

Contribution à l'analyse des facteurs influençant la qualité et la stabilité du fromage frais « Mashanza »

Birali Mwamini^{1,2}, Eric Sumbu Zola², Jean Walangululu¹

⁽¹⁾Université Catholique de Bukavu (UCB). Faculté des Sciences agronomiques. Département de Phytotechnie. BP (RDC). E-mail : birali.jennifer@gmail.com

⁽²⁾Université de Kinshasa (UNIKIN). Faculté des Sciences Agronomiques. Département de Chimie et Industries Agricoles. BP 117 Kinshasa XI (RDC).

Reçu le 12 février 2022, accepté le 21 mars 2022, publié en ligne le 30 avril 2022

RESUME

Description du sujet. Le fromage frais « Mashanza » est une denrée traditionnelle du peuple Shi, à l'Est de la RD Congo. Sa durée de vie est variable et aussi fortement limitée en l'absence des techniques de conservation.

Objectif. L'étude vise à analyser l'effet combiné du traitement thermique, des modes d'égouttage et de la réfrigération sur la stabilité de la qualité du « Mashanza ».

Méthodes. Un essai a été réalisé à la ferme de l'Université Catholique de Bukavu. Le lait pasteurisé et non pasteurisé ont été inoculés par le lactosérum selon le ratio 10 :5 et fermenté durant 24 heures. Trois modes d'égouttage ont été réalisés.

Résultats. Des différences statistiques au niveau des moyennes des paramètres ont été trouvées. Cependant, la teneur en eau et l'acidité lactique n'ont pas été influencées par les modes d'égouttage. Ainsi, l'étude fait ressortir les caractéristiques physico-chimiques ci-après ayant un potentiel de conservation élevé en réfrigération d'au moins 7 jours : teneur en humidité $70,96 \pm 6,23\%$; cendres $2,24 \pm 1,51\%$; pH $3,41 \pm 0,14$; acidité lactique $74,64 \pm 24,69$ D° et protéines de $9,65 \pm 2,22\%$. Quant à la présence des germes, les bactéries lactiques, dont *Lactobacillus* spp, sont présentes dans tous les « Mashanza ». Dans quelques échantillons, de faibles concentrations de la flore mésophile, de *Listeria* spp. et des levures et moisissures ont été détectées.

Conclusion. Les facteurs étudiés ont influencés les paramètres physico-chimiques du « Mashanza ». D'où, le traitement thermique, l'abaissement du pH résultant de la fermentation, la baisse de la teneur en eau lors de l'égouttage et le stockage au froid peuvent contribuer à améliorer la qualité nutritive, microbiologique et la durée de vie du « Mashanza ».

Mots-clés : Fromage frais « Mashanza », pasteurisation, égouttage, réfrigération, qualité

ABSTRACT

Contribution to the analysis of factors influencing the quality and stability of the fresh cheese « Mashanza »

Description of the subject. The fresh cheese « Mashanza » is a traditional commodity of the Shi people, east of the DR Congo. Its lifespan is variable and also strongly limited in the absence of conservation techniques.

Objective. The study aims to analyze the combined effect of the heat treatment, flowing modes and refrigeration on the stability of the quality of the « Mashanza ».

Methods. An essay was carried out at the farm of the Catholic University of Bukavu. Pasteurized and unpasteurized milk were inoculated by whey according to the ratio 10: 5 and fermented for 24 hours. Three drainage modes have been made.

Results. Statistical differences at the average parameters have been found. However, the water content and the lactic acidity were not influenced by the flowing modes. Thus the study highlights the physicochemical characteristics below having a high refrigeration conservation potential of at least 7 days: $8.96 \pm 6.23\%$ moisture content; ash $2.24 \pm 1.51\%$; pH 3.41 ± 0.14 ; Lactic acidity 74.64 ± 24.69 D° and protein of $9.65 \pm 2.22\%$. As for the presence of germs, lactic acid bacteria, including *Lactobacillus* spp, are present in all « Mashanza ». In some samples, low concentrations of the mesophilic flora, *Listeria* spp. and yeasts and molds were detected.

Conclusion. The factors studied influenced the physico-chemical parameters of the Mashanza. Hence the heat treatment, the lowering of the pH resulting from the fermentation, the decline in the water content during the

drainage and the cold storage can help to improve the nutritional quality, microbiological and the life of the « Mashanza ».

Keywords : Fresh cheese “Mashanza”, pasteurization, draining, refrigeration, quality.

1. INTRODUCTION

La popularité du fromage frais traditionnel dénommé « Mashanza » n'est plus à démontrer dans tous les territoires du Sud-Kivu et aussi dans les villes de Bukavu et de Goma. Un grand nombre d'éleveurs de la Province du Sud-Kivu transforme le lait en « Mashanza » comme alternative de conservation du lait lorsque les quantités sont importantes ou difficiles à conserver plus longtemps en l'absence de la chaîne du froid.

