

Evaluation de la qualité nutritive des laits pasteurisés et des yaourts fabriqués au Burkina Faso

**César DIDNANG KOYE², Vinsoun MILLOGO^{1*}, Fidel MBAINDINGATOLOUM MOLELE²
et Georges Anicet OUEDRAOGO¹**

¹ Département de Production Animale, Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales (LARESBA), Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso 01 BP 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

² Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché (IUSTA), BP 130 Abéché, Tchad

* Correspondance, courriel : paravins@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer la valeur nutritive des laits crus, des laits pasteurisés et des yaourts fabriqués dans la zone péri-urbaine de Bobo-Dioulasso, au Burkina Faso de Juin à Aout 2012. Au total, 108 échantillons de lait cru, 216 échantillons de laits pasteurisés et de yaourts fabriqués au laboratoire et 216 échantillons de laits pasteurisés et de yaourts fabriqués par les laiteries ont été analysés. La valeur nutritive des laits crus et pasteurisés ont été déterminées par la méthode infrarouge (FMA, Miris AB, Sweden, 2001). Un calibrage de la machine a été faite pour l'analyse des laits pasteurisés. Pour les yaourts, les méthodes de Kjeldahl, de Gerber et de la dessiccation ont été utilisées pour déterminer la proportion des matières azotées, grasses, sèches, minérales et calculer la proportion de lactose du lait. L'analyse des variances a été appliquée sur les variables à l'aide du logiciel XL-Stat version 6.1.9. Les résultats indiquent une légère variation entre la composition des laits crus et celle des laits pasteurisés. Il en était de même pour les laits pasteurisés conservés pendant 05 et 10 jours à +4°C. Quant à la valeur nutritive des yaourts analysés le jour de la fabrication, les résultats ont montré une variation notable sur le taux de glucides (9,85-10,21 %) et de matières sèches (12,80-14,97%) expliqué par un ajout de matières sèches au niveau des laiteries. Pour les yaourts gardés à +4°C pendant 15 et 30 jours, on a noté une diminution non significative sur les paramètres du lait. La pasteurisation ne change pas significativement la qualité nutritionnelle du lait. Les yaourts fabriqués par les laiteries artisanales au Burkina Faso sont de bonne qualité nutritionnelle. Un yaourt fabriqué dans les conditions des laiteries locales et gardé immédiatement à +4°C au réfrigérateur peut séjourner pendant 30 jours sans se détériorer. Enfin, une étude complémentaire sur les paramètres microbiologiques dans les mêmes conditions est à envisager.

Mots-clés : *lait cru, lait pasteurisé, yaourts, Burkina Faso.*

Abstract

Assessment of nutritional quality of pasteurized milks and yoghurts made in Burkina Faso

The aim of the study was to assess the nutritional quality of raw milks, pasteurized milks and yoghurt made in the city of Bobo-Dioulasso, in Burkina Faso. The study was carried out from June to August 2012 on 108 raw milks samples, 216 pasteurized milks and yoghurts samples made in the laboratory and 216 pasteurized milks and yoghurts samples made by the dairy processing units. Milks samples were determined for fat, protein, lactose, sugar, dry matter and solids non-fat contents using mid-infra-red spectroscopy (FMA, Miris AB Sweden). The equipment was calibrated for determination of pasteurized milk content. Methods of Kjeldahl, Gerber and drying were used to determine percentage of protein, fat, dry matter and solids non-fat contents respectively. Lactose content was calculated. The data was subjected to ANOVA using XL-Stat software version 6.1.9. The results showed very little variation of milk components between raw milk and pasteurized milk. No significant variation was also got between 5 and 10 days when pasteurized milks were stored at +4°C. It was found high sugar content in yoghurt (9.85-10.21 %) and dry matter content was up to 14.97% which means dry matter was added to raw milk during the processing at the dairy unit level. When yoghurts were stored at +4°C, milk components contents decreased without any significant variation after 15 to 30 days. It was concluded that, pasteurization has no effect on milk nutritional value of milk. Furthermore, yoghurts made by local dairy processing units in Burkina Faso showed good nutritional value. Finally, yoghurt made in local conditions of Burkina Faso could be stored in the refrigerator at +4°C during 30 days without any significant damage of its nutritional value. Finally, an additional study on microbiological quality of dairy products in the same conditions ought to be carried out.

Keywords : *raw milk, pasteurized milk, yoghurt, Burkina Faso.*

1. Introduction

Au Burkina Faso, les unités de transformation ont très peu de capacités pour déterminer la composition des laits crus et aussi d'indiquer au consommateur la composition indicative des produits laitiers issus de la transformation. En effet, l'industrie laitière est toujours à un stade embryonnaire, car confrontée à la disponibilité permanente du lait cru. Il apparaît donc qu'il faut une adéquation entre la quantité de lait produite à la ferme et celle transformée au niveau de l'industrie. C'est dans ce paradoxe qu'il est important d'apprécier la qualité du lait fourni par les fermes et celle que transforment les unités de transformation laitière. Les études indiquent qu'il faut en amont une bonne gestion du cheptel, une bonne hygiène de traite des vaches et de collecte du lait cru [1]. A cela, il faut en aval une bonne procédure de transformation, de conservation et un bon circuit de distribution qui tiennent compte des besoins des consommateurs des produits laitiers [2]. Avec l'accroissement de la population globale et celle des centres urbains, les produits laitiers occupent une place de plus en plus importante dans la consommation alimentaire [3]. Au Burkina Faso, une étude a montré qu'en milieu urbain, les populations qui n'avaient pas d'habitudes de consommation des produits laitiers en consomment dorénavant [4]. Ainsi, à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, le lait frais pasteurisé a représenté 29% des dépenses de consommation contre 25% pour le yaourt et 18% pour le lait en poudre [5]. En revanche, des estimations faites à la même période à Bobo-Dioulasso, deuxième grand centre urbain, donnent 27% pour la consommation de yaourt contre 11% pour le lait frais pasteurisé [6]. On note simplement que la consommation du lait et des produits laitiers devient importante. C'est vrai que la plupart des yaourts consommés sont importés mais ceux fabriqués au Burkina Faso occupent une place assez capitale et permettent aux acteurs de vivre de cette activité.

