

Session 2

Qualité et technologie de transformation

Chapitre 6

Interactions entre les pratiques de traite et la qualité sanitaire du lait de chamelle en Mauritanie

I. Tourette¹¹, S. Messad¹², B. Faye¹³

RÉSUMÉ

L'étude vise à évaluer les relations entre les pratiques de traite et la qualité sanitaire du lait cru de chamelle. Elle a été menée de mai à août 2001, en Mauritanie, dans les régions du Trarza et du Brakna, à la frontière avec le Sénégal. L'amélioration de la qualité sanitaire du lait représente un enjeu commercial certain puisque les Mauritaniens sont de grands consommateurs de lait local et que la laiterie «Laitière de Mauritanie» souhaite produire du lait stérilisé à longue conservation.

Une enquête a été menée auprès d'un échantillon de fournisseurs de la Laitière de Mauritanie dont on a prélevé le lait des chameaux afin de le soumettre à une série d'analyses bactériologiques: dénombrement des flores aérobies mésophile et coliforme, réduction du bleu de méthylène et de la résazurine, titrage de l'acidité Dornic. Les producteurs dont les pratiques de traite sont les moins bonnes présentent les plus mauvais résultats en terme de qualité sanitaire du lait de traite. En général, le lait est peu contaminé juste après la traite. La moyenne des dénombrements est de $1,6 \times 10^6$ germes aérobies mésophiles/ml et de $3,5 \times 10^4$ germes coliformes/ml. Le lait acheminé du lieu de production au centre de collecte en plus de trois heures et demie voit sa qualité sanitaire se détériorer significativement. Le titrage de l'acidité Dornic est indépendant des résultats aux autres analyses effectuées.

Cette étude confirme l'intérêt de mettre en place une formation à l'hygiène de la traite destinée aux éleveurs afin d'obtenir un lait de bonne qualité sanitaire, organoleptique et nutritionnelle.

Interactions between milking practices and camel milk quality in Mauritania

ABSTRACT

The present study aims to assess the relationships between milking practices and the quality of crude camel milk. The study was undertaken from May to August 2001, in

¹¹ Association des producteurs de la laiterie Tiviski Sarl, BP 2069, Nouakchott, Mauritanie.

¹² Programme productions animales. CIRAD-EMVT TA 30/A, Campus international de Baillarguet. 34398. Montpellier, France.

¹³ Programme Productions Animales. CIRAD-EMVT TA 30/A. Campus International de Baillarguet. 34398 Montpellier, France.

the Trarza and Brakna region, close to the Senegal border, in Mauritania. Mauritaniens are big consumers of milk and improving milk quality is a commercial challenge. The dairy plant «Laitière de Mauritanie» is already considering to produce sterilized milk.

A sample of camel milk providers to the dairy plant were interviewed and samples of their milk collected for bacteriological analyses: aerobic, mesophilic and coliform flora counting; methylene blue reduction and resazurin test; and Dornic acidity titration. The producers with poor milking practices have a low quality milk. On average, milk had low levels of contamination after milking: a mean is $1,6 \times 10^6$ mesophilic germs/ml and $3,5 \times 10^4$ coliforms/ml. Milk that reaches the collecting center after more than three and a half hours after milking has decreased significantly in quality. The titration of Dornic acidity is non-dependent to the results of the other analysis.

This study confirms the need to establish a farmer's training on milk hygiene to improve milk quality.

6.1 INTRODUCTION

La Mauritanie est le pays d'Afrique de l'Ouest où la population caméline est la plus importante. L'effectif estimé serait supérieur à un million de têtes (Devey-Malu et al., 1998). L'élevage camélin y est majoritairement de type semi-transhumant, notamment dans le sud du pays, et la vocation de cette activité est la production de lait et de viande. Depuis une dizaine d'années, le lait de chamelle est commercialisé dans les grandes villes, en particulier Nouakchott, après transformation. La «Laitière de Mauritanie», principale laiterie installée à Nouakchott, transforme entre 8 000 et 11 000 litres de lait par jour (Abeiderrhamane, 1998). L'enjeu économique de cette production dans un pays à forte tradition laitière est évident. Par ailleurs, l'attention portée à la qualité sanitaire des produits prend de plus en plus d'importance, dans les pays du sud à l'instar de ceux du nord. Or, la contamination microbienne peut rendre le lait, produit hautement périssable, impropre à la consommation humaine suite à une altération organoleptique ou présenter un danger pour la santé publique (présence de germes pathogènes, toxines, etc.). Le lait de chamelle, en dépit de ses qualités naturelles – c'est un produit riche en lysozymes aux propriétés bactéricides, par exemple –, n'échappe pas aux problèmes de contamination. En outre, la production laitière n'est pas régulière tout au long de l'année et les pics de production ne correspondent pas aux pics de consommation (Abeiderrhamane [1994], Diop [1994]). Transformer une partie du lait en lait stérilisé UHT est un des moyens envisagés pour ajuster la production à la demande. Cependant, produire du lait stérilisé impose de disposer d'une matière première de bonne qualité microbiologique. Enfin, les données disponibles sur le niveau de contamination du lait de chamelle sont rares. La présente étude se concentre sur les relations entre les pratiques de traite et la qualité microbiologique du lait de chamelle.

6.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

6.2.1 Echantillonnage

L'étude est conduite sur un échantillon de 177 chameaux en lactation appartenant à 39 producteurs tirés au hasard parmi les fournisseurs de la «Laitière de Mauritanie». Dans chaque troupeau, les cinq premières chameaux traites ont été prélevées. On soumet à chaque producteur enquêté un questionnaire portant sur ses pratiques d'élevage et de traite. La traite de son troupeau est suivie et répertoriée. Pour chacune des 177 chameaux échantillonnées, trois tubes de 15 ml sont prélevés dans le récipient de traite contenant son lait dès la fin de la traite, deux tubes sont plongés dans un mélange eau-glace, et le dernier est conservé à température ambiante jusqu'à réception du lait au centre de collecte. Les échantillons sont alors stockés dans un réfrigérateur à 4 °C et analysés le lendemain matin. Chaque chameau prélevé est soumise à un dépistage de mammites à l'aide du Whiteside Test (WST). (Abdurahman, 1994.)

6.2.2 Analyses de laboratoire

Les analyses réalisées sur le lait sont les suivantes:

- dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT) sur milieu Plate Count Agar (PCA) à 30 °C pendant 72 heures. Les résultats sont donnés en

germes/ml, plutôt qu'en UFC (unités formant colonies), afin de faciliter les comparaisons avec les données de la littérature essentiellement exprimées en germes/ml;

- dénombrement de la flore coliforme totale, sur milieu désoxycholate à 30 °C pendant 24 heures;
- titrage de l'acidité Dornic;
- réduction de la résazurine (notes de zéro à six selon les couleurs après réaction);
- temps de réduction du bleu de méthylène (analyse réalisée sur les échantillons de lait réfrigérés immédiatement après la traite et ceux réfrigérés après un délai correspondant au temps de transport). Généralement, un temps de réduction supérieur à quatre heures est considéré suffisant pour attester de la bonne qualité du lait.

Les méthodes utilisées sont celles décrites par Guiraud dans son ouvrage *Microbiologie Alimentaire* (1998).

6.2.3 Analyses statistiques

L'objectif étant de disposer d'un profil qualitatif synthétique et de le mettre en relation avec un ensemble de pratiques de traite, les analyses statistiques se basent sur les méthodes multivariées (Ihaka et Gentleman [1996], Thioulouse et al. [1997]):

- Analyse des Correspondances Multiples (ACM) et Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), avec critère de Ward pour établir une typologie des pratiques de traite (Escofier et Pagès [1998], Lebart et al. [1995], Manly Bryan [1997]).
- Analyse Factorielle Discriminante (AFD), pour déceler les relations entre pratiques de traite et profils bactériologiques des laits (Escofier et Pagès, 1998), et test du chi-deux (Bouyer et al., 1995), pour tester l'indépendance entre variables.

6.3 RÉSULTATS

Les exploitations laitières situées à la périphérie de Nouakchott sont majoritairement de type familial: 50 pour cent d'entre elles ont une production laitière quotidienne inférieure à 50 litres, et 75 pour cent comptent moins de 100 chamelles. Le rayon de collecte de la laiterie est de 60 kilomètres. Le délai moyen entre traite et réception du lait au centre de collecte est situé dans l'intervalle [2 h 30-3 h 10]. Parmi les chamelles prélevées, 50 pour cent produisent moins de 5 litres par jour, 80 pour cent sont à trois lactations et moins, et 25 pour cent ont un résultat positif au Whiteside Test (WST).

6.3.1 Quelques ordres de grandeur des fréquences de pratiques de traite

Parmi les producteurs enquêtés, 50 pour cent traitent dans un endroit propre (peu souillé par les fèces des animaux), et la même proportion utilisent un récipient propre pour recueillir le lait de traite. Environ 40 pour cent filtrent le lait avec

un tissu de type moustiquaire qui permet d'éliminer les plus grosses particules, telles que ectoparasites, brindilles, etc. 40 pour cent des trayeurs travaillent avec une tenue jugée sale et 75 pour cent ne se lavent pas les mains avant de traire les chameaux. Seuls 7 pour cent se lavent les mains avec du savon; les mains ne sont jamais séchées.