Généralement, le fromage possède une durée de conservation de 4 à 5 jours jusqu'à cinq ans selon le type (O'Connor, 1993). La durée de vie des fromages frais est de moins d'une semaine pour la plupart, comme c'est le cas du « Mashanza » (FAO, 1990). Selon Ramet (1985), les pâtes fraîches, égouttées et possédant des valeurs de pH variant de 4,3 à 4,5 et d'activité de l'eau de 0,980 à 0,995 à la fin de l'égouttage, ne peuvent assurer une stabilisation du produit. Budza (2012), Cirhuza (2012) et Birali *et al.* (2019a) ont mis en évidence la contamination du produit à différents niveaux de la chaîne de production pouvant accélérer le processus d'altération. Birali *et al.* (2019b) ont évalué la qualité du « Mashanza » des 12 fermes au Sud-Kivu, et ont trouvé des valeurs d'activité de l'eau dans la gamme de 0,73 à 0,95 et de pH allant de 3,45 à 3,93.

Pour réduire de l'eau libre dans le fromage, l'industrie recourt aux techniques permettant d'éliminer une partie importante de l'eau comme l'égouttage poussé (pressage), l'ultrafiltration et la centrifugation dans la technologie de certains fromages comme les pâtes molles, les pâtes pressées, les fromages lissés, etc. Ramet (1985) a montré que la stabilisation des fromages est obtenue par l'abaissement du pH et de l'activité de l'eau.

La maîtrise de l'acidification sous l'action des bactéries lactiques constitue l'une des étapes déterminantes de la maîtrise de la qualité des fromages (Jeantet *et al.*, 2008 ; Jamet, 2009). Il a été démontré aussi que l'assainissement microbiologique du lait a une incidence positive sur la durée de conservation de ce dernier, par conséquent, sur la qualité des fromages (Nout *et al.*, 2003). L'acidification rapide de la matière en fermentation et l'acidité du « Mashanza » inférieure à un pH égal à 4 préserveraient la qualité du produit au-delà de trois jours dans les conditions locales de conservation par les moyens traditionnels utilisés et au-delà de sept jours en

conservation réfrigérée. Étant donné le peu de soins observés lors de la traite, l'application d'un traitement thermique au lait permettrait d'améliorer la qualité microbiologique du « Mashanza » et sa durée de vie, mais également d'influer sur le processus d'égouttage et sur la composition en nutriments.

L'objectif de la présente étude est d'analyser l'effet combiné du traitement thermique, de la fermentation, des modes d'égouttage et de la réfrigération sur la stabilité de la qualité physico-chimique et microbiologique du « Mashanza ». L'intérêt de cette étude est la maîtrise des facteurs clés de la qualité du « Mashanza » selon les procédés usuels.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée dans la ferme de l'Université Catholique de Bukavu, située à Kavumu (Territoire de Kabare), à 1701 m d'altitude, 02.28977° de Latitude Sud et 028.82176° de Longitude Est. La ferme dispose d'un cheptel de 46 têtes de vaches composé principalement de la race Frisonne. La production laitière journalière par vache allaitante est de 5 litres, et la production journalière de la ferme est en moyenne de 20 litres.

2.2. Matériel

Le lait et le lactosérum, respectivement de pH moyen de 6,4 et 3,5 fournis par la ferme de l'Université Catholique de Bukavu ont été utilisés pour la fabrication du « Mashanza » selon le ratio 10/5.

2.3. Méthodes

Fabrication du fromage et échantillonnage

Après la traite manuelle, le lait a été recueilli dans des seaux métalliques. Le lait et le lactosérum ont été filtrés à l'aide d'un tamis circulaire métallique de maille 0.8mm. Deux traitements ont été appliqués : une partie du lait avait été soumise à la pasteurisation suivant un barème de 72 °C pendant 15 secondes dans une casserole en utilisant un brasero et l'autre n'a subi aucun traitement thermique. Après tempérage du lait chauffé à 38 °C, le lait a été versé dans des seaux en plastique contenant le lactosérum selon le ratio 10 : 5 (lait/ferment) puis recouverts.

La durée de fermentation était fixée à 24 heures. Après la fermentation, trois modes d'égouttage ont

été réalisés : (i) l'égouttage traditionnel à la tige : réalisé à l'aide de deux tiges de bambou mises côte à côte sur lesquelles le « Mashanza » est déposé ; la durée moyenne de l'égouttage étant de 2 minutes ; (ii) l'égouttage suivi du compactage du produit dans une serviette blanche propre : le coagulum recueilli était pressé jusqu'à ce qu'on n'observe plus l'écoulement du ferment à travers les mailles de la serviette ; (iii) l'égouttage dans une faisselle dans laquelle le lait caillé est égoutté ; le temps après lequel l'écoulement du lactosérum s'étant arrêté était de 10 minutes. Après l'égouttage, les six lots de fromages égouttés ont été subdivisés en deux parties, ensuite conditionnés dans des emballages en plastique et placés dans une glacière pour être acheminés au laboratoire pour analyse en deux temps : immédiatement à leur arrivée au laboratoire (temps 0) et après sept jours de conservation au réfrigérateur à 6 °C (temps 7).