Pour que les produits locaux soient compétitifs aux yeux des consommateurs, il faudrait que les unités de transformation soient à mesure de fournir des indications sur la qualité nutritive, physico-chimique et bactériologique des produits qu'elles fabriquent et commercialisent. C'est pour apporter notre contribution à cette question cruciale pour les laiteries qui sont en réalité des unités de transformation artisanales et semi-industrielles qu'une évaluation de la qualité nutritive des laits crus, des laits pasteurisés et des yaourts a été conduite dans la zone de Bobo-Dioulasso.

2. Matériel et méthodes

2-1. Choix des fermes, des collecteurs et des unités de transformation

L'étude a été conduite de Juin à Aout 2012 dans la zone de Bobo-Dioulasso à l'Ouest du Burkina Faso. Les prélèvements ont été effectués avec une semaine comme fréquence pendant 03 mois dans les fermes, chez les collecteurs et dans les unités de transformation. Les critères de typologie de [7,8] ont été retenus pour le choix des fermes et des collecteurs. Il s'agissait de la position péri-urbaine et de la capacité de la ferme à fournir régulièrement du lait cru à une unité de transformation. Pour les collecteurs, le moyen de transport du lait était le seul critère retenu. C'est ainsi que trois fermes et trois collecteurs ont été choisis pour l'étude. Quant aux unités de transformation, les critères de [9] ont été retenus. Ces critères distinguent les unités de transformation semi-modernes de celles artisanales. Notre étude a pris en compte les deux types d'unités de transformation que nous avons décidé d'appeler laiteries dans la présente étude. Ainsi, trois laiteries ont été retenues pour la présente étude.

2-2. Prélèvement des échantillons

2-2.1 Laits crus

Dans les fermes, un volume de trois (03) litres de lait cru était collecté dans un seau en plastique propre et sec à la fin de la traite du matin. Ce prélèvement de laits crus à la ferme se faisait dans le tank de collecte de l'éleveur. Ce lait était destiné à la pasteurisation au laboratoire pour ensuite être analysé pour la composition chimique. Mais, un volume de 30 mL de lait cru était prélevé dans les tubes pour l'analyse physico-chimique avant la pasteurisation. Au total, 36 échantillons de lait cru de 30 mL ont été prélevés dans les fermes pour être analysés immédiatement au laboratoire. Au niveau des collecteurs, un volume de trois (03) litres de lait cru était aussi prélevé à partir du récipient du collecteur. Mais avant cela, tous les collecteurs étaient identifiés et venaient livrer le volume demandé comme ils le font habituellement avec les unités de transformation. Dans ce volume, 30 mL de lait cru était prélevé dans un tube pour la détermination immédiate de la composition chimique. Au niveau des laiteries, un volume de trois (03) litres était collecté dans un seau en plastique propre et sec. Ce prélèvement de laits crus a été effectué dans le tank de la laiterie. Dans ce volume, 30 mL de lait cru était prélevé dans un tube pour la détermination de la composition chimique.

2-2-2. Laits pasteurisés et yaourts

2-2-2-1. Choix des laits pasteurisés et des yaourts

L'étude a été réalisée sur deux types de laits pasteurisés et deux types de yaourts. Ainsi, nous avons des laits pasteurisés et des yaourts fabriqués au laboratoire respectivement à partir des laits crus collectés à la ferme, chez les collecteurs et au niveau des laiteries. Le second type de laits pasteurisés et de yaourts provenait de la fabrication des laiteries.

2-2-2-2. Prélèvement des laits pasteurisés et des yaourts

2-2-2-2-1. Prélèvement des laits pasteurisés et des yaourts provenant de la fabrication des laiteries

Les échantillons de laits pasteurisés et de yaourts étaient issus des produits laitiers obtenus au lendemain du prélèvement des échantillons de lait cru. Les échantillons de lait pasteurisé correspondaient à un volume de l'emballage destiné à la vente soit 500 mL. L'emballage était en sachet. Au total, 108 sachets de 500 mL de laits pasteurisés ont été prélevés. Parmi ces échantillons, un premier échantillon était analysé immédiatement juste après le prélèvement du jour. Ensuite, un deuxième et un troisième échantillon de 500 mL étaient gardés au réfrigérateur à +4°C pour être analysés respectivement après 5 et 10 jours de conservation. Quant au yaourt, l'échantillon correspondait à un pot de 500 mL. Au total, 108 pots de yaourt ont été prélevés. Parmi ces échantillons, un premier pot de yaourt était analysé immédiatement juste après le prélèvement du jour. Ensuite, le deuxième et le troisième pot de yaourt étaient conservés au réfrigérateur à +4°C et étaient analysés respectivement après 15 et 30 jours de conservation.