6.3.2 Résultats des tests bactériologiques et physiques (degré Dornic)

Le lait est globalement peu contaminé lorsqu'on le prélève juste après la traite (tableau 1). Le temps de réduction du bleu de méthylène après délai de réception est d'autant plus court que le transport est long: pour les laits reçus avec un délai supérieur à 3 h 35 (soit 25 pour cent des laits) la diminution du temps de réduction du bleu de méthylène est significativement plus importante ($p < 0,05$). Les éleveurs sont ainsi pénalisés quand le délai de réception est trop long: leur lait n'est pas réfrigéré pendant le temps de latence, qui caractérise la croissance de toute population bactérienne (Rozier et al., 1985), et la contamination microbiologique du lait est donc plus importante à la réception qu'à la production.

Enfin, les résultats aux tests suivants sont très corrélés: temps de réduction du bleu de méthylène, réduction de la résazurine et dénombrement de la FAMT. En revanche, le titrage de l'acidité Dornic donne des résultats indépendants des autres résultats bactériologiques.

6.3.3 Typologie des pratiques de traite

Après analyse des pratiques (analyse factorielle multiple suivie d'une classification), les producteurs sont regroupés selon trois types de pratiques résumées dans le tableau 2. Globalement, la manière de traire du type I est qualifiée de «propre», celle du type II de «correcte» et celle du type III de «sale». Notons, de plus, que la

TABEAU 1
Moyennes des résultats bactériologiques et physiques des laits analysés

Analyses	Moyenne	Intervalle de confiance à 95%	Signification et normes
Dénombrement FAMT (germes/ml)	1,65x10 ⁶	[0-3,46x10 ⁶]	Norme française: < 5x10 ⁵
Dénombrement des coliformes (germes/ml)	3,55x10 ⁴	[175-7,1x10 ⁴]	< 100 germes/ml
Réduction de la résazurine	3	[2-3]	0, 1 (et 2): lait contaminé (2,) 3 et 4: peu contaminé (4,) 5 et 6: bonne qualité
Acidité Dornic (degrés Dornic)	19,3 °D	[19,0-19,7]	Norme française: 14 à 18 °D Lait contaminé si > 20 °D
Temps de réduction du bleu de méthylène (heures)	4 h 20	[4 h 10-4 h 30]	< 2 heures: lait contaminé 2 à 4 heures: peu contaminé > 4 heures: bonne qualité
Temps de réduction du bleu de méthylène après délai de transport (heures)	3 h 25	[3 h 10-3 h 40]	idem

majorité des producteurs du type I ont été enquêtés pendant la saison des pluies, dans une zone où les points d'eau sont peu nombreux et souvent payants; les chamelles sont plus fréquemment sales puisqu'elles se couchent dans les flaques et l'eau ménagère utilisée peut provenir des mares temporaires. Le type I a donc de bonnes pratiques de traite mais des chamelles sales, et le type III de mauvaises pratiques de traite mais des chamelles propres. Seule une variable, utilisée pour établir la classification, ne figure pas dans le tableau 2, car non significative pour la typologie: il s'agit de l'ancienneté des éleveurs, c'est-à-dire le nombre de mois depuis lesquels l'éleveur vend du lait à la laiterie.

6.3.4 Relations entre pratiques de traite et qualité hygiénique du lait

L'analyse factorielle discriminante a permis d'identifier les paramètres les plus influents pour l'élaboration des types précédemment décrits. Les éleveurs de type I (traite propre) produisent du lait dont les résultats bactériologiques sont bons; la qualité du lait des producteurs de type II (traite correcte) est très bonne; celle des producteurs du type III (traite sale) est mauvaise (tableau 3).

Les producteurs de type I ont des résultats inférieurs à ceux de type II, en terme de qualité hygiénique du lait, parce qu'ils fournissent un lait plus contaminé en FAMT. Rappelons que ceux-ci ont été enquêtés au cours de la saison des pluies. Il est possible qu'ils aient été pénalisés par un environnement boueux rendant les chamelles plus sales qu'en saison sèche. Il est, en effet, difficile de trouver de l'eau

TABLEAU 2
Typologie des pratiques de traite

	Type I	Type II	Type III
Propreté des mamelles	insuffisante		correcte
Propreté du lieu de traite		insuffisante	correcte
Propreté du récipient de traite	propre à très propre	correcte	insuffisante
Propreté de la tenue du trayeur		correcte	insuffisante
Lavage des mains avant la traite	oui	non	non
Emploi de trayeurs		non	
Filtrage du lait	oui		
Traite qualifiée de	propre	correcte	sale
Nombre de producteurs	14	10	15

TABLEAU 3
Résumé des liens entre les types de pratiques de traite et la qualité microbiologique du lait (Les variables microbiologiques ci-dessous sont les plus liées aux types d'éleveurs; elles sont tirées d'une Analyse Factorielle Discriminante.)

Analyses	Type I	Type II	Type III
Temps de réduction du bleu de méthylène	> 5 h 00	> 4 h 00	< 4 h 00 pour 25% des échantillons
Contamination en FAMT (germes/ml)	1,7x10 ⁴	0 à 1,7x10 ⁴	7,9x10 ⁴ à 1,5x10 ⁸
Contamination en coliformes (germes/ml)	Absence d'échantillons très contaminés	0 à 5x10 ³ Contamination importante	5x10 ³ à 1,3x10 ⁶ Contamination très importante

propre car l'eau des forages est souvent payante dans cette zone. Les résultats du type III confirment l'intérêt de maintenir une bonne hygiène au moment de la traite.

6.4 DISCUSSION

Les bons résultats sur le plan bactériologique ont été observés, selon toute logique, chez les producteurs ayant les pratiques de traite les plus propres. On n'a pas pu mettre en évidence de différence entre les trois types de producteurs quant au dénombrement de la flore coliforme, à la réduction de la résazurine, et au titrage de l'acidité Dornic. On constate, d'après les chiffres du tableau 1, que le lait est globalement peu contaminé lorsqu'on le prélève juste après la traite.

6.4.1 Limites de la méthode

Les analyses bactériologiques ont été réalisées dans des conditions difficiles qui peuvent être à l'origine de légères différences dans les résultats microbiologiques. Ces résultats sont à prendre comme des ordres de grandeur plutôt que comme des résultats précis. Les échantillons de lait ayant été réfrigérés, le temps de réduction du bleu de méthylène peut en être augmenté (Farah, 1993); cela expliquerait l'importance des temps de réduction obtenus.

L'évaluation de l'état de propreté des chamelles – tenue, lieu et récipient – a été réalisée de manière subjective par un seul et même enquêteur. Il eut été judicieux de travailler avec une grille de notation pour les différents paramètres notés afin d'objectiver l'état de propreté. Cependant l'unicité du notateur devrait limiter ce biais d'observation (Faye et al., 1994).

Enfin, des analyses de l'eau utilisée dans les différentes exploitations auraient permis de vérifier le rôle de la qualité de l'eau comme facteur de confusion. En effet, une eau insalubre détériore la qualité hygiénique du lait en contaminant le matériel de traite. Des analyses bactériologiques de l'eau ont été réalisées dans le cadre d'une étude menée au Tchad, en 1995, sur la qualité sanitaire de lait cru et de produits laitiers traditionnels. Les eaux de ménage utilisées par les Arabes transhumants ont des contaminations bactériennes moyennes de $1,7 \times 10^5$ germes/ml, pour la flore totale, et de 5×10^2 germes/ml, pour les coliformes (Pissang Tchangai, 1998), chiffres se situant dans l'intervalle de confiance des moyennes des contaminations de nos échantillons de lait (tableau 1). En supposant que nos producteurs disposent d'eau de qualité comparable, on peut suspecter celle-ci d'être une source de contamination non négligeable du lait de traite.

6.4.2 Comparaison des résultats

La norme française pour l'acidité Dornic du lait cru est donnée pour du lait de vache dont le pH est compris entre 6,6 et 6,8 (Harper et al., 1976). Or le pH du lait de chamelle est compris entre 6,5 et 6,7 (Diop, 1994). Cela peut expliquer l'importance du nombre de degrés Dornic obtenus en moyenne pour ces laits de chamelle. Cependant, il n'y a pas de relation directe entre le pH et l'acidité Dornic en raison du pouvoir tampon du lait.

Une étude sur la qualité sanitaire du lait de chamelle a été réalisée en Egypte, en mars 2000, sur un échantillon de 50 chamelles. La contamination moyenne en FAMT était de $4,3 \times 10^4$ germes/ml et celle en coliformes de $2,9 \times 10^2$ germes/ml (Moustapha et al., 2000). Les échantillons prélevés dans le cadre de notre étude sont cent fois plus contaminés que les échantillons égyptiens. Cette différence peut provenir de nos difficiles conditions de laboratoire mais aussi de réelles différences de la qualité sanitaire des laits analysés. Les pratiques de traite des éleveurs égyptiens ne sont pas détaillées. Peut-être observent-ils de meilleures pratiques de traite et d'élevage? Quoi qu'il en soit, la rareté des résultats de ce type ne nous permet pas de comparer plus en avant les résultats obtenus ici.

