans les produits alimentaires sont à proscrire puisqu'elles augmentent les risques de maladies cardiovasculaires et d'accident vasculaire cérébral (WHO, 2012). L'obtention d'un goût salé plus intense pour des teneurs en sels plus faibles est donc un critère très positif pour le Biltong du laboratoire. Le procédé étudié permet donc d'améliorer une des caractéristiques organoleptiques des viandes transformées les plus recherchées, tout en les rendant plus saines à la consommation. Le Biltong du laboratoire est également décrit comme plus acide que le Biltong commercial. Ceci peut, à première vue, sembler surprenant au vu des teneurs en acide lactique et du pH de ces deux produits (Tableau 2). Cette particularité pourrait provenir de la synergie des différents saveurs du Biltong qui a pu accentuer les goûts acides et salés de ce dernier. Enfin, en ce qui concerne l'odeur, le Biltong du laboratoire a été nettement plus apprécié par le panel de dégustateur que le Biltong commercial.

La dureté est, avec la jutosité, les deux composantes majeures de la texture de la viande. La dureté dépend essentiellement de deux caractéristiques structurales protéiques : le collagène qui est associé à la dureté de base (c'est-à-dire celle qui n'est pas modifiée *post-mortem*) et les protéines myofibrillaires (dont la fragilisation par les calpaïnes et les cathepsines – enzymes protéolytiques endogènes qui agissent sur les protéines contractiles –) entraîne un attendrissement de la viande pendant la maturation qui succède à l'état de rigidité cadavérique *post-mortem* de cette dernière (Ouali, 1991). La dureté mécanique de la viande est donc en théorie liée uniquement à sa structure protéique. Cependant, la perception de cette dureté peut être influencée par la jutosité. Or, cette dernière résulte de deux composants organoleptiques, à savoir l'effet stimulant de la graisse sur la salivation et, durant les premières mastications, l'impression d'humidité liée à la

CONCLUSION

Le procédé de transformation utilisé dans ce travail présente trois caractéristiques principales. En effet, il implique une diminution de l' a_w des lamelles de viande, une augmentation de leur teneur en sel et une stabilisation microbiologique des lamelles en empêchant la prolifération de la FMAT au cours du séchage. En utilisant ce procédé, un temps de séchage de trois jours est suffisant pour obtenir un Biltong de laboratoire présentant des caractéristiques proches du Biltong commercial défini comme « sec » par Petit *et al.* (2014).

Références :

- Alakomi H.-L., Skyttä E., Saarela M., Mattila-Sandholm T., Latva-Kala K., Helander I.M. (2000). Lactic acid permeabilizes gram-negative bacteria by disrupting the outer membrane. *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 2001–2005.
- Cloete C. (2015). Biltong of great value to South African economy. [WWW Document]. North-West Univ. URL <http://news.nwu.ac.za/biltong-great-value-south-african-economy> (accessed 4.14.17).
- Doores S. (1993). Organic acids, in: Davidson, P.M. (Ed.), *Antimicrobials in Food*, Food Science and Technology. Taylor & Francis, pp. 95–136.
- Engiz S., Baskan P., Ergonul B. (2012). Chemical, Textural and Sensorial Attributes of Biltong Produced through Different Manufacturing Processes. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32, 263–267.
- Jones M., Arnaud E., Gouws P., Hoffman, L.C. (2017). Processing of South African biltong - A review 47, 743–757.
- Kruskal W.H., Wallis W.A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583–621.
- Leroy F., Degreef F. (2015). Convenient meat and meat products. *Societal and technological issues. Appetite*. 94, 40-6.

libération de fluides (et notamment de l'eau) par la viande. Le Biltong commercial et le Biltong du laboratoire sont tous deux préparés à partir de rond de gîte de bœuf, une partie maigre et tendre de la carcasse. La variation de la sensation de dureté en bouche de ces deux types de produit devrait donc majoritairement être due aux variations d'eau dans le produit. Il n'est donc pas surprenant que les duretés en bouche du Biltong du laboratoire et du Biltong commercial ne soient pas significativement différentes puisque les a_w de ces échantillons sont proches (Tableau 2). Bien que les deux produits présentent des caractéristiques visuelles (formes, couleur, brillance) qui leurs sont propres, d'un point de vue statistique, les dégustateurs n'ont pas émis de préférence pour l'un des deux produits. Les aspects peuvent cependant être considérés globalement comme « moyens » étant donné que leur note est proche de 5/10. Une amélioration potentielle du produit pourrait être sa forme (ronde, carrée, etc.) mais, dans ce cas, cela pourrait affecter les transferts de matière au cours du séchage (non étudiés dans cette étude).