2-2-2-2-2. Prélèvement des laits pasteurisés et des yaourts fabriqués au laboratoire

Au niveau du laboratoire, le prélèvement concernait les laits pasteurisés et les yaourts issus de la fabrication des laits crus de fermes, des laits crus de collecteurs et des laits crus de laiteries. Pour les laits pasteurisés issus des laits crus de fermes, 36 échantillons en sachet de 125 mL ont été prélevés. Parmi ces échantillons, un premier était analysé immédiatement juste après le prélèvement du jour. Ensuite, le deuxième et le troisième échantillon étaient conservés au réfrigérateur à +4°C pour être analysés respectivement après 5 et 10 jours de conservation. Pour les laits pasteurisés issus des laits crus des collecteurs, 36 échantillons de 125 mL ont été prélevés suivant la même procédure que le cas précédent. Il en était de même pour 36 échantillons de 125 mL de laits pasteurisés issus des laits crus de laiteries.

Pour les yaourts issus des laits crus de fermes, 36 échantillons en sachet de 125 mL ont été prélevés. Parmi ces échantillons, un premier était analysé immédiatement juste après le prélèvement du jour. Ensuite, le deuxième et le troisième échantillon étaient conservés au réfrigérateur à +4°C pour être analysés respectivement après 15 et 30 jours de conservation. Pour les yaourts issus des laits crus des collecteurs, 36 échantillons de 125 mL ont été prélevés suivant la même procédure que le cas précédent. Il en était de même pour 36 échantillons de 125 mL de yaourts issus des laits crus de laiteries. Il faut noter que la sortie des échantillons du réfrigérateur après 5 et 10 jours pour les laits pasteurisés et 15 et 30 jours pour les yaourts conservés à +4°C se faisait sans remise.

2-3. Conservation et transports des échantillons

Au moment des prélèvements, les échantillons étaient immédiatement remis dans une glacière contenant des glaçons avec une température moyenne variant entre +10 et 12°C. Cette opération était effectuée pour les échantillons de lait cru, de lait pasteurisé et de yaourt le jour du prélèvement. Les prélèvements se faisaient avec un intervalle d'une semaine au niveau de la ferme, des collecteurs et des laiteries. Les tubes de prélèvement étaient nettoyés après chaque utilisation avec du savon et de l'eau chaude et séchés au soleil. A la fin des prélèvements, les échantillons étaient transportés dans la glacière sur une moto jusqu'au laboratoire. Le temps de transport a été estimé à 30 minutes en moyenne des lieux de collecte des échantillons au laboratoire.

3. Procédé de fabrication des laits pasteurisés et des yaourts au laboratoire

Afin de comparer les laits pasteurisés et les yaourts obtenus au laboratoire avec ceux des unités de transformation, nous avons opté d'utiliser les procédés de fabrication artisanales.

3-1. Pasteurisation

Avant la pasteurisation, les sachets étaient étiquetés afin de conditionner le lait cru. Le conditionnement dans des sachets étiquetés concernait le premier aliquote de 1500 mL de lait cru. La pasteurisation a été faite avec deux marmites locales en aluminium. Dans la première marmite (10 litres de contenance), on a transvasé deux (02) litres de l'eau de robinet. Dans la seconde marmite (05 litres de contenance), on a transvasé 0,5 L d'eau de robinet et on y a plongé tous les sachets de laits crus à pasteuriser. La petite marmite a été introduite dans la grande marmite et le tout a été soumis à un traitement thermique de $+85^{\circ}\text{C}$ pendant 12 minutes. Avec un thermomètre de précision à sonde, ce traitement thermique a été suivi jusqu'à la température atteignant $+85^{\circ}\text{C}$ et le temps recommandé. A cette température, la source de chaleur a été coupée et cette température a été maintenue pendant trois (03) mn. Le lait cru contenu dans les sachets a été ainsi pasteurisé. Le refroidissement s'est effectué dans la bassine en aluminium (20 litres de contenance) contenant de l'eau et de glaçons.

3-2. Fabrication du yaourt

Pour la fabrication du yaourt, l'autre aliquote (1500 mL de lait cru) était d'abord pasteurisé. Il faut noter qu'à ce niveau, le lait cru a été pasteurisé sans avoir été conditionné. En ce qui concerne le refroidissement, la température du lait pasteurisé a été ramenée entre $42-45^{\circ}\text{C}$ avant d'êtreensemencé, sucré (150 g) et tamisé. Pour l'ensemencement, un volume de 30 mL de yaourt Danone soit deux cuillères à soupe utilisé comme ferment lactique avec 50% *Streptococcus thermophilus* et 50% *Lactobacillus bulgaricus* pour l'ensemencement entre 42 à 45°C . Après l'ensemencement, le mélange était parfaitement homogénéisé à l'aide d'un fouet. Dans une grande bassine en aluminium (20 litres de contenance), on avait versé de l'eau chauffée à une température de $48-50^{\circ}\text{C}$. Cette marmite a été utilisée comme un bain marie (cuve de fermentation). Dans ces conditions et à l'aide du thermomètre, la fermentation était suivie pendant trois (03) heures. Le yaourt obtenu était brassé et conditionné dans des sachets de 125 mL.