6.4.3 Perspectives

La population de producteurs enquêtés fait partie d'une association de producteurs dont le but est d'améliorer la productivité laitière des animaux ainsi que la qualité sanitaire du lait. Il serait intéressant de conduire une nouvelle étude de ce genre dans quelques temps afin d'évaluer l'impact des formations dispensées par l'association sur la qualité du lait. Cette nouvelle étude devra adopter des conditions d'analyse plus rigoureuses et une grille de notation pour attribuer des notes de propreté objectives. Des analyses bactériologiques de l'eau permettront de confirmer son rôle en tant que point critique (ou non). On pourra utiliser d'autres méthodes d'évaluation de la contamination du lait: par exemple le titrage de l'acidité Dornic pourrait ne pas être pris en compte.

6.5 CONCLUSION

La qualité hygiénique du lait de chamelle livré à la laiterie de Nouakchott est parfois insuffisante sans être désastreuse. Cependant, pour obtenir un meilleur résultat, quelques recommandations peuvent être suivies:

6.5.1 Milieu

- traite dans un endroit propre (séparer les aires de traite et d'alimentation);
- garder des chamelles propres (nettoyage régulier des «schmell», protège-mamelles qui empêchent le petit de téter au pâturage).

6.5.2 Matériel

- nettoyer et désinfecter le récipient de traite avant et après la traite (à l'intérieur et à l'extérieur);
- utiliser des cordes propres pour attacher le petit à la mère et entraver les chamelles;
- n'utiliser un filtre que s'il est parfaitement propre.

6.5.3 Main-d'œuvre

- se laver les mains avec du savon, et les sécher, avant de traire;
- réserver une tenue propre pour la traite.

6.5.4 Méthode

- ne pas poser le matériel au sol (cordes, récipient de traite);
- nettoyer les mamelles avec un tissu propre et sec avant de traire.

6.5.5 Matière première

- ne pas mélanger le lait de mammite avec le lait des chameilles saines;
- traiter les mammites;
- respecter les temps d'attente des antibiotiques et anthelminthiques;
- éliminer le premier jet de chaque quartier;
- entreposer le bidon de lait à l'ombre, voire dans un trou humidifié;
- diminuer au maximum le délai entre la traite et la réception du lait au centre de collecte (optimiser les circuits de collecte).

La transformation du lait en lait stérilisé permet de mieux gérer les pics de production qui ne sont pas toujours synchrones avec les pics de consommation. Pour stériliser du lait, il faut pouvoir, en premier lieu, produire du lait de bonne qualité hygiénique. Cela demande un effort de travail tout à fait envisageable. Si dans notre contexte, on peut obtenir que les producteurs se lavent les mains avant de traire, portent une tenue propre, utilisent un récipient et un lieu de traite propres, disposent d'une eau potable et d'un circuit de collecte efficace, alors la qualité microbiologique du lait permettra sans aucun doute de produire du lait stérilisé. Pour cela, il faut inciter les éleveurs à améliorer l'hygiène de la traite (paiement du lait à la qualité), les aider à diagnostiquer et traiter les mammites, les inciter à éliminer les laits de mammites, ajouter des puits aux endroits stratégiques et judicieusement choisis, et concevoir des circuits de collecte courts.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Mme Nancy Abeiderrhamane, fondatrice de la Laitière de Mauritanie pour son accueil ainsi que Yacoub Cissoko et Abdellahi Salem Ould Lellah, pour leur aide précieuse.

BIBLIOGRAPHIE

- Abeiderrhamane, N. 1994. La pasteurisation du lait de chamelle: une expérience en Mauritanie. Dans *Dromadaires et chameaux, animaux laitiers: actes du colloque de Nouakchott, Mauritanie, 24-26 octobre 1994*, Coll. Colloques, CIRAD, Montpellier, France, 213-220.
- Abeiderrhamane, N. 1998. Collecte, transformation et pasteurisation du lait pour l'approvisionnement de Nouakchott: l'expérience de la Laitière de Mauritanie. Dans *Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne: actes de l'atelier international de Montpellier, France, 9-10 septembre 1998*, 157-167.
- Abdurahman, O.A.Sh. 1994. Detection of subclinical mastitis in camels: relationship between udder infection and inflammatory indicators in milk. Dans *Dromadaires*

- et chameaux, animaux laitiers: actes du colloque de Nouakchott, Mauritanie, 24-26 octobre 1994, Coll. Colloques, CIRAD, Montpellier, France, 31-34.
- Bouyer, J., Hemon, D., Cordier, S., Derrienic, F., Stucker, I., Stengel, B., Clavel, J. 1995. Epidémiologie, principes et méthodes quantitative, Ouvrage Inserm, 487 p.
- Devey-Malu, M., Masson-Boisriveau, J., Richard, S. 1998. Mauritanie, marchés tropicaux et méditerranéens, hors série. 24 p.
- Diop, D. 1994. Production du lait de chamelle (*C. dromedarius*) en Mauritanie: étude technico-économique. Thèse vétérinaire, Sidi Thabet, Tunisie, 86 p.
- Escofier, B., Pagès, J. 1998. Analyses factorielles simples et multiples: objectifs, méthodes et interprétation, (3^e éd.), Dunod, Paris, 95-121.
- Farah, Z. 1993. Composition and characteristics of camel milk, *J.Dairy Res.*, 60: 603-623.
- Faye, B., Calavas, D., Rosner, G. 1994. La fiabilité des données dans les enquêtes d'écopathologie. *Revue scientifique technique de l'Office international des épizooties*, 13: 651-664.
- Guiraud, J-P. 1998. Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris, 652 p.
- Harper, W.J., Hall, C.W. 1976. Dairy technology and engineering. The AVI publishing company, Inc., Westport, Connecticut, Etats-Unis.
- Ihaka, R., Gentleman, R. 1996. Language and environment for statistical computing and graphics, 5(3): 299-314. (<http://www.r-project.org>.)
- Lebart, L., Morineau, A., Piron, M. 1995. Statistique exploratoire multidimensionnelle. Dunod, Paris, 438 p.
- Manly Bryan, J-F. 1997. Randomization, bootstrap and Monte-Carlo methods in biology, (2^e éd.), Chapman et Hall, 376 p.
- Moustafa, S.I., Ahmed, A.H., Saad, N.M., Mahmoud, Y.H. 2000. Quality evaluation of camels' milk in New Valley Governorate, Egypt. *J. Agric. Res.*, 78 (1): 241-248.
- Pissang Tchangai, D. 1998. Evaluation de la qualité du lait et des produits laitiers dans les systèmes traditionnels de transformation au Tchad. Dans *Marchés urbains et développement laitier en Afrique subsaharienne: actes de l'atelier international de Montpellier, France, 9-10 septembre 1998*, 125-133.
- Rozier, J., Carlier, V., Bolnot, F. 1985. Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. Ecole nationale vétérinaire, Maisons-Alfort (éd.), Sepaic, Paris, 230 p.
- Thioulouse, J., Chessel, D., Doledec, S., Olivier, J-M. 1997. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing*, 7: 75-83.

Chapitre 7

Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale

G. Konuspayeva¹⁴, B. Faye¹⁵, A. Serikbaeva¹⁶

RÉSUMÉ

En Asie centrale, l'élevage du chameau de Bactriane (chameau à deux bosses) est prédominant, bien qu'on rencontre également des systèmes de production basés sur l'élevage du dromadaire, réputé meilleur laitier; de même, l'hybridation entre ces deux espèces est fréquente de nombreuses zones. Le chameau est élevé pour son lait dont la consommation est assurée sous plusieurs formes, par exemple:

- un lait fermenté entier (shubat au Kazakhstan, agaran au Turkménistan) ou dilué dans l'eau (chal);
- une crème fermentée (doïran au Turkménistan);
- un «fromage» en fait issu de la déshydratation d'une pâte obtenue à partir du lait fermenté (kourt au Kazakhstan);
- un produit sucré appelé balkaimak (Kazakhstan), consommé comme une friandise.

Ces produits peuvent être considérés comme des «produits-terroir» fortement associés à une identité culturelle locale et issus d'un savoir-faire ancestral. Ils témoignent de la possibilité de proposer aux consommateurs des formes très variées de produits provenant de la traite des chameaux. Par ailleurs, ces produits ont la réputation de présenter des propriétés médicinales et probiotiques auxquelles l'industrie agroalimentaire commence à s'intéresser. Néanmoins, l'absence d'une standardisation des méthodes de transformation incite à développer une démarche qualité tout au long de la filière.

Traditional camel milk products in Central Asia

ABSTRACT

In Central Asia, Bactrian (double humped) camel farming predominates, but production systems with dromedary camels, which are better dairy animals, occur in some areas.