Au total, 12 traitements sont réalisés compte tenu des facteurs suivants : le traitement thermique, l'égouttage et le conditionnement au froid. Lors de l'analyse physico-chimique, trois répétitions ont été réalisées.

Détermination des paramètres physico-chimiques

L'analyse physico-chimique a été effectuée aux Laboratoires de l'Office Congolais de Contrôle (OCC), des Sciences du sol à l'Université Catholique de Bukavu (UCB) et de l'International Institute for Tropical Agriculture (IITA). Les prélèvements ont été collectés dans des bouteilles en plastiques stériles pour le lactosérum et dans les sachets stériles pour le « Mashanza », puis acheminés immédiatement dans une glacière aux différents laboratoires et réfrigérés avant analyse. Les paramètres analysés sont les suivants :

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque « ATC ». Avant chaque mesure, l'électrode du pH-mètre a été nettoyée avec de l'eau distillée et séchée avec une serviette en papier. Ensuite, la mesure est faite par immersion du bout de l'électrode dans la solution à analyser, et la valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran.

La matière sèche a été obtenue après séchage d'un poids connu de l'échantillon à l'étuve à 103 °C pendant 24 heures. Le taux de matière sèche a été obtenu après pesée des échantillons frais et ceux séchés à l'étuve suivant la formule:

$$\%MS = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \times 100$$
 ; Où P1 est le poids de la capsule vide, P2 est le poids de la capsule et de l'échantillon avant étuvage, et P3 est le poids de la capsule et de l'échantillon après dessiccation.

L'acidité lactique a été déterminée par titrimétrie avec de l'hydroxyde de sodium. La

méthode consiste à ajouter, dans un erlenmeyer de 250 ml contenant 10 g d'échantillon de lait, 100 ml d'eau distillée. On agite avec une baguette de verre pour faciliter la dissolution du lait. On ajoute à cette solution de lait une goutte de solution de phénolphthaléine. Un titrage avec de l'hydroxyde de sodium jusqu'à coloration légèrement rose, se maintenant pendant 2 minutes a été effectué. La teneur en acidité lactique exprimée en pourcentage du poids, avec 2 décimales a été calculée comme suit :

$$\% \text{ acide lactique} = \frac{V \times N \times 0,09}{P} \times 100$$

Avec V le volume ajouté d'hydroxyde de sodium, N la normalité et P le poids du lait utilisé. L'acidité Dornic correspondant à 0,1 g/l (Goudédranche, *et al.*, 2001).

La teneur en protéines était déterminée grâce à la méthode Kjeldahl consistant en une minéralisation de l'échantillon suivie d'une distillation de l'azote. Le distillat a été recueilli dans 20 ml d'acide sulfurique 0,1 N, puis titré avec l'hydroxyde de sodium 0,1 N en présence de l'indicateur mixte qui vire du rouge violet au vert. La teneur en azote exprimée en % du poids avec 2 décimales :

% Azote

$$= \left(\frac{\text{Volume d'acide } 0.1N \text{ en ml} - \text{Volume de la soude } 0.1N}{\text{Prise de l'échantillon}} \right) \times 0.0014008 \times 100$$

La teneur en protéines brutes a été obtenue en multipliant la teneur en azote total par le facteur de conversion 6,25.

La teneur en cendres était obtenue par incinération de l'échantillon par voie sèche. Deux grammes de l'échantillon placés dans un creuset en porcelaine préalablement taré ont été calcinés dans un four à moufle à 550 °C jusqu'à l'obtention des cendres blanches. Ces dernières sont ensuite refroidies à l'air ambiant et puis pesées. La teneur en cendres a été déterminée par la formule suivante :

$$\% \text{ Cendre totale} = \left(\frac{Mc}{Mh} \right) \times 100$$

Avec: Mc: masse de la cendre et Mh : masse de l'échantillon humide.

Le taux de matière grasse a été déterminé suivant la méthode Soxhlet.

Détermination des paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques sont évalués en se référant au Manuel Suisse des denrées alimentaires et aux instructions de Laboratoire de l'Office Congolais de Contrôle. Les germes ci-après ont été recherchés et dénombrés : la Flore aérobie mésophile totale, des Coliformes totaux et fécaux (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*), les

germes anaérobies sulfite-réducteurs, les levures et moisissures (*Lactobacillus* spp et *Salmonella* spp).

Les milieux de culture, les températures et les durées d'incubation pour chaque type de microorganismes sont définis dans le tableau 1.