4. Analyse des échantillons au laboratoire

Toutes les analyses des laits crus, pasteurisés et yaourts se sont déroulées au Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales (LA.R.E.S.B.A) à l'Institut du Développement Rural (I.D.R). La détermination du taux de matières grasses (MG), de matières protéiques (MP), de lactose (L), de matière sèche (MS) et de matières minérales (MM) des échantillons de laits crus, laits pasteurisés ont été déterminés immédiatement au laboratoire et après conservation à $+4^{\circ}\text{C}$ à l'aide de la méthode infra rouge (Farm Milk Analyzer, Miris AB, Suède). Un calibrage de la machine a été faite pour l'analyse des laits pasteurisés. Pour les yaourts, les méthodes de Kjeldahl, de Gerber et de la dessiccation ont été utilisées pour déterminer la proportion de matières azotées, grasses, sèches, minérales et calculer la proportion de lactose du lait. Chaque aliquote des laits crus, pasteurisés et des yaourts était chauffé à une température de $+40^{\circ}\text{C}$ dans un bain marie (Julaba, Model SW23) avant l'analyse.

5. Analyses statistiques

L'analyse des variances (ANOVA) a été appliquée sur les facteurs et variables à l'aide du logiciel XL-Stat version 6.1.9. Les principales variables concernées étaient le taux de matières grasses (MG), de matière protéiques (MP), de lactose (L), de matière sèche (MS) et de matières minérales (MM) exprimés en pourcentage. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de New-keuls et les différences ont été considérées significatives au seuil de probabilité à $p < 0,05$.

6. Résultats

6-1. Composition chimique des laits crus

Les résultats de l'étude montrent un taux de matières grasses (MG) moyen de $4,56 \pm 0,25$ % dans les laits crus de fermes et $4,05 \pm 0,20$ % de MG pour les laits crus des collecteurs (**Tableau 1**). Ces valeurs obtenues dans les crus de fermes et de collecteurs sont similaires entre elles mais supérieures et différentes ($p < 0,05$) du taux de MG des laits crus des laiteries ($3,34 \pm 0,15$ %). Par ailleurs, les mêmes tendances ont été observées sur le taux de matières protéiques (MP). En effet, on note $3,81 \pm 0,13$ % et $3,70 \pm 0,05$ % de MP respectivement pour les laits crus de fermes et de collecteurs. Le taux de MP obtenu dans les laits crus de laiteries était de $3,28 \pm 0,09$ %, différent ($p > 0,05$) du taux MP obtenus dans les laits crus de fermes et de collecteurs. Quant au taux de lactose, il était de l'ordre de 5 % et aucune différence n'a été observée entre les laits crus de fermes, des collecteurs et des laiteries. Pour ce qui est du taux de MS, le **Tableau 1** montre que le taux de matières sèches (MS) obtenues dans les laits crus de collecteurs et de laiteries était supérieur ($p > 0,05$) à celui obtenu dans les laits crus de fermes. Les valeurs obtenues pour le taux de matières minérales (MM) présentent la même tendance que celles obtenues pour le taux de MS.

Tableau 1 : Composition chimique du lait cru et analysé immédiatement au laboratoire ($N = 24$)

Origine du lait cru	Moyenne, écart-type et seuil de signification				
	MG (%)	MP (%)	Lactose (%)	MS (%)	MM (%)
Lait cru de ferme	$4,56 \pm 0,25^b$	$3,81 \pm 0,13^b$	$5,12 \pm 0,06^a$	$12,48 \pm 0,44^b$	$9,16 \pm 0,22^b$
Lait cru de collecteur	$4,05 \pm 0,20^b$	$3,70 \pm 0,05^b$	$5,40 \pm 0,06^a$	$14,27 \pm 0,33^a$	$10,22 \pm 0,12^a$
Lait cru de laiterie	$3,34 \pm 0,15^a$	$3,28 \pm 0,09^a$	$5,49 \pm 0,14^a$	$15,10 \pm 0,47^a$	$10,48 \pm 0,26^a$

^a: non significative ($p > 0,05$) et ^b: significative ($p < 0,05$). La différence entre les lettres est significative dans la même colonne pour la même variable.

6-2. Composition chimique des laits pasteurisés analysés immédiatement au laboratoire

Les résultats montrent que les laits pasteurisés à partir des laits crus de fermes et de collecteurs présentaient des compositions chimiques similaires. En effet, la teneur en MG des laits pasteurisés à partir des laits crus de fermes était de $4,55 \pm 0,86$ % et le pourcentage de MP était de $3,65 \pm 0,26$ %. Ces résultats sont significativement différents du taux de MG et de MP des laits pasteurisés au laboratoire à partir des crus collectés à la laiterie. On note aussi, que le taux de MG et MP des laits pasteurisés au laboratoire était supérieur et différent ($p < 0,05$) des valeurs obtenues dans les laits pasteurisés par les laiteries.

Ainsi, le taux de MG et de MP était respectivement de $3,41 \pm 0,20$ % et $3,26 \pm 0,08$ % dans les laits pasteurisés par les laiteries (**Tableau 2**). Quant au taux de lactose, il est resté similaire aussi bien dans les laits pasteurisés au laboratoire que ceux issus des laiteries. On note aussi des similitudes entre la composition des laits pasteurisés au laboratoire à partir des laits crus des laiteries et les laits pasteurisés par les laiteries à partir des laits crus collectés au niveau des laiteries (**Tableau 2**).