¹⁴ Faculté de Biologie, Université nationale kazakh Al-Farabi. 71 av. Al-Farabi, 480078 Almaty, Kazakhstan.

¹⁵ Programme productions animales, TA 30/A CIRAD-EMVT. Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier, France.

¹⁶ Université nationale kazakh agraire. 8 av. Abaï, 480013, Almaty, Kazakhstan.

Crossbreeding between the both species is also common. The camels are kept for their milk, which is converted into different products, such as:

- fermented milk (shubat in Kazakhstan, agaran in Turkmenistan) or mixed with water (chal);
- fermented cream (doïran in Turkmenistan);
- a “cheese” prepared from dehydrating a paste prepared from fermented milk (kourt in Kazakhstan); and
- a sweet product called balkaimak (Kazakhstan), consumed as a candy.

These products can be considered as “land products” strongly associated to a local cultural identity and prepared in traditional ways. This means that various types of camel milk products presented to the consumers. Elsewhere, these products are reputed to have medicinal properties, which the food and agriculture industries are beginning to take interest in. The lack of standardization in processing still inhibits the development of a quality approach within the milk sub-sector.

7.1 INTRODUCTION

La production laitière caméline est une pratique traditionnelle de l'élevage camélin en Asie centrale et tout particulièrement au Kazakhstan. Les produits laitiers y font l'objet d'une préparation et d'une transformation très spécifiques à ces régions, marquant fortement l'identité culturelle de ces pays. L'effondrement de l'URSS et de l'économie planifiée de type soviétique a provoqué un recul, parfois dramatique, de l'activité agricole. Sur le plan de la filière lait, on assiste au développement de laiteries «clés en main» sur le modèle occidental qui proposent, dans la grande et moyenne distribution en pleine expansion, des produits laitiers classiques de l'Europe de l'Ouest et des Etats-Unis, reléguant sur les marchés classiques (bazars et petite distribution) les produits traditionnels issus du lait de jument et de chamelle. Or, ces derniers sont à même de pouvoir constituer un débouché viable pour les producteurs de la steppe, éloignés des centres urbains. Il est à l'évidence urgent de fournir à ces produits dits traditionnels toute la place qui leur revient en œuvrant pour une meilleure caractérisation de ces produits et en se focalisant sur une démarche qualité de leur production et de leur valorisation.

7.2 LA POPULATION CAMÉLINE AU KAZAKHSTAN ET EN ASIE CENTRALE

En Asie centrale, et en particulier au Kazakhstan, les pâturages naturels représentent plus de 180 millions d'hectares. Selon les données de la FAO, la population caméline au Kazakhstan était, en 2002, de 98 300 chameaux, dont 80 pour cent de Bactriane (tableau 1). En effet, on distingue au Kazakhstan des chameaux de Bactriane de race Kazakh, réputés pour leur bonne productivité en viande et en laine, et des dromadaires d'origine turkmène de race Arvana, réputés pour leur production laitière. Enfin, il existe aussi tout un ensemble d'hybrides entre chameaux et dromadaires. Cette population a beaucoup varié au cours du XX^e siècle (tableau 2). Estimés à plus de un million de têtes au début du siècle, les effectifs ont considérablement chuté à la suite de la collectivisation soviétique. Une nouvelle régression des effectifs est survenue au moment de l'indépendance du Kazakhstan et de la privatisation des structures agricoles. La population actuelle représente à peine 10 pour cent du cheptel qui existait il y a 100 ans.

Comme dans beaucoup de pays, les camélidés du Kazakhstan ont traditionnellement une vocation multi-usages et sont utilisés pour le lait et la

TABLEAU 1
Les effectifs de chameaux en Asie centrale

République	
Azerbaïdjan	200
Kazakhstan	98 300
Kirghizistan	46 000
Ouzbékistan	25 000
Russie	12 000
Tadjikistan	42 000
Turkménistan	40 000

Source: FAO, 2002.

fabrication du shubat, la viande, la laine et le transport. Afin d'améliorer la production laitière des chameaux de Bactriane, les femelles de Bactriane (vocation viande) sont croisées avec les mâles de dromadaire (race Arvana du Turkménistan). Les hybrides F₁ obtenus sont ensuite croisés avec des chameaux de Bactriane afin de disposer d'hybrides à deux fins (lait et viande). La région la plus riche en terme d'élevage camélin (Mangystau) comprend 32 700 chameaux, 35 pour cent étant élevés dans des entreprises privées et des sociétés collectives, et 65 pour cent dans des exploitations paysannes.

La productivité laitière est en moyenne de 4 à 6 litres par jour pendant 12 à 14 mois de lactation avec jusqu'à quatre traites manuelles par jour. L'alimentation des animaux est basée sur les pâturages naturels pendant toute l'année. Cependant, cette productivité peut atteindre plus de 10 litres chez les animaux sélectionnés (dromadaires Arvana notamment).

7.3 LAIT ET PRODUITS LAITIERS

Au Kazakhstan, les possibilités de garder les produits frais sont rares. Traditionnellement, on commercialise donc de préférence des produits laitiers fermentés (tableau 3). Le lait de vache fermenté en Asie centrale s'appelle aïran (ou kefir en russe). Le shubat (au Kazakhstan), le chal et doïran (au Turkménistan), le khoormog (en Mongolie) sont des laits de chamelle fermentés. Le koumis est le produit de la fermentation du lait de jument. Le lait de yak fermenté commercialisé au Kirghizistan s'appelle kourout. Il existe aussi une espèce de fromage dur dénommé kourt. La crème de lait de chamelle s'appelle agaran (au Turkménistan). Enfin, on fabrique aussi des caramels (ou nougat) à partir de lait de chamelle, appelés balkaimak.

Bien entendu, ces valeurs varient en fonction de la race, de la saison, de l'alimentation et des modes de préparation. Cependant, on manque d'informations sur les effets de ces différents facteurs de variation. Dans la littérature russe,

TABLEAU 2
Population caméline au Kazakhstan

	1927	1941	1991	2002	Références
Chameaux	1 200 000	104 600	145 000	102 300	Z. Mousaev, 2002
Chevaux	3 500 000	869 700	1 700 000	1 010 000	Z. Mousaev, 2002
Moutons	18 000 000	12 000 000	35 000 000	9 207 500	FAO

TABLEAU 3
Quelques paramètres des produits laitiers en Asie centrale

	Lait de dromadaire	Lait de Bactriane	Shubat	Chal	Doïran	Agaran	Koumis
Acidité (°T)			120-180	90-120	65-120	70-80	100-120
pH	6,54-6,63		4,8				4,0
Matières grasses (%)	3,20-3,80	4,30-5,70	4,0	1,0	3,3-4,0	13,0	1,5-1,9
Protéines (%)	3,10-3,30	3,8-4,2					
Alcool (%)			1,2	1,2-1,5	1,2-1,5	0,8-1,0	0,5-2,5

certains auteurs donnent des valeurs très générales, d'autres utilisent des méthodes d'analyse variées, ce qui rend les comparaisons difficiles entre publications. La production des produits laitiers n'est pas encore standardisée pour la grande industrie, et tous ces produits relèvent de procédés artisanaux ou semi-artisanaux. Le mode de préparation peut ainsi changer, selon les régions et selon les saisons. Pour illustrer les difficultés de caractérisation standardisée des produits laitiers traditionnels, on peut citer, par exemple, le degré d'acidité Turner du shubat qui varie entre 80 et 180 °T, ou celui du koumis, entre 120 et 220 °T, qui conduit à des produits finaux aux goûts très contrastés. Dans ces conditions, les taux de matières grasses, de protéines et d'alcool varient également. Pour les produits tels que le kourt, le kourout et le balkaimak, il est impossible de fournir des chiffres.

Par ailleurs, des analyses microbiologiques récentes de shubat réalisées au CIRAD, ont montré que huit souches bactériennes appartenant à quatre types de bactéries lactiques intervenaient de façon différenciée sur la fermentation du lait de chamelle: *Lactobacillus casei*, *Leuconostoc lactis*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus plantarum*. Ces résultats laissent penser qu'il est possible de piloter les processus fermentaires pour obtenir des produits différenciés mieux standardisés (Aussel, 2002).

7.4 LE LAIT DE CHAMELLE, UN «PRODUIT-TERROIR»

Les produits du lait de chamelle, spécifiques aux pays d'Asie centrale, sont le fruit d'une technologie fort ancienne inscrite dans la tradition. A ce titre, ils sont associés à un territoire et à une culture, celle des steppes d'Asie centrale. On peut ainsi les considérer comme des «produits-terroir» qui pourraient relever d'un dispositif commercial de type label ou appellation d'origine.

7.4.1 Préparation de shubat (Mousakaraev et al., 1985d)

La préparation du shubat relève essentiellement d'une technologie artisanale. Cependant, une préparation industrielle existe depuis quelques années dans certaines laiteries du Kazakhstan.