Du point de vue de l'appréciation globale, les deux types de Biltong sont perçus comme sensiblement identiques puisqu'ils sont tous deux considérés comme « bons » (note de 5 à 6). Cependant, les remarques émises par le panel de dégustateurs mettent en exergue que le Biltong du laboratoire est un peu trop salé à leur goût. Par suite, afin d'améliorer le Biltong du laboratoire et de tendre vers un aliment plus apprécié par les dégustateurs, une amélioration de la sensation du goût salé doit être envisagée. Par exemple, il serait intéressant de tester des compositions différentes en épices ou de modifier le procédé de salage en apportant une quantité de sel plus adaptée au produit. Nous pensons qu'il serait intéressant de procéder à un malaxage sous vide, déjà utilisé par les industriels du Biltong, afin de favoriser la pénétration du sel à l'intérieur des lamelles de viande.

D'un point de vue sensoriel, cette étude montre qu'il n'existe pas de différence significative de sensation de dureté en bouche et d'aspect visuel entre ces deux produits. Cependant, le Biltong du laboratoire a une odeur et un goût salé plus prononcés par comparaison au Biltong commercial. Le goût salé est d'ailleurs considéré comme étant trop prononcé par notre panel de dégustateurs. C'est pourquoi, pour pouvoir obtenir un produit de « type Biltong » mieux adapté au goût de nos dégustateurs, une optimisation des procédés de salage et une amélioration de la composition des épices sont à envisager.

Lewis H.E., Masterton J.P., Ward P.G. (1957). The food value of biltong (South African dried meat) and its use on expeditions. *British Journal of Nutrition*, 11, 5–13.

Mattiello S., Caroprese M., Crovetto G.M., Fortina R., Martini A., Martini M., Parisi G., Russo C., Severini C., Zecchini M., (ASPA Commission “Animal productions in development cooperation projects”) (2018). Typical edible non-dairy animal products in Africa from local animal resources. *Italian Journal of Animal Science*, 17, 202-217.

Naidoo K., Lindsay D. (2010). Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin-producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21, 1042–1050.

Ouali A. (1991). Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA Productions Animales*, 4, 195–208.

Petit T., Caro Y., Petit A.-S., Santchurn S.J., Collignan A. (2014). Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96, 1313–1317.

Puolanne E., Kivikari R. (2000). Determination of the buffering capacity of postrigor meat. *Meat Science*, 56, 7–13.

Radder L., Bech-Larsen T. (2008). Hunters’ Motivations and Values: A South African Perspective. *Human Dimensions of Wildlife*, 13, 252–262.

Ratsimba A., Leroy S., Chacornac J.P., Rakot, D., Arnaud E., Jeannoda V., Talon R. (2017). Staphylococcal ecosystem of kitoza, a traditional malagasy meat product. *International Journal of Food Microbiology*, 246, 20-24.

Simoncini N. (2011). Effet de la réduction de la teneur en sel sur la qualité et la sécurité sanitaire. *Viandes et Produits Carnés* 28, 8–14.

The Nielsen Company (2014). Snack attack - What consumers are reaching around the world? <http://www.nielsen.com/us/en/insights/reports/2014/snack-attack-what-consumers-are-reaching-for-around-the-world.html>

Van der Riet W.B. (1982). Biltong - a South African dried meat product. *Fleischwirtschaft*, 62, 972–973.

World Health Organization (2012). Effects of reduced sodium intaken cardiovascular disease, coronary heart disease and stroke. Geneva: WHO. (http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/79322/1/9789241504904_eng.pdf)

Willett W.C. (2012). Dietary fats and coronary heart disease. *Journal of Internal Medicine*, 272, 13-24.

Witepski, L. (2006). Biltong buddies. *J. Mark.* 2006, 14–15.

Wolter H., Laing E., Viljoen B.C. (2000). Isolation and identification of yeasts associated with intermediate moisture meats. *Food Technology and Biotechnology*, 38, 69–76.