Tableau 2 : *Composition chimique du lait pasteurisé et analysé immédiatement au laboratoire*

		Moyenne, écart-type et seuil de signification				
Lieu de pasteurisation	Origine du lait	MG (%)	MP (%)	Glucides (%)	MS (%)	MM (%)
	Fermes	$4,556 \pm 0,86^b$	$3,65 \pm 0,26^b$	$5,36 \pm 0,15^a$	$14,78 \pm 1,35^{bc}$	$10,23 \pm 0,48^b$
		$4,03 \pm 0,51^{ab}$	$3,68 \pm 0,09^b$	$5,47 \pm 0,05^a$	$14,22 \pm 0,72^{bc}$	$10,18 \pm 0,22^b$
Laboratoire	Collecteurs	$3,77 \pm 0,41^{ab}$	$3,30 \pm 0,20^a$	$4,96 \pm 0,30^a$	$12,98 \pm 0,82^{ab}$	$9,21 \pm 0,50^a$
	Laiteries	$3,41 \pm 0,20^a$	$3,26 \pm 0,08^a$	$4,90 \pm 0,14^a$	$12,41 \pm 0,36^a$	$9,00 \pm 0,22^a$

^a: non significative ($p > 0,05$), ^b: significative ($p < 0,05$), ^c: hautement significative ($p < 0,01$). La différence entre les lettres est significative dans la même colonne pour la même variable.

6-3. Composition chimique des laits pasteurisés après 5 et 10 jours de conservation à +4°C

Suivant l'origine du lait, les résultats indiquent des valeurs similaires entre les laits pasteurisés au laboratoire issus des laits crus de fermes et de collecteurs et conservés pendant 05 et 10 jours (**Tableau 3**). Quant aux laits pasteurisés par les laiteries, la composition du lait après 05 et 10 jours de conservation était la même pour toutes les variables analysés (MG, MP, lactose, MS et MM). Le taux de lactose était plus élevé dans les laits pasteurisés et gardés pendant 10 jours soit entre 5-7 % que celui des laits pasteurisés gardés 05 jours soit entre 4-5 %. Les valeurs obtenues pour le taux de MS et MM sont relativement plus élevées dans les laits pasteurisés (**Tableau 2 et 3**) que dans les laits crus (**Tableau 1**). Ainsi, pour les laits pasteurisés et conservés pendant 05 jours, le taux de MS oscillait entre 12 et 14 % pendant qu'il oscillait entre 14 et 16 % pour les laits conservés pendant 10 jours. Cependant, le lait pasteurisé au laboratoire à partir du lait cru de laiteries a donné un taux de MS de $12,37 \pm 1,96\%$ après 10 jours de conservation.

Tableau 3 : Comparaison de la composition des laits pasteurisés analysés après 5 et 10 jours de conservation à +4°C

Lieu de la pasteurisation	Origines du lait	Moyenne, écart-type et seuil de signification				
		MG (%)	MP (%)	Lactose (%)	MS (%)	MM (%)
Laboratoire	Fermes A 5j	4,55 ± 0,53 ^a	3,72 ± 0,22 ^{ab}	5,36 ± 0,17 ^{ab}	14,89 ± 0,87 ^{abc}	10,35 ± 0,41 ^{ab}
		4,05 ± 0,50 ^a	3,61 ± 0,09 ^{ab}	5,50 ± 0,06 ^{abc}	14,32 ± 0,98 ^{abc}	10,26 ± 0,50 ^{ab}
Laiteries	Laiteries A 5j	3,48 ± 0,61 ^a	3,30 ± 0,24 ^{ab}	5,15 ± 0,35 ^a	13,10 ± 1,23 ^{abc}	9,62 ± 0,62 ^a
		3,39 ± 0,78 ^a	3,32 ± 0,21 ^{ab}	5,21 ± 0,28 ^{ab}	12,67 ± 1,13 ^{ab}	9,28 ± 0,80 ^a
Laboratoire	Collecteurs A 10j	4,61 ± 1,15 ^a	4,05 ± 0,99 ^b	6,98 ± 2,33 ^{bc}	16,83 ± 4,12 ^c	12,15 ± 3,13 ^b
		4,29 ± 0,73 ^a	4,08 ± 0,76 ^b	7,11 ± 2,38 ^c	16,54 ± 3,29 ^{bc}	12,24 ± 2,74 ^b
Laiteries	Laiteries A 10j	3,69 ± 0,43 ^a	2,87 ± 0,76 ^a	4,84 ± 0,53 ^a	12,37 ± 1,96 ^a	8,67 ± 1,64 ^a
		4,86 ± 2,56 ^a	2,83 ± 0,47 ^b	5,37 ± 0,44 ^{abc}	14,36 ± 3,11 ^{abc}	9,53 ± 0,89 ^a

^a: non significative ($p > 0,05$), ^b: significative ($p < 0,05$), ^c: hautement significative ($p < 0,01$). J = jour.
La différence entre les lettres est significative dans la même colonne pour la même variable.
A : analyse ; 5 ou 10jrs : 05 ou 10 jours

6-4. Composition chimique du yaourt juste après la fabrication

Le pourcentage de MG était de $3,63 \pm 0,66$ % pour les yaourts fabriqués au laboratoire à partir du lait cru de fermes, et de $3,24 \pm 0,55$ % dans le yaourt fabriqué au laboratoire à partir du lait cru de collecteurs. On note une diminution dans les proportions de MG et de MP dans le yaourt (**Tableau 4**) et comparativement dans le lait cru (**Tableau 1**). Par contre, le taux de glucides du yaourt a quasiment doublé soit entre 9-10 % comparativement au taux de lactose du lait cru soit entre 4-5 %.