Tableau 1. Milieux de culture utilisés dans la recherche des microorganismes

Milieux de culture et température d'incubation	Organismes recherchés
Plate Count Agar (PCA) à 37 °C	Flore aérobie mésophile totale
Violet Red Bile Glucose Agar (VRB) à 37 °C	Coliformes totaux
Violet Red Bile Glucose Agar (VRB) à 44 °C	Coliformes fécaux
Eosine Bleue de Méthyle (EMB) à 37 °C	<i>Escherichia coli</i>
Manitol Salt Agar (MSA) à 37 °C	<i>Staphylococcus aureus</i>
SPS à 37 °C	Anaérobies sulfite- réducteurs
BHI à 22 °C	Levures et moisissures
LACTO à 37 °C	<i>Lactobacillus</i> spp
Sabouraud au Chloramphénicol (XLD) à 37 °C	<i>Salmonella</i> spp

Analyse statistique

Les données ont été analysées avec les logiciels Statistix 8.0 et GenStat Discovery édition 4.0. Ils ont permis pour l'analyse de la variance et le test de ppds au seuil de probabilité de 5 %.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Paramètres physico-chimiques

Le tableau 2 donne les moyennes des paramètres physico-chimiques du « Mashanza » fabriqué suivant les différentes lignes de production.

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques du « Mashanza » obtenu avec du lait pasteurisé ou non et soumis à différents modes d'égouttage et conservés à 6 °C durant 0 et 7 jours

Facteur/ Paramètres		% Teneur en eau	% Cendres	pH	Acidité lactique °D	% Protéines brutes	% Matière grasse
Traitement thermique	Pasteurisation	71,63a	2,49 a	3,46 a	57,83 b	11,13 a	2,37 b
	Non Pasteurisation	70,28a	1,97 b	3,36 b	91,45 a	8,17 b	3,59 a
	Probabilité	.50	<.01	<.001	<.001	<.001	<.001
	ppds	4,07	0,367	0,025	10,98	0,811	0,21
Modes égouttage	Tige	73,4a	1,79 b	3,42 ab	75,83a	9,70 b	2,81 b
	Par compactage	70,29a	2,47 a	3,43 a	82,28ab	10,89 a	2,99 ab
	Faisselle	69,19a	2,44 a	3,39 b	65,82a	8,37 c	3,15 a
	Probabilité	.22	<.01	.03	.056	<.001	<.05
	ppds	4,99	0,45	0,03	13,45	0,99	0,255
Durée de conservation à 6°C	0 jour	73,25 a	3,58 a	3,54 a	82,07 a	10,27 a	3,18 a
	7 jours	68,66 b	0,89 b	3,29 b	67,21 b	9,03 b	2,78 b
	Probabilité	.029	<.001	<.001	<.05	<.01	<.001
	ppds	4,07	0,367	0,025	10,98	0,811	0,21
Moyenne		70,96	2,23	3,41	74,64	9,65	2,98
Ecart-type		6,23	1,51	0,14	24,69	2,22	0,72

Dans une même colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes

Légende : Ppds : plus petite différence significative

Les résultats des paramètres physico-chimiques montrent les valeurs moyennes suivantes : teneur en humidité de $70,96 \pm 6,23$ %, cendres de $2,24 \pm 1,51$ %, pH de $3,41 \pm 0,14$, acidité lactique de $74,64 \pm 24,69$ D°, protéines de $9,65 \pm 2,22$ % et matière grasse $2,98 \pm 0,72$ %.

L'acidité se situe entre les limites de celles trouvées dans le « Mashanza » produit dans 12 fermes du Sud-Kivu dans une étude réalisée par Birali *et al.* (2019) ; tandis que les taux de protéines avec une moyenne de 9,65% sont 3,4 fois inférieurs par rapport aux valeurs trouvées dans les 12 fermes.

Effet de la pasteurisation

Des différences hautement significatives ont été trouvées entre les moyennes montrant des valeurs basses de **pH** pour le lait non pasteurisé (3,36 contre 3,46) traduisant une activité bactériologique élevée dans ce type de « Mashanza ». Les pâtes fraîches possèdent des valeurs de pH variant de 4,3 à 4,5 (Mahaut *et al.*, 2000 ; Ramet, 1985). D'autres auteurs ont trouvé des valeurs se situant entre 3,5 et 4,3 (Cirhuza, 2012 ; Mushayuma, 2012; Birali *et al.*, 2019).

L'acidité lactique est influencée par la pasteurisation ; les valeurs élevées ont été obtenues avec le lait non pasteurisé (91,45 contre 57,837 °D) comme pour le pH. En effet, l'acidité titrable diminue significativement suite à la pasteurisation du lait de chèvres, occasionnant ainsi une baisse de réduction de la charge microbienne sous l'effet de la température, entraînant l'abaissement de la production d'acide lactique par les bactéries lactiques.