Shubat artisanal: en l'absence de shubat, le lait de chamelle cru est conservé à température ambiante; puis, il reçoit des ferments composés à partir de pâte de blé fermentée ou d'airan (kéfir); le mélange est remué pendant 30 à 40 minutes, puis laissé à température ambiante pendant quatre à cinq heures. Après un nouveau brassage et un temps de repos de cinq à six heures, le shubat est prêt. On peut également préparer le shubat en ajoutant le lait de chamelle cru sur un shubat déjà prêt qui joue le rôle de ferment dans la proportion de 4 à 1. La préparation du shubat varie selon les régions du Kazakhstan, les ferments utilisés, la saison, le stade de lactation, l'alimentation, l'âge des animaux.

Shubat industriel: il est produit dans l'ouest du Kazakhstan, région Mangystau (du côté de la mer Caspienne) spécialisée dans l'élevage des chameaux. Pour le préparer, on chauffe le lait cru jusqu'à 30-40 °C et sous une pression de 10-15 MPa, puis on l'homogénéise. Après pasteurisation à 85-87 °C, on refroidit le lait jusqu'à 26-28 °C et on ajoute les ferments de shubat. On homogénéise pendant

15-20 minutes puis on laisse au repos pendant huit à dix heures dans un récipient fermé. Le produit est de nouveau homogénéisé pendant 40 à 70 minutes à température de 18-22 °C et mis au repos pendant neuf à douze heures. Une nouvelle période de repos de 24 heures à 14-18 °C est nécessaire avant la mise en bouteilles de 1,0 litre. Ce shubat se conserve à 2-4 °C jusqu'à trois mois (technologie du producteur Taushyk). D'autres technologies sont proposées, notamment par AgroMerkur – industrie agroalimentaire intervenant dans la région d'Almaty.

7.4.2 Préparation de chal et agaran (Mousakaraev et al., 1984, 1985b et 1985c)

Le lait de chamelle cru est mélangé avec le levain (acidité de 120-130 °T) en proportion de 1 à 1 et soumis à une homogénéisation active de deux à trois minutes, et le mélange est gardé pendant quatre à douze heures à 20-25 °C; puis, de l'eau potable est ajoutée en proportion de 1 à 2. Après 25-30 minutes, le surnageant, composé d'un mélange de lipides et de caséines, est collecté. Ce mélange crémeux est appelé agaran. La partie liquide qui demeure après extraction de l'agaran constitue le chal. Celui-ci est conditionné en bouteilles de 0,5 litre et de 1 litre. Ces produits se conservent à 5-8 °C pendant quatre à cinq jours.

7.4.3 Préparation de doïran (Mousakaraev et al. [1985a], Mousakaraev et Saparov [1985])

Le lait de chamelle cru est mélangé avec le levain (acidité de 120-130 °T) en proportion de 1 à 1 et soumis à une homogénéisation active de 10 minutes.

7.4.4 Préparation de kourt à partir de lait de chamelle

Le shubat est égoutté à travers une poche de coton. Ce procédé permet l'évacuation du lactosérum (qui peut être utilisé pour le pain, par exemple). La phase contenant les caséines est homogénéisée, puis séchée en petites boules (soit salées, soit sucrées). Le kourt se conserve à température ambiante pendant longtemps.

7.4.5 Préparation de balkaimak

On chauffe environ 10 litres de lait de chamelle que l'on additionne d'un bol de sucre; le produit est alors soumis à ébullition jusqu'à la caramélisation du lactose et l'obtention d'une pâte épaisse.

7.5 LE LAIT DE CHAMELLE, UN PRODUIT «SANTÉ»

Le lait de chamelle et le shubat sont réputés pour leurs propriétés médicinales. De nombreuses références bibliographiques font mention du rôle du lait de chamelle et de ses produits dans des usages préventifs et thérapeutiques. Le shubat présente, notamment, des propriétés antibiotiques et un certain nombre d'effets prophylactiques. Il est utilisé, en particulier, dans le traitement de la tuberculose, de la gastroentérite, des ulcères gastriques et pour l'alimentation du nourrisson. Les facteurs «santé» attribués au lait de chamelle et ses produits transformés

peuvent être liés à certains de ses composants: lactoferrine, immunoglobulines, lysozyme, lactoperoxydase, vitamine C, etc.

7.5.1 Lactoferrine

La forte teneur des laits de camélidés en lactoferrine, une protéine qui possède une activité antimicrobienne, antivirale, anticancéreuse, anti-inflammatoire et analgésique pourrait être une des raisons des propriétés thérapeutiques du lait de chamelle et du shubat.

La lactoferrine (LF) est une glycoprotéine contenant deux sites capables chacun de fixer un ion ferrique (Fe^{3+}). Cette capacité à capter le fer explique en partie son rôle dans le contrôle de la croissance de certaines bactéries pathogènes, telles que *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* (Zagulki et al. [1989], Diarra et al. [2002]).

Sur le plan des propriétés physiques, la lactoferrine de la chamelle, comme beaucoup d'autres protéines laitières camélines, est plus thermorésistante que chez les autres espèces et plus thermorésistante que l'immunoglobuline (IgG). Par exemple, à 85 °C pendant 10 minutes, la lactoferrine du lait de chameau ne représente plus que 37 pour cent de la valeur initiale, contre 1,2 pour cent pour le lait de vache et 0 pour cent pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (Elagamy, 2000).

La LF n'est pas une protéine spécifique du lait. On la trouve dans la plupart des sécrétions (larmes, salive, sécrétions utérines, sang, sécrétions nasales, urines, fluide amniotique, plasma séminal) des mammifères, mais c'est dans le lait de chamelle qu'elle est la plus abondante puisqu'on en trouve de 30 à 100 fois plus que dans le lait de vache (tableau 4).

Du point de vue des propriétés physicochimiques, les lactoferrines caméline et bovine sont assez proches (tableau 5).

TABEAU 4
Intervalle de concentration en LF de laits à différents stades de la lactation des mammifères
(en mg/ml)

	Chameau	Jument	Vache	Chèvre	Brebis	Truie	Souris	Lapin	Chien
LF	2-6	0,2-2,0	0,02-0,2	0,02-0,2	0,02-0,2	0,2-2,0	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Source: Mason et Heremans (1971), Qian et al. (1995).

TABEAU 5
Caractéristiques physicochimiques des lactoferrines caméline et bovine

	Chamelle	Vache
Résidus d'acides aminés	689	689
Masse moléculaire (kDa) par spectrométrie de masse	80,16-80,73	84,0
Masse moléculaire (kDa) par séquence des acides aminés	75,250	76,143
Point isoélectrique	8,14	8,18
Concentration dans le lait (mg/litre)	220	140
% homologie	74,9%	

Source: Kappeler et al., 1999.

Cependant, la difficulté de disposer de lactoferrine caméline pure sur le marché – pour pallier l'absence d'une méthode rapide de dosage – persiste. Des essais d'isolement de la lactoferrine par chromatographie d'affinité (sur support héparine-sépharose) et chromatographie d'interaction hydrophobe (sur support Butyl-Toyopearl 650 M), pour obtenir les anticorps de anti-LF anti-chamelle, ont été effectués (Konuspayeva, 2003). Des techniques plus rapides et peu coûteuses, comme la spectrométrie dans le proche infrarouge pour doser la LF sont à l'étude.

7.5.2 Lysozyme

Le lysozyme est une protéine naturellement présente dans les laits de mammifères où il représente un facteur antimicrobien puissant. Le lysozyme contient une chaîne polypeptidique de 129 acides aminés, avec un poids moléculaire d'environ 14 kDa. Dans le milieu physiologique, le lysozyme est chargé positivement, son pHi étant compris entre 10,5 et 11 (alcalin). Le lysozyme se lie en conséquence électrostatiquement sur les surfaces anioniques des bactéries.

Les bactéries gram-négatif sont plus résistantes au lysozyme car elles contiennent une membrane externe de lipopolysaccharide, qui peut protéger les bactéries contre l'accès du lysozyme. En revanche, les bactéries, telles que *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus epidermis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces viscosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Fusobacterium nucleatum*, *Serratia marcescens*, *Micrococcus luteus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Listeria monocytogenes*, *Pasteurella pseudotuberculosis*, *Yersinia enterocolitica*, *Bordetella bronchiseptica*, *Bacteroides fragilis*, *Capnocytophaga gingivalis*, *Helicobacter pylori*, les levures, telles que *Candida krusei*, *Candida parapsilosis*, *Candida albicans*, *Candida glabrata*, et le virus Herpès simplex sont sensibles au lysozyme.

La quantité de lysozyme dans le lait de chamelle est plus élevée que dans le lait de vache, 15 μg 100 ml⁻¹ contre 7 μg 100 ml⁻¹. L'activité enzymatique du lysozyme du lait de chamelle est également plus forte que celle de la vache, mais plus faible que celle de l'œuf (Elagamy et al., 1996). Tout comme la lactoferrine de cette espèce, le lysozyme du lait de chamelle est thermorésistant. A 85 °C pendant 10 minutes, le lysozyme du lait de chamelle ne représente plus que 44 pour cent de la valeur initiale, contre 26 pour cent pour le lait de vache et 18 pour cent pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (Elagamy, 2000).