Tableau 4 : Composition chimique de yaourt analysé immédiatement au laboratoire

Lieu de fabrication de yaourt	Origine de lait yaourt	Moyenne, écart-type et seuil de signification				
		MG (%)	MP (%)	Lactose (%)	MS (%)	MM (%)
Laboratoire	Fermes	3,63 ± 3,66 ^a	2,54 ± 0,23 ^a	9,85 ± 0,15 ^a	14,97 ± 1,08 ^b	11,33 ± 0,45 ^a
	Collecteurs	3,24 ± 0,55 ^a	2,48 ± 0,33 ^a	9,80 ± 0,34 ^a	14,32 ± 0,97 ^{ab}	11,15 ± 0,46 ^a
	Laiteries	2,85 ± 0,51 ^a	2,04 ± 0,48 ^a	10,21 ± 0,30 ^a	13,04 ± 0,85 ^{ab}	10,19 ± 0,51 ^a
Laiteries	Laiteries	2,67 ± 1,02 ^a	1,88 ± 0,67 ^a	9,94 ± 0,51 ^a	12,80 ± 1,84 ^a	10,13 ± 1,26 ^a

^a: non significative ($p > 0,05$) et ^b: significative ($p < 0,05$). La différence entre les lettres est significative dans la même colonne pour le même facteur.

6-5. Composition chimique du yaourt après 15 et 30 jours de conservation à +4°C

Le yaourt fabriqué au laboratoire a permis d'avoir des valeurs assez faibles après 15 jours de conservation soit $3,01 \pm 1$ % de MG et $2,13 \pm 0,94$ % (Tableau 5). Les yaourts fabriqués par les laiteries ont donné des taux très bas pour les variables ci-après (MG, MP, glucides, MS et MM). Ainsi, on a noté une diminution non significative de la teneur en glucides, en MS et MM entre les yaourts de 15 et 30 jours yaourts issus des mêmes laits crus. Par contre, la teneur en MG et MP tend à augmenter mais pas significativement si l'on passe de 15 à 30 jours de conservation.

Tableau 5 : Comparaison de la composition chimique entre yaourts de 15 et 30 jours de conservation à +4°C

Lieu de fabrication de yaourt	Origine du lait cru	Moyenne, écart-type et seuil de signification				
		MG (%)	MP (%)	Lactose (%)	MS (%)	MM (%)
Laboratoire	Fermes A 15j	3,01 ± 1,00 ^b	2,13 ± 0,94 ^{ab}	9,41 ± 0,39 ^{ab}	14,42 ± 2,81 ^b	11,41 ± 2,80 ^{ab}
	Collecteurs A 15j	2,28 ± 1,30 ^a	1,89 ± 0,80 ^{ab}	9,48 ± 0,42 ^b	15,04 ± 3,27 ^b	12,76 ± 2,91 ^b
	Laiteries A 15j	2,13 ± 0,93 ^{ab}	2,73 ± 0,64 ^b	9,65 ± 0,54 ^b	11,15 ± 3,11 ^{ab}	9,01 ± 2,18 ^{ab}
Laiteries	Laiteries A 15j	2,51 ± 0,82 ^{ab}	1,92 ± 2,03 ^{ab}	9,56 ± 1,45 ^b	13,26 ± 2,99 ^b	10,74 ± 2,19 ^{ab}
Laboratoire	Fermes 30j	3,31 ± 1,20 ^b	2,44 ± 0,69 ^b	8,19 ± 1,17 ^{ab}	13,74 ± 3,79 ^b	10,64 ± 2,85 ^b
	Collecteurs A 30j	3,55 ± 0,67 ^b	2,01 ± 1,01 ^{ab}	8,47 ± 1,43 ^{ab}	13,20 ± 2,27 ^b	9,64 ± 2,16 ^{ab}
	Laiteries A 30j	2,31 ± 2,39 ^{ab}	1,02 ± 3,64 ^{ab}	7,27 ± 0,96 ^a	9,74 ± 8,25 ^{ab}	12,50 ± 5,89 ^b
Laiteries	Laiteries A 30j	0,77 ± 1,13 ^a	-0,60 ± 2,07 ^a	8,83 ± 3,26 ^{ab}	5,98 ± 4,26 ^a	5,20 ± 9,90 ^a

^a: non significative ($p > 0,05$) et ^b: significative ($p < 0,05$). La différence entre les lettres est significative dans la même colonne pour le même facteur. A : analyse ; 05 ou 10jrs : 05 ou 10 jours.

7. Discussion

Les résultats de la présente étude indiquent une légère variation entre la composition des laits crus et des laits pasteurisés. En effet, les valeurs légèrement différentes du taux de matière grasses (MG), de matières protéiques (MP), du lactose, des matières sèches (MS), et de matières minérales (MM) dans les laits crus par rapport aux laits pasteurisés sont dues à un effet de diminution d'eau au cours de la pasteurisation. Des observations similaires ont été faites par [10]. Ces auteurs ont montré que cette variation de la composition chimique entre les laits pasteurisés et les laits crus dont ils sont issus serait due l'évaporation d'une partie importante de l'eau du lait cru au cours du chauffage et rend ainsi le produit plus lourd. Par contre, d'autres auteurs estiment que lorsque le volume du lait diminue, la proportion des constituants augmentent et inversement [11,12]. En conclusion, on peut dire que la composition des laits pasteurisés dépend étroitement de celle des laits crus dont ils sont issus.