En effet, les bactéries lactiques, font partie de la flore normale du lait et se caractérisent par l'aptitude à fermenter le lactose avec production d'acide lactique et donc, abaissement du pH. Ces bactéries tolèrent des pH acides et ont pour rôles essentiels d'acidifier le lait et le caillé, de participer à la formation du goût (protéolyse et production d'arômes) et de la texture des produits laitiers tels le fromage, le beurre, le yaourt et le lait fermenté (Guiraud, 1998).

La teneur en protéines varie selon que le lait est thermisé (11,13 %) ou non (8,17 %). Mahaut *et al.* (2000) ont mis en évidence le rôle du traitement thermique sur l'aptitude à la coagulation du lait provoquée par la formation à température élevée du complexe β -lactoglobuline-caséine k et l'efficacité de l'égouttage.

La teneur en cendres, quant à elle a été plus élevée dans le lait pasteurisé que non pasteurisé, suggérant une densité élevée des matières ou un rendement élevé dans le « Mashanza » issu des laits pasteurisés, comme l'indique par ailleurs la teneur élevée en protéines. Sboui *et al.* (2015), Sbiou *et al.* (2015) ont montré que la pasteurisation du lait permet une augmentation de la quantité de cendre quoique d'autres études aient rapporté l'absence d'effets significatifs de la pasteurisation.

La teneur en matière grasse montre des teneurs plus élevées dans le lait n'ayant pas subi de traitement thermique.

Les traitements thermiques peuvent dénaturer les nutriments et provoquer une perte de qualité du lait (Nout *et al.*, 2003). Dans une étude réalisée sur le lait camelin, Sbiou (2015) a trouvé que l'ébullition pouvait entraîner une diminution significative de la concentration en matière grasse en comparaison avec le lait à l'état frais suite à l'instabilité de certains acides gras à haute température, notamment la diminution de la concentration en acides linoléique et palmitoléique.

Le rendement fromager est fortement corrélé à la teneur en protéine ou caséine et en matière grasse du lait qui sont des caractères relativement héréditaires, mais pouvant être sous l'influence d'autres facteurs (Cuvillier, 2005).

Effet des modes d'égouttage

Le pH est influencé par les modes d'égouttage. Le fromage ayant subi un égouttage poussé pour éliminer le maximum de lactosérum possède en moyenne un pH faible par rapport à ceux ayant subi un égouttage à la tige et par compactage et dont les moyennes s'équivalent.

A un pH au moulage de 4,5-4,6 peuvent correspondre les valeurs d'acidité de 50-65 °D pour le fromage frais (Cuvillier, 2005). Des valeurs allant de 41,5 °D à 100,8 °D ont été trouvées dans différents «Mashanza» obtenus suivant des recettes variées. Des valeurs supérieures ont été trouvées par Rhiat *et al.* (2013) sur le fromage Jben. D'après FAO (1998), le coagulum lactique possède des valeurs comprises entre 65 à 100 °D. Ainsi, une acidité du sérum faible comprise entre 35 et 40 °D peut résulter d'une dégradation des protéines causée par des bactéries psychotropes ou des bactéries lactiques à forte activité protéasique (Cuvillier, 2005). Ainsi la phase de fermentation combinée à une ambiance thermique donnée dans l'atelier de fabrication et dans la cuve de fermentation, à l'activité des ferments lactiques et à leur charge entre autres, peuvent orienter la cinétique

d'acidification et la conversion du lactose en acide lactique. Il est aussi normal que l'abaissement du pH du «Mashanza» puisse être couplé avec l'élévation de l'acidité lactique.

Le taux des protéines varie selon les modes d'égouttage mis en œuvre. En effet, l'égouttage poussé réduit le taux de protéines dans la matrice fromagère ; un peu plus en faisselle (8,37 %) que sur tiges (9,69 %) et avec compactage (10,89 %). Ainsi, lors de l'égouttage, le lactosérum peut être chargé de petit lait justifiant la perte de protéines solubles. Les rendements fromagers varient principalement en fonction de la quantité d'eau retenue dans le fromage et de la teneur du lait en protéines et en matières grasses.

La teneur en cendres varie dans les fromages ayant fait l'objet d'une pression (2,47 %) et d'un prolongement lors de l'égouttage (2,44 %) contrairement au «Mashanza» ayant été égoutté à la tige (1,78 %). Lors de l'égouttage, la concentration de matière augmente. Si les minéraux sont fortement fixés à certains sites aux composants organiques, la probabilité d'être égoutté avec le lactosérum est faible. Par conséquent, la teneur en minéraux et partant en cendres augmenterait.

L'acidification conditionne la teneur en minéraux du fromage ; ceux-ci, initialement fixés et insolubilisés sur la micelle, sont éliminés progressivement sous forme de lactates solubles avec le lactosérum lors de l'égouttage (Ramet, 1985). Ainsi, le degré de cohésion du coagulum, l'aptitude à l'égouttage, l'extrait sec du fromage est déterminé par le niveau de minéralisation résiduelle des protéines (Ramet, 1985).