7.5.3 Immunoglobulines

Les IgG jouent un rôle dans le système immunitaire chez les nouveau-nés. Le taux des immunoglobulines est très élevé dans le colostrum chez tous les mammifères. Cependant, la concentration d'immunoglobulines dans le lait varie selon les espèces concernées.

Trois classes fonctionnelles d'IgG sont définies chez le dromadaire: Ig1, qui est composée de deux chaînes légères identiques et de deux chaînes lourdes comme dans les autres IgG; Il existe donc deux autres isotopes. Ce qui est remarquable,

c'est que l'organisation des anticorps à chaînes lourdes du dromadaire diffère complètement de ce qui est connu chez les autres vertébrés (Atarhouch et al., 1997). Du point de vue structural, les IgG du dromadaire sont plus proches des immunoglobulines humaines que de celles des autres ruminants.

Le pic d'IgG dans le colostrum est de $0,26 \pm 0,232$ mg/ml. Il se situe entre 18 et 30 heures après la naissance (Hülsebusch, 1999). Dans le lait, la concentration est plus faible mais la teneur répertoriée dans le lait de chamelle est quatre fois supérieure à celle de la vache à 0 °C, et six fois plus élevée à 65 °C. Par ailleurs, elle est plus thermorésistante: il reste 0,048 mg/ml d'IgG dans le lait de chamelle à 85 °C alors qu'elle disparaît dans le lait de vache (Elagamy, 2000).

7.5.4 Lactoperoxydase

Les peroxydases sont des enzymes qui appartiennent aux systèmes non-immuns normaux de la défense du lait; on les trouve également dans les sécrétions des glandes à sécrétion externe (telles que la salive, les larmes, les sécrétions intestinales, le mucus cervical et la thyroïde).

Le lait contient naturellement assez de lactoperoxydase pour que le système soit actif. L'action du système peroxydase résulte de l'oxydation de l'ion SCN^- en présence du peroxyde d'hydrogène, qui fait apparaître des oxacides ayant des propriétés bactéricides. Le premier produit de l'oxydation est l'ion hypothiocyanate (OSCN^-), puis différents acides se succèdent, dont l'action inhibitrice varie en fonction des espèces microbiennes. L'action de la lactoperoxydase est susceptible d'être renforcée artificiellement en optimisant les concentrations des éléments qui entrent en jeu. Des bactéries, telles que *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, *Acinetobacter* spp., *Neisseria* spp., *Haemophilus influenzae*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Capnocytophaga ochracea*, *Selenomonas sputigena*, *Wolinella recta*, *Enterobacter cloaca*, des virus, tels que Herpès simplex, virus d'immuno-déficience, virus respiratoire syncytial, et la levure *Candida albicans* sont sensibles au système lactoperoxydase.

Cette enzyme du lait de chamelle est considérée comme étant une des plus thermorésistantes par rapport au lait de vache. La lactoperoxydase du lait de chamelle a 78 kDa de poids moléculaire (Elagamy et al., 1996). Par ailleurs, la lactoperoxydase du lait de dromadaire présente une stabilité encore plus forte vis-à-vis des traitements thermiques. Elle est, par exemple, fortement active dans les échantillons de lait pasteurisé de la laitière de Mauritanie (Sabumukama, 1997). Les résultats du test API ZYM lactoperoxydase sur le lait de dromadaire montre encore une activité enzymatique à forte température, alors même que la lactoperoxydase du lait de vache a perdu toute activité (Loiseau et al., 2001).

7.5.5 Vitamine C

La réputation du lait de chamelle est en grande partie due à sa richesse en vitamine C. De tous les laits de mammifères collectés pour les besoins de l'homme, celui

de la chamelle est le plus riche en cette vitamine dont le rôle tonique permettant de lutter contre la fatigue et l'infection est bien connu. Il y a en moyenne trois fois plus de vitamine C dans le lait de chamelle que dans le lait de vache. Cela dit, les facteurs de variation de la teneur en acide ascorbique dans le lait sont très peu étudiés (Elkheldir, 2002).

La vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés antioxydantes. Récemment, il a été montré qu'elle avait aussi une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies.

On observe des variations selon les races de dromadaires: par exemple, au Soudan le type Arabi est plus doté que le type Anafi, lui-même mieux pourvu que le type Bishari. En revanche, on n'observe pas de variations liées au sexe de l'animal, bien que les femelles excrètent plus de vitamine C dans l'urine que les mâles. Par ailleurs, le taux de vitamine C dans le plasma et les leucocytes augmente significativement après les six premiers mois de lactation. On remarque une évolution parallèle entre les teneurs sanguines et lactées. Les chamelles multipares ont plus de vitamine C dans leur lait que les primipares, et les chamelons nouveau-nés ont plus de vitamine C dans leur plasma que les mères, puis cela se stabilise après 4 semaines pour atteindre des valeurs similaires à la mère, chez qui la tendance est à l'accroissement après la parturition. Le colostrum est d'ailleurs plus riche en vitamine C que le lait, soulignant ainsi le rôle de transfert actif de la mère vers le jeune.

L'alimentation de la chamelle semble jouer un rôle non négligeable, les rations à base de pâturages naturels étant moins favorables sur la concentration en acide ascorbique, dans le plasma et les leucocytes, que les rations contenant de la luzerne, par exemple. Les maladies parasitaires, telles que la gale sarcoptique et la trypanosomose, sont associées à une diminution des teneurs dans le plasma et les leucocytes. Chez les animaux cliniquement affectés par la trypanosomose, cette chute est particulièrement marquée. Les maladies infectieuses (brucellose, mammites) présentent le même impact bien que moins marqué. Sans pouvoir préciser si cette chute est une cause ou une conséquence de la maladie, on peut cependant affirmer que la vitamine C joue un rôle essentiel dans la résistance à l'infection. On peut, du reste, en déduire que les femelles en période de repos sexuel ou en début de lactation sont plus résistantes. Cela dit, l'effet immunostimulant de l'acide ascorbique, notamment dans des situations de stress (travail intense, par exemple) mériterait d'être approfondi.

7.5.6 Bactéries lactiques du shubat

Les produits fermentés issus du lait de chamelle, tels que le shubat, ont en plus de la composition chimique classique, la particularité d'être riches en bactéries lactiques. Ces bactéries sont souvent bénéfiques pour la santé humaine et elles produisent de l'acide lactique comme produit terminal du processus final de fermentation à partir de différents sucres, notamment du lactose. La production de l'acide lactique peut s'accompagner de l'apparition d'autres produits. Dans ce cas,

les bactéries sont dites hétérofermentaires. Si la fermentation du lactose ou autre sucre donne uniquement de l'acide lactique, les bactéries sont homofermentaires. Les bactéries lactiques peuvent être considérées comme des probiotiques.

Les probiotiques doivent répondre à certaines exigences avant d'être à même de produire un effet bénéfique:

- résistance à l'acidité gastrique, à la bile et aux ferments pancréatiques;
- capacité de coloniser transitoirement la muqueuse intestinale;
- absence de pathogénicité.

Les micro-organismes probiotiques les plus utilisés jusqu'ici sont les suivants: différentes souches de lactobacilles, les bactéries bifidus, le *Streptococcus thermophilus* ainsi qu'une levure, le *Saccharomyces boulardii*. Les probiotiques ont des effets cliniques et les mécanismes d'action sont bien décrits. Chez l'homme, les probiotiques ont principalement été utilisés jusqu'ici pour le traitement et la prévention des diarrhées. Au cours des dernières années, on a pu montrer que les probiotiques pouvaient également jouer un rôle dans le traitement des diarrhées chroniques inflammatoires ainsi que dans la prévention des infections respiratoires et des maladies allergiques. Cependant, nous ne disposons que de peu d'études à ce propos.

Les effets bénéfiques des probiotiques sur le taux de cholestérol (donc sur un des principaux facteurs de risque pour la maladie coronarienne), sur l'absorption du calcium (prophylaxie de l'ostéoporose) ainsi qu'un éventuel effet anticarcinogène n'ont pas été démontrés jusqu'ici par des travaux cliniques contrôlés; ils relèvent donc, jusqu'à nouvel avis, du domaine de l'hypothétique. Il en est de même pour l'effet «immunostimulateur» souvent invoqué, qui reste mal défini et dont on n'a, jusqu'ici, pas pu démontrer la relevance clinique (Braegger, 2002).

7.6 CONCLUSION

Les allégations «santé», attribuées au lait de chamelle et à ses produits, relèvent souvent d'observations empiriques qui méritent des analyses complémentaires, notamment en travaillant plus finement sur la composition et la caractérisation de ces produits par rapport à un certain nombre de facteurs de variation. C'est l'objectif principal d'un projet soumis récemment à l'Union européenne avec les pays d'Asie centrale. Ce projet vise, à partir d'un échantillonnage raisonné de lait de chamelle cru et de shubat, à obtenir une gamme de produits dont la variabilité relève de facteurs écologiques, techniques et biologiques. Il est attendu d'un tel projet l'identification d'un certain nombre de déterminants de la qualité microbiologique, probiotique et nutritionnelle qui font la réputation du lait de chamelle et de ses produits transformés.