Ainsi, la pasteurisation ne change pas significativement la qualité nutritive du lait. L'objectif de la pasteurisation est de détruire les germes pathogènes et conserver la qualité du lait. Les résultats de la présente étude ont permis de montrer une variation significative de la composition du lait après 5 et 10 jours de conservation à +4°C. Cette variation s'explique par la diminution du taux des différents constituants du lait parce que même à +4°C, des germes comme les psychotropes continuent leur activité microbiologiques. C'est pour cela, [13] propose qu'un lait pasteurisé conditionné, a une durée de conservation maximale de 08 jours à une température comprise entre +4 et +6 °C. En plus se basant sur les recherches publiées, l'Arrêté n°2006-03/MRA/CAB du ministère des ressources animales, portant fixation des mesures réglementaires au Burkina Faso recommande une conservation du lait pasteurisé au frais à une température inférieure ou égale à +4°C pendant sept (07) jours pour préserver les qualités sanitaires et organoleptique du produit [14].

Par ailleurs, on a noté une condensation en matières sèches (MS) des laits pasteurisés à partir de 10 jours de conservation. A partir de 10 jours, il y a une diminution de la teneur en MG, MP, lactose et MM. Nonobstant ces observations, la dégradation du lait n'était pas prononcé et on peut conclure qu'un lait pasteurisé et conservé pendant 5 et 10 jours de conservation à +4°C peut être consommé sans risque lié à la santé du consommateur. L'étude a aussi pu montrer une amélioration de la valeur nutritive du lait au cours de la fabrication. On note une augmentation de la teneur en glucides qui est passé en moyenne de 4% dans le lait cru à 10% dans le yaourt. Dans le lait cru, il s'agit du lactose et dans le yaourt, cette molécule se dégrade et donne du galactose et du glucose. Dans un yaourt on retrouve plusieurs nouvelles molécules y compris le lactose. Ce qui entraîne une augmentation du taux de glucides dans le yaourt par rapport à celui du lait cru. Cependant, les yaourts issus des laits crus de fermes et de collecteurs sont qualifiés de yaourts entiers si on les compare aux résultats de [15].

Par contre, l'augmentation du taux de matières sèches dans le yaourt peut s'explique principalement par le fait de l'addition de lait en poudre pendant la fabrication des yaourts. Les présentent résultats se reprochent des ceux obtenus par [16]. Dans cette étude, la valeur nutritive des yaourts oscillait entre 4 à 18 % en taux de glucides, 3 à 4% de MP et environ 4% de MG. Des études conduites il y a environ 20 ans par la FAO [3] indiquaient des teneurs de matières sèches de 14 à 16% avec des valeurs extrêmes allant jusqu'à 20%. La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus dans la présente étude permet de conclure que les yaourts fabriqués par les laiteries artisanales au Burkina Faso sont de bonne qualité nutritionnelle. Les résultats ont montré qu'à partir de 30 jours de conservation, la teneur en MG, en MP ont légèrement augmenté pour les yaourts issus des laits crus de fermes, de collecteurs, des laits crus de laiteries transformés en yaourts au laboratoire. Par contre la teneur en lactose, en MS et en MM a diminué pour les yaourts issus des laits crus de fermes, de collecteurs, des laits crus de laiteries transformés en yaourts au laboratoire. Pour les yaourts des laiteries, après 15 jours, 50% étaient à une phase d'acidification avancée.

Cette acidification observée pour les yaourts de laiteries après 15 jours serait due d'une part à une hygiène insuffisante et d'autre part à un manque d'équilibre entre les germes utiles dans le ferment lactique. Cette observation a été précédemment faite il y a très longtemps par [17] où il indiquait une activité continue des streptococcus et lactobacillus dans le yaourt. Ce qui explique une diminution de la teneur en glucides après 15 jours de conservation. Dans le cas de la présente étude, les résultats nous ont permis de savoir que les yaourts fabriqués dépendent du ferment utilisé et des conditions de conservation. Les yaourts fabriqués au laboratoire et gardés à +4°C peuvent être conservés pendant 30 jours sans se dénaturer. Par contre, ceux fabriqués par les laiteries s'acidifiaient au terme du même temps de conservation. [18] avaient trouvé que le yaourt maintenait ses propriétés biologiques après 30 jours de conservation à +5°C. Selon une source antérieure, les yaourts ne se conservent que quelques jours (15 à 21 jours) et doivent être maintenus à une température comprise entre +4 et 6 °C depuis la production jusqu'à la vente au consommateur pour éviter un redémarrage de la fermentation [13]. En conclusion, les laiteries doivent utiliser des ferments de qualité et améliorer les conditions de conservation. En effet, pour maintenir les propriétés biologiques du yaourt, il faut une conservation permanente à +4°C juste après la fabrication jusqu'à la consommation.

8. Conclusion

Le présent travail permet de conclure que la composition des laits pasteurisés dépend étroitement de celle des laits crus dont ils sont issus. Ainsi, la pasteurisation ne change pas significativement la qualité nutritive du lait. La dégradation du lait pasteurisé n'était pas prononcée et on peut conclure qu'un lait pasteurisé et conservé pendant 5 et 10 jours de conservation à +4°C peut être consommé sans risque pour la santé du consommateur. La présente étude permet aussi de conclure que les yaourts fabriqués par les laiteries artisanales au Burkina Faso sont de bonne qualité nutritionnelle. Un yaourt fabriqué dans les conditions des laiteries locales et gardé immédiatement à +4°C au réfrigérateur peut séjourner pendant 30 jours sans se détériorer. Les laiteries doivent utiliser des ferments de qualité et améliorer les conditions de conservation. En effet, pour maintenir les propriétés biologiques du yaourt, il faut une conservation permanente à +4°C juste après la fabrication jusqu'à la consommation. Enfin, une étude complémentaire sur les paramètres microbiologiques dans les mêmes conditions est à envisager.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animale (LARESBA) pour avoir financé cette étude mais aussi à l'Institut Universitaire des Sciences et Techniques d'Abéché (IUSTA/Tchad) pour ses contributions multiformes. Nos remerciements s'adressent aussi aux propriétaires de fermes, aux collecteurs et aux transformatrices et transformateurs des produits laitiers pour avoir accepté participés à l'étude.