La teneur en matière grasse est influencée par les modes d'égouttage. La teneur est élevée dans le cas de l'égouttage poussé (3,15 %). Le fromage frais présente une grande diversité selon le degré d'égouttage et la teneur en matière grasse du lait mis en œuvre ; les caillés obtenus sont très humides (75-80 %) et peu minéralisés (Ramet, 1985 ; Mahaut, 2000).

Effet de la conservation au réfrigérateur

La teneur en humidité du produit est influencée par les conditions ambiantes entourant le produit : son humidité relative, sa température, sa pression ainsi que la durée d'exposition. Ainsi, le produit peut, soit perdre, soit gagner de l'humidité lorsque

l'humidité relative de l'ambiance est faible (perte) ou élevée (gain). Il a été constaté que les « Mashanza » ont perdu en moyenne 6 % d'eau en 7 jours de conservation sous réfrigération, c'est que l'enceinte du réfrigérateur accusait une humidité relative faible.

Le pH a diminué au cours de la conservation. Cette baisse est la résultante de l'activité des bactéries lactiques, bactéries naturelles du lait, produisant suffisamment d'acides lactiques avec comme conséquence d'abaisser le pH de la masse en fermentation à 3,4 de moyenne (Fox *et al.*, 2014 ; cités par Serhan, 2008).

L'acidité lactique a diminué de 14 % en 7 jours de conservation ; cette diminution montrant un ralentissement, mais non une extinction de l'activité des bactéries lactiques à la température de réfrigération, bien que leur développement soit ralenti.

La teneur en protéines a subi une chute de 10,3 à 9,03 %, soit une chute de 12 % au bout de 7 jours. Cette baisse peut résulter des réactions de dégradation des protéines, notamment par l'oxydation et l'hydrolyse enzymatique pendant la conservation, conduisant à une modification importante des paramètres physicochimiques et organoleptiques.

La teneur en cendres a diminué significativement passant de 3,58 à 0,89 %.

La matière grasse diminue au cours du temps. Cette baisse peut découler de l'action des enzymes ou des facteurs du milieu, tant abiotique que biotique.

Effet de l'interaction de différents facteurs de stabilité sur les paramètres physico-chimiques étudiés

L'interaction des facteurs étudiés a montré des différences très hautement significatives ($p=0,0000$) entre les paramètres révélant comment la différence des process et les conditions de stockage, notamment le froid positif, peuvent influencer la qualité du « Mashanza ».

Paramètres microbiologiques

Le tableau 3 montre l'évolution de la charge microbienne dans le « mashanza ».

Tableau 3. Evolution des microorganismes (en ufc/g) dans le « Mashanza » conservé au réfrigérateur à 6 °C après 0 et 7 jours

Microor- ganismes (ufc/g)	Durée	Egouttage à la tige		Egouttage par compactage		Egouttage en faisselle	
		LP	LNP	LP	LNP	LP	LNP
FAMT	0 jour	72	18	72	54	27	36
	7 jours	154	72	136	181	90	163
<i>E. coli</i>	0 jour	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
	7 jours	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
<i>Salmonella spp.</i>	0 jour	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
	7 jours	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
<i>Listeria spp.</i>	0 jour	36	Absence	36	Absence	Absence	18
	7 jours	90	54	145	Absence	127	90
Levures moisissures et	0 jour	Absence	Absence	Absence	Absence	9	18
	7 jours	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	72
Bactéries lactiques	0 jour	9	2	163	18	9	27
	7 jours	54	72	200	54	81	36

Légende : LP : Lait pasteurisé ; LNP : Lait non pasteurisé ; FAMT : Flore aérobie mésophile totale ; ufc/g : unité formant colonie par gramme

Les résultats révèlent la présence de la flore aérobie mésophile totale (FAMT). Elle doit être en deçà de 10^6 ufc/g selon les normes françaises publiées par le règlement 2073/2005/CE (Quittet et Nelis, 1999) quoique d'autres auteurs se basent sur des normes fixant le seuil à 104 ufc/g voire autour de 105 ufc/mL (Dieng, 2001).

Par ailleurs, on peut observer l'absence totale de germes d'*E. coli* et de *Salmonella spp.* dans les échantillons après la fabrication et 7 jours après conservation au réfrigérateur. Par contre, *Listeria spp.* est absent uniquement des traitements suivants : « Mashanza » issu du lait non pasteurisé et égoutté normalement, sans conservation et dans le « Mashanza » au lait non pasteurisé avec égouttage par pression à 0 et 7 jours de conservation au réfrigérateur. Les valeurs trouvées dans certains échantillons atteignent 145 ufc/g.