Un second intérêt, dans le cadre du présent atelier, est de montrer que l'expérience asiatique en matière de transformation du lait de chamelle peut servir d'exemple. Des dispositifs simples de transformation pourraient être proposés et diffusés auprès des producteurs, pour mettre sur le marché de nouveaux produits à la disposition des consommateurs des zones arides et semi-arides d'Afrique.

BIBLIOGRAPHIE

- Atarhouch, T., Bendahman, N., Hamers-Casrerman, C., Hamers, R., Muydelmans, S. 1997. cDNA sequence coding for the constant region of the dromedary gamma3 heavy chain antibody. *J Camel Pract. Res.*, 4: 177-182.
- Aussel, X. 2002. Etude de bactéries lactiques isolées du shubat. Rapport de stage au CIRAD-AMIS, BTSA industrie agroalimentaire.
- Braegger, C. 2002. Le rôle des probiotiques dans la prévention et le traitement de la gastroentérite aiguë chez l'enfant. Die deutsche Fassung dieses Artikels ist in der *Paediatrica* erschienen, 13(5): 29-33.
- Elagamy, E.I. 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, 68: 277-232.
- El-Gawad, I.A.Abd., El-Sayed, E.M., Mahfouz, M.B., El-Salam, A.M.Abd. 1996. Changes of lactoferrin concentration in colostrum and milk from different species. *Egyptian Journal of Dairy Sciences*, 24:297-308.
- Elkhidir, H.E. 2002. Vitamin C status in Sudanese camels. PhD Thesis, University of Utrecht, Pays-Bas, 98 p.
- Hülsebusch, C. 1999. Immunoglobulin G status of camels during 6 months post-partum. Hohenheim. Tropical Agriculture Series (éd.), Verlag publ., Weikersheim, Allemagne, 147 p.
- Konuspayeva, G. 2003. La lactoferrine dans le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*). Essai de séparation chromatographie sur colonne. Diplôme d'études approfondies, Université de Montpellier II, France, 31 p.
- Loiseau, G., Faye, B., Serikbaeva, A., Montet, D. 2001. Enzymes ability to serve as markers of pasteurized camel milk. Int. Conf. on new horizons in biotechnology, 18-21 avril 2001, Trivandrum, Inde.
- Mason, P.L., Heremans, J.F. 1971. Lactoferrin in milk from different species. *Comp. Biochem. Physiol.*, 39: 119-129.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Durdyrev, A. 1985a. Standard de la République turkmène SSR. Boisson essentielle doïran. RST TSSR 178-85, Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Nurkuliev, Sh. 1985b. Standard de la République turkmène SSR. Chal de chamelle. RST TSSR 180-85, Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Durdyrev, A. 1985c. Standard de la République turkmène SSR. Agaran-crème. RST TSSR 177-85, Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K. 1985. Technologie de la préparation doïran. (1985). Boisson essentielle doïran. Achkhabad, Turkménistan, 5 p.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Durdyrev, A. 1985d. Technologie de fabrication shubat «Turkestan Mangystau». Société privée Taushyk, Mangystau région, Kazakhstan.
- Mousakaraev, T., Saparov, K., Nurkuliev, Sh. 1984. Technologie de la préparation chal et Agaran-crème. Achkhabad, Turkménistan, 6 p.
- Moussayev. 2002. *Селекционно- племенная работа в коневодстве и верблюдоводстве Казахстана Материалы I международного ветеринарного конгресса 10-11 октября 2002г.* Almaty, Kazakhstan, 101-103.

- Qian, Z.-Y., Jolles, P., Migliore-Samour, D., Fiat, A.-M. 1995. Isolation and characterization of sheep lactoferrin, an inhibitor of platelet aggregation and comparison with human lactoferrin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1243: 25-32.
- Sabumukama, C. 1997. Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire et mise au point d'un test simple de contrôle. Rapport de stage au CIRAD-SAR et ENSIA, Diplôme de mastère grandes écoles, France.

Chapitre 8

Camel milk hygiene and mastitis: Examples from Kenya and Somalia

M. Younan¹⁷, M. Kenyanjui¹⁸,
J. Wangoh¹⁹, A. Nganga²⁰, Z. Farah²¹,
A. Wasem²², V. Galetti²³, S. Bornstein²⁴

8.1 CAMEL MILK

Camel milk, a staple food of pastoralists has become a commodity and the economy of Somalia depends, to a large extent, on “commercial nomadism”. A EU/UNA project in Gardo, Somalia, has established a milk collection and processing centre to improve camel milk marketing. In Kenya, a very active trade system supplies fresh camel milk to Nairobi’s Somali community (up to 3 000 litres/day). A local camel milk supply to provincial centres is also evolving in North Kenya. Customers are sedentary ex-pastoralists. KCA/KARI are offering support and training to local camel milk processors (mainly women-groups).

The structure of the camel milk collection/marketing systems in Somalia and in the Somali regions of North Kenya is quite similar: highly mobile primary and secondary collection, urban trade based on a kinship trust-basis: public transport being the only means of transport, breakdowns and delays occurring during rains cause milk spoilage and financial losses (milk fetches about 40 percent less than fresh milk). As a result, the producer takes camel milk on foot to mobile collection camps; the collector trades goods for milk (barter), sometimes for cash; the transporter is contracted by collectors (payment per container); and the urban milk trader sends back goods/cash via the same system.

In most pastoral cultures in Kenya/Somalia, milking of camels is a male domain. Milk collection and marketing lies mainly in the hands of women, while transport is dominated by men. Transport distances vary from 60 to 300 km.

¹⁷ Kenya Camel Association (KCA). Nanyuki, Kenya (supported by GTZ).

¹⁸ European Union/UNA project, «Sustainable Improvement of Camel Milk Production and Trade». Gardo, Puntland, Somalia.

¹⁹ European Union/UNA project, «Sustainable Improvement of Camel Milk Production and Trade». Gardo, Puntland, Somalia.

²⁰ European Union/KARI, «Mini-dairies Project». Marsabit district, Kenya.

²¹ Institute of Food Science Laboratory of Dairy Science. ETH Zurich, Switzerland.

²² Institute of Food Science Laboratory of Dairy Science. ETH Zurich, Switzerland.

²³ Institute of Food Science Laboratory of Dairy Science. ETH Zurich, Switzerland.

²⁴ Institute of Food Science Laboratory of Dairy Science. ETH Zurich, Switzerland.

8.2 HYGIENE

A major hygiene hazard is the poor quality and limited availability of water to camel milk producers.

TABLE 1
Hygiene hazards in camel milk production, collection & marketing

Camel	Wounds/abscesses, unclean teats/udder, mastitis, zoonosis.
Milker	Unclean hands, milking bucket (plastic), and milking site.
Milk collector	Dirty transport container (plastic), pooling of milk, no or unclean filtration, exposure to hot environment.
Milk transporter	Delays, unnecessary extra exposure to hot environment.
Milk vendor	Additional pooling (milk adulteration is rare), selling from open containers in an unclean environment.
Consumer	Traditional preference for consumption of raw milk.

8.2.1 Total bacterial counts (TBC) in Kenyan and Somali camel milk

TABLE 2
Total bacterial counts in Kenyan camel milk (averages)

Milk sampled from	TBC
Udders during milking directly into clean container	10^2 - 10^4 CFU/ml
Milking bucket	10^3 - 10^4 CFU/ml
Pooled raw milk immediately after milking	10^3 - 10^5 CFU/ml
Pooled raw milk stored 24 hours without cooling	10^5 - 10^8 CFU/ml
Milk vendors:	
- close to the production area (less than 24 hours old milk)	10^6 - 10^7 CFU/ml
- in Nairobi (up to 48 hours old milk)	10^6 - 10^8 CFU/ml

EU-standard for raw cow milk: TBC < 10^5 CFU/ml.
Kenya Bureau of Standards raw milk categories:
- good raw milk: TBC 1 - 2×10^6 CFU/ml.
- bad raw milk: TBC 2 - 5×10^6 CFU/ml.
- very bad raw milk: TBC > 5×10^6 CFU/ml.

TABLE 3
Total bacterial counts in Somali camel milk

Milk sampled from	TBC
Producing herds [#] (n = 26)	average 2.7×10^7 CFU/ml (range 10^5 - 10^8)
Primary collection (n = 15)	average 6.9×10^8 CFU/ml (range 10^5 - 10^9)
Local market* (n = 20)	average 6.7×10^8 CFU/ml (range 10^7 - 10^9)
Distant market** (n = 2)	1.7×10^9 CFU/ml

[#] relative figures, due to prolonged sample transport (48 hours).

* < 100 km distance from producer.