Références

- [1] - V. MILLOGO, "Milk Production of Hand-Milked Dairy Cattle in Burkina Faso". Doctoral Thesis No. 2010: 4, ISSN 1652-6880 ISBN, 978-91-576-7481-4, Uppsala, Sweden (2010).
- [2] - B. BONFOH, A. FANE, P. STEINMANN, M. HETZEL, A. N. TRAORE, M. TRAORE, C. F. SIMBE, I.A ALFAROUKH, J. NICOLET, J. A. AKAKPO, Z. FARAH, J. ZINNSTAG, "Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus au Mali et leurs implications en santé publique". Etud. Rech. sahé., Vol 8-9 (2003) 19-27.
- [3] - FAO, "Annuaire de la production et du commerce". www.fao.org (2003) (consulter le 09.08.2012).

- [4] - C. BROUTIN, M. FRANÇOIS, F. N'DIAYE, SOKONA, et G. MARPEAU, " *Analyse de la consommation des produits laitiers à Kolda*". Programme INCO MPE agroalimentaires. Synthèse des résultats. Dakar : GRET- Enda Graf, (2002) 21p.
- [5] - S. OUEDRAOGO., H. DOANIO. " *Déterminants de la consommation de lait frais pasteurisé local à Ouagadougou au Burkina Faso*". FILIERES LAITIÈRES ET MARCHES EN MUTATION. Revue Élev. Méd. vét. Pays trop. 60 (1-4) (2007) 59-65.
- [6] - E. PALE, " *Analyse de la consommation du lait et des produits laitiers : cas de la ville de Bobo-Dioulasso*". Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Institut du Développement Rural. Mémoire de fin d'étude. Diplôme d'ingénieur du développement rural. Option : sociologie et économie rurales. (2006). 55 pages.
- [7] - A. BARDOLLE. " *Approvisionnement de la ville de Bobo-Dioulasso en produits laitiers issus du bassin périurbain par les collecteurs informels et circuits de commercialisation. Bobo-Dioulasso*" : CIRDES-ISARA, (2002) 39 p.
- [8] - S. HAMADOU et T. KIENDREBEOGO. " *Production laitière à la périphérie de Bobo -Dioulasso (Burkina Faso) et amélioration des revenus des petits producteurs*". RASPA Vol. 2, N°3-4. (2004). 245-250 p.
- [9] - W. O. KABORE, " *Analyse des facteurs de compétitivité de la filière laitière locale : cas de Bobo-Dioulasso*". Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural. Institut de Développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. (2006) 64p.
- [10] - M. J. AULDIST, G. O'BRIEN, D. COLE, K. L. MACMILLIAN, & GRAINGER, C., Effect of varying lactation length on milk production capacity of cows in pasture-based dairying systems. *Journal of Dairy Science*, 90(7) (2007) 3234-3241.
- [11] - M. J. Auld, & I. B. Hubble, " *Effect of mastitis on raw milk and dairy products*". The Australian Journal of Dairy Technology 53, (1998) 28-36.
- [12] - L. FORSBÄCK, " *Bovine Udder Quarter Milk in Relation to Somatic Cell Count. Focus on Milk Composition and Processing Properties*". Doctoral Thesis No. 2010: 53, ISSN 1652-6880, ISBN 978-91-576-7466-1, (2010) Uppsala, Sweden.
- [13] - M'B. JEAN-CHRISTIAN OYA, ; CECILE BROUTIN . ; PHILIPPE DUDEZ, Le lait pasteurisé. Agridoc, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), (2001) 7pages.
- [14] - B. F. Ministère des ressources animales (MRA). " *L'Arrêté n°2006-03/MRA/CAB portant fixation des mesures réglementaires pour la traite, la collecte, la commercialisation et de produits laitiers*" (2004).
- [15] - K. BOUBCHIR-Lad, " *Effet de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqués à la laiterie de Soumman d'Akbou*". Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister, spécialité Science biologique, option : biochimie appliquée et biotechnologique de l'Université Mouloud Mamméri de TIZI OUZOU. (2010) 100 pages.
- [16] - T. DANIEL, " *Laits fermentés : des antiques vertus aux nouvelles propriétés*". Institut national agronomique Paris-Grignon (INA P-G), Le Quotidien du médecin. (2002). 2 pages.
- [17] - J. C. FAVIER, " *Composition du yaourt*". Cahiers de Nutrition et de Diététique des Aliments, ORSTOM Fonds Documentaire. (1991) 7pages.
- [18] - G. LUSIANI, B.P. SALVADORI, BIANCHI-Salvadori. " *Evaluations microbiologiques sur le yaourt en rapport avec les temps et les températures de conservation*". Mémoires originaux, Le Lait N° 531-532. (1974) P 52-59.