Pour le fromage frais au lait cru ou au lait thermisé, il est recommandé une absence dans 1 g pour les salmonelles, un seuil maximal de 10^3 /g pour *S. aureus*, et un seuil de 10^4 /g d'échantillon pour *E. coli* (Goudédranche *et al.*, 2001, AFSSA, 2008). Tandis que les normes européennes recommandent 100 ufc/g pour *E. coli* et pour *Listeria monocytogenes*, une absence dans 25 g d'échantillon (Aissou et Abbas, 2016). Les levures et moisissures, allant de 0 à 72 ufc/g de « Mashanza » ne sont présentes que dans le « Mashanza » issu du lait pasteurisé avec égouttage poussé, sans conservation et dans celui issu du lait

non pasteurisé avec égouttage poussé à 0 et 7 jours de conservation.

Les principaux genres identifiés comme flore d'altération dont certains peuvent aussi être pathogènes sont : *Pseudomonas*, *Proteus*, les coliformes soit principalement les genres : *Escherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus*, *Clostridium* et certaines levures et moisissures (Richard, 1990 ; cité par Conte, 2008). Les bactéries pathogènes pour l'homme peuvent être présentes dans le lait cru, ou dans les produits laitiers qui en dérivent. Elles sont capables de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits (Vignola, 2002). La flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la vie des produits (Richard, 1990 ; cité par Conte, 2008).

Enfin, les bactéries lactiques sont présentes dans tous les traitements étudiés, allant de 9 à 200 ufc/g de fromage et semblent évoluer au cours du temps. Les valeurs obtenues dans cette étude sont inférieures à celles trouvées par Aissou et Abbas (2016), de l'ordre de 10^5 à 10^6 ufc/g de fromage pour la flore lactique. Parmi les bactéries lactiques ayant une utilité technologique, Guiraud (1998) distingue principalement les lactocoques, les leuconostocs, les pédiocoques, les streptocoques thermophiles, les lactobacilles mésophiles et thermophiles et les entérocoques qui ont pour rôles essentiels d'acidifier le lait et le caillé, de participer à la formation du goût (protéolyse, production d'arômes) et de la texture des produits laitiers.

4. CONCLUSION

L'étude a permis de mettre en évidence les effets des facteurs tels la pasteurisation, l'égouttage et la réfrigération sur les paramètres évalués, en l'occurrence le pH, l'acidité lactique, la teneur en humidité, en cendres et en protéines. Ainsi, le traitement thermique combiné à l'abaissement du pH lors de la fermentation et au stockage au froid peuvent contribuer à améliorer la qualité microbiologique et la conservation du « Mashanza », ajouté à cela la réduction de l'eau libre résultant de l'égouttage poussé. Toutefois, un compromis devrait être trouvé, notamment pour les barèmes des traitements thermiques, la durée de la fermentation et sa mise en œuvre ainsi que les modes d'égouttage afin de minimiser les pertes en constituants nutritifs, d'assurer un bon déroulement du processus de fermentation et de synérèse, d'optimiser le rendement fromager et enfin de garantir la qualité sanitaire et organoleptique du produit. La qualité aussi bien du lait que du ferment doit faire l'objet d'un contrôle rigoureux surtout dans les unités utilisant du lait cru pour la fabrication des fromages fermiers.

Toutes ces précautions combinées à un choix judicieux du type d'emballage et des modes de conservation, pourrait allonger la durée de vie du « Mashanza ». Les futures études devraient envisager la prise en compte de divers modes d'égouttage afin d'optimiser la perte d'eau et de nutriments, d'évaluer l'effet des fermentations de longue durée sur la qualité et la stabilité du fromage et les modes de conservation assurant une longue durée de vie du produit.

Remerciements

Les auteurs remercient le VLIR pour son appui financier ainsi que Jean-Charles CIRHUZA et Bienvenu RUKIRANUKA pour leur appui technique.

Références

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), 2008. *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments concernant les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés*, <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2007sa0174.pdf> (1/03/2022), 21 p.

Aissou Z. & Abbas S., 2016. *Etude du procès de fabrication et de la qualité microbiologique de différents types de fromages industriels et fabrication d'un fromage frais artisanal*. Mémoire de master : Université A. MIRA – Bejaia, 95 p.

Birali M., Safari Baluku & Walangululu M.J., 2019a. Note de recherche : Fabrication du fromage frais «Mashanza :produit à Bwegera (Uvira), Kabare, Kalehe

et Walungu. *Revue des sciences agronomiques et d'ingénierie biologique appliquée du Kivu*, Harmattan, 151-163 p.

Birali M., Sumbu Z. E. , Walangululu M. J., Busime Munamire & Cirhuza M., 2019b. Analyse des pratiques d'hygiène et de fabrication et évaluation de la qualité du Mashanza dans 12 unités de production au Sud-Kivu. *J. Anim. Plant, Sci.*, 42(3), 7314-7329.

Bouraoui A., 2014. *Intérêt de fabrication de fromage analogue*. <http://www.memoireonline.com/04/14/8819/Intert-de-fabrication-de-fromage-analogue.html>, (2/1/2022).

Budza M., 2012. *Contribution à l'étude du procédé de fabrication et d'évaluation de la qualité du fromage blanc « Mashanza » produit et vendu à Bwegera*. Travail de fin de cycle : Université Evangélique en Afrique, Bukavu, 38 p.

Cirhuza J.-C., 2012. *Etude de diagnostic des procédés traditionnels de fabrication de «Mashanza» et leur impact sur la contamination microbienne et l'évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique des produits obtenus: cas de «Mashanza» fabriqué à Kalehe*. «Mémoire: Université Catholique de Bukavu (Bukavu) », inédit, 74 p.

Conte S., 2008. *Evolution des caractéristiques organoleptiques, physico chimiques et microbiologiques du lait caillé traditionnel*, «Mémoire: Université Cheik Anta Diop de Dakar, <https://beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/MEM08-5.dir/MEM08-5.pdf>, 10/02/2022), 45 p.

Cuvillier D., 2005. *Améliorer le rendement fromager*.http://cfbourgogne.free.fr/IMG/pdf/fiche_ameliorer_rendement.pdf , 1/03/2022).6p.

Dieng M., 2001. *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur les marchés dakarois*. Thèse, Université Cheikh Anta Diop, Sénégal, Médecine Vétérinaire, 210 p.

FAO, 1990. *The technology of traditional milk products in developing countries*. <http://www.fao.org/docrep/003/t0251e/T0251E00.htm#TOC>, 21/02/2022),223p.

FAO, 1998. *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine*. <http://www.fao.org/docrep/t4280f/T4280F0f.htm#Chapitre%206%20Fromages>, 11/02/2022), 73p.

Goudéranche H., Camier-B., Gassi J-Y & Schuck P., 2001. *Procédé de transformation fromagère (partie I). Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire*, F6305, 11 p.

Guiraud JP., 1998. *Microbiologie alimentaire*. Edition : Dunod. Paris, 390 p.

Jamet E., 2009. Les bactéries lactiques: une composante de l'écosystème microbien des fromages. In: *Drider, D.J & Prévost, H., (Eds.) Bactéries lactiques*. Economica, Paris, 319-343 p.

Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. & Brulé G., 2008. *Science des aliments. Biochimie – Microbiologie –*

Procédés – Produits. Technologie des produits alimentaires, Tome 2. Paris: Technique & Documentation, 456 p.

Mahaut M., Jeantet R. & Brulé G., 2000. *Initiation à la technologie fromagère*. Paris: Technique et Documentation, 194 p.

Mushayuma C., 2012. Effet de la pasteurisation sur les paramètres organoleptiques du «Mashanza». Rapport de recherche, Université Catholique de Bukavu (Bukavu) », 38 p.

Nout R., Hounhouigan J. D. & Boekel T.v., 2003. *Les aliments. Transformation, conservation et qualité*. Wageningen: Backuys Publishers, 263 p.

O'Connor C. B., 1993. *Traditional cheesemaking manual*. Addis Ababa: ILCA (International Livestock Centre for Africa), 50 p.

Quittet C & Nelis H., 1999. *HACCP pour PME et artisans. Secteur produits laitiers*. Les Presses agronomiques de Gembloux. Belgique, 494 p.

Ramet J.P., 1985. *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen*. Etude FAO. Production et santé animale (48), <http://www.fao.org/docrep/004/X6551F/X6551F00.HTM>, (12/12/2021), 187p.

Remeuf F., 1993. Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. *Rec. Méd. Vét.*, 170(6/7), 359-365.

Rhiat M., Labioui H., Driouich A., Mennane Z. & Ouhsine M., 2013. Preparation of the starter Trial production of cheese (Jben) and Klila at laboratory scale. *Food Science and Quality Management*, 13, 1-8.

Sboui A., Arroum S., Hayek N., Mekrazi H. & Khorchani T., 2015. Étude comparative de l'effet de la pasteurisation et de l'ébullition sur la composition physico chimique des laits camelins et bovins. *Journal of new sciences*, 5(18), 6 p.

Sboui A., Arroum S., Hayek N., Mekrazi H. & Khorchani T., 2016. Effet du traitement thermique sur la composition physicochimique du lait de chèvre. In : *Napoléone M. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Boutonnet J.P. (ed.), López-Francos A. (ed.), Gabiña D. (ed.). The value chains of Mediterranean sheep and goat products*. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems. Zaragoza : CIHEAM, 481-485 p. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, n° 115)

Serhan M., 2008. *Valorisation durable des laits de chèvre de la région du Nord Liban. Transformation en fromage Darfiyeh et établissement de caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques en vue de la création d'une appellation d'origine*. Thèse de doctorat: Institut National Polytechnique de Lorraine (Lorraine) , 199 p.

Vignola C., 2002. *Science et Technologie du Lait. Transformation du Lait*. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada, 600 p.