** 300 km distance from producer.

8.2.2 Raw camel milk quality

TABLE 4

Raw camel milk quality from different production systems

Producing herds (herd size)	Milk transport container	Duration of transport	Milk temperature at reception	Resazurin test* (10 minutes)
Kenya: n = 5 herds (1-4 camels)	gourd (smoked); 1-3 litres	2-3 hours (on foot)	24-25 °C	range 5-6
Somalia: n = 7 herds (20-60 camels)	plastic/metal; 3-20 litres	6-9 hours (by car)	30-31 °C	range 0-3

*Milk tested upon arrival at the dairy.

Interpretation of Resazurin (10 minutes) results for cow milk:

0 = not to be processed

1 to 3 = only good for butter fat recovery

4 to 6 = good for pasteurization

Obviously, using smoked traditional gourds, receiving camel milk directly from the producer, avoid pooling milk of different hygienic quality, and short transport distances, offer milk hygiene advantages. However, such a system can only receive milk from a limited production area and is unlikely to provide the necessary volume of milk for profitable processing and marketing.

8.2.2.1 Milk quality improved by use of metal containers

TABLE 5

Comparison of split milk batches from four camel herds in Somalia: milk transported parallel in plastic and in metal containers

	Milk in metal container	Milk in plastic container
Resazurin 10 minutes	average 4 (range 3-6)	average 2 (range 0-5)

The transport time between herd and market was 6 hours \pm 40 minutes. Milk was sampled and tested immediately after arrival at the market.

8.2.2.2 Milk quality improved by filtration

At primary collection sites, camel milk from different producers was pooled and filtered. The resulting TBC is 10^8 CFU/ml, with "filtration" through reused gauze into transport container, and 10^6 CFU/ml with proper filtration – filtering through fresh gauze. Although the above figures are relative – due to prolonged sample transport (> 48 hours) – the TBC difference (10^2) is valid. The problem however, is the availability of filters.

8.2.3 Recommendations to improve camel milk hygiene

Standard dairy hygiene recommendations seem out of place in an environment without clean water.

TABLE 6
Options/problems to improve camel milk hygiene

Options	Problems
Replacement of cheap plastic with quality steel containers	Availability of containers, increased weight and transport costs
Filtration of milk with disposable clean gauze/paper-filters	Non-availability and costs of filters, old filters are reused
Rotation of sealed sanitised containers between bush and market: used successfully by traders that receive milk directly from large herds	Due to complex collection chain, clean containers receive dirty milk
Flash boiling of raw milk at primary collection sites	Recontamination results in complete milk spoilage instead of souring
Reducing milk temperature (shade box, evaporative charcoal-cooling): big potential for improving camel milk quality	-
Using hot boiled water for final cleaning of containers	Scarcity of firewood/charcoal/water
Accelerating transport	Huge costs of independent transport
Routine use of LPS	Almost all camel milk is marketed raw

Education of producers/collectors through demonstrating milk testing in the field can only create awareness, but will not have immediate effect on milk quality.

Based on individual milking and milk handling practices, camel milk quality at the production level already varies a lot –TBC in Kenyan herds immediately after milking varied from 10^3 - 10^5 CFU/ml. This offers the chance of selecting good practices for improved milk quality in the bush. A working solution could be routine 'clot on boiling' or alcohol test before milk is pooled at primary collection sites.

8.2.4 Preserving milk quality with LPS

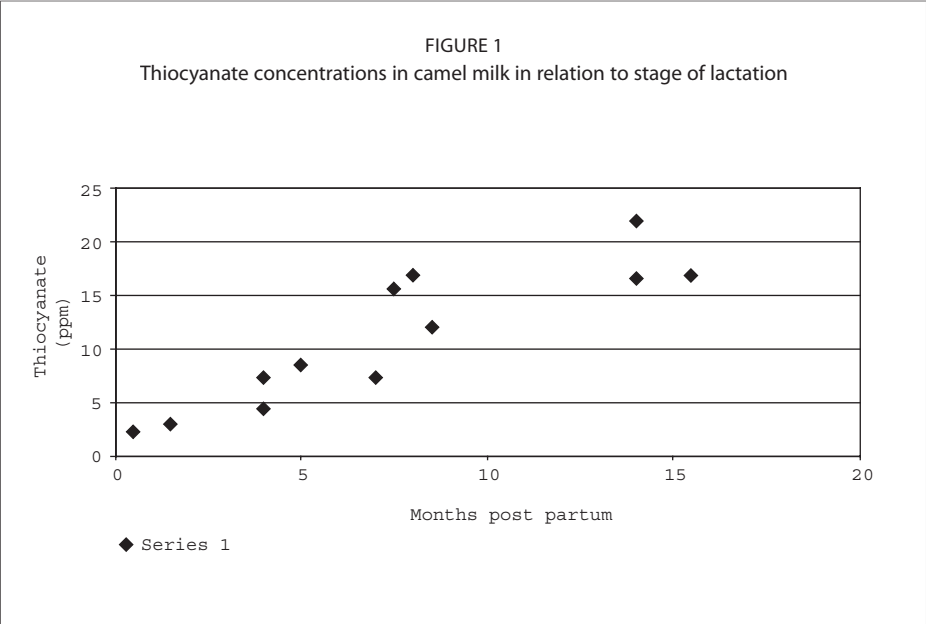
TABLE 7
Kenyan LPS test run (milk temperature during transport at 31.4 -27.6 °C)

Milk treatment	Resazurin test		SCN- conc. [ppm]	
	8.45 am	2.30 pm	8.45 am	2.30 pm
none	5	3	4.2	3.2
LPS	5	5	8.7	6.5

TABLE 8
Somali LPS test run (milk temperature during transport at 27 -31 °C)

Milk treatment	Resazurin test			SCN- conc. [ppm]	
	9 am	1 pm	5 pm	9 am	1 pm
none	5	0	0	8.1	
LPS	5	4	1	15.2	14.2
Cooled (8 °C)	5	4	4		

With the use of LPS, a wide variation of SCN⁻ concentrations in camel milk can be observed. The question of the length of the lag-phase of camel milk under hot conditions still needs to be examined.



8.3 MASTITIS

Aseptically sampled milk from non-infected bovine udders contains 10^2 to 10^3 CFU/ml. From cattle with subclinical mastitis, the TBC increases up to 10^5 CFU/ml. By comparison, both healthy and mastitic camel milk may have a lower pre-secretion bacterial load than cow’s milk.

TABLE 9
TBC in milk from infected and non-infected camel udders

California Mastitis Test (CMT)	Infection status	TBC
(4 camels) 16 quarters CMT+	12 quarters infected*	3.3×10^3
(6 camels) 24 quarters CMT-	24 quarters non-infected**	2.1×10^3 *

* subclinical *Streptococcus agalactiae* mastitis, normal milk consistence
** free of mastitis pathogens

Under poor hygiene conditions, post-secretion contamination from milkers’ hands, milking buckets, udder exterior, is apparently more important than mastitis bacteria. But mastitis affects the milk processing quality.

8.3.1 Relevance of mastitis in camel milk production

Many pastoralists rank mastitis as a problem, and this reflects not just clinical mastitis. Interviews with Gabbra/Somali camel owners in Kenya report one third loss of teats (Kaufmann, 1998). Individual herd owners claim 10 to 50 percent of their camels have less than four intact quarters (Kenya Camel Forum). All lactating camels in the six herds examined, presented an average percentage of lactating camels with less than 4 intact quarters of 8 percent (range 0-18 percent).

TABLE 10
Prevalence of *Streptococcus agalactiae* in raw camel milk in Somalia

Milk sampled from	Number of milk batches*	<i>S. agalactiae</i> positive milk**
Producing herd	10	50%
Milk collector	37	62%
Urban market	23	70%
Milk plant reception	18	89%

* one milk transport container = one batch

** *S. agalactiae* prevalence increase along the marketing chain reflects degree of pooling

During this raw milk screening, 10 ml (bacteriol. loop) per milk batch were inoculated for bacteriological culture. When increasing the inoculated milk volume to 0.1 ml (micropipette), the *S. agalactiae* prevalence at milk collection sites was 100 percent!

8.3.2 Quick refresher course on mastitis terminology

Infectious ('udder-associated') mastitis:

- is successfully controlled in modern intensive dairy production;
- originates from infected udders;
- economically, one of the most important form of udder infections, persistent;
- progressive induration of the mammary glands of the dead quarters;
- few visible signs, mostly subclinical.

Main cause: *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus*.

Environmental mastitis:

- difficult to control, even in modern intensive dairy production systems;
- originates from the environment;
- secondary importance, lesser tendency to persist and often self limiting;
- sometimes exhibits dramatic clinical cases;
- caused by a wide variety of pathogens (e.g. *Escherichia coli*).

8.3.3 Camel mastitis in pastoral milk production

The emphasis of research and possible control interventions should be on subclinical udder associated infections (infectious mastitis).

TABLE 11
Comparative data from the region: intramammary infections of camels with *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus*

Country	<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
KENYA* (n = 1 305 milk samples)	12.1%	10.6%
SUDAN** (n = 757 milk samples)	26.7%	17.0%
SUDAN*** (n = 391 milk samples)	17.6%	5.4%

* Younan, 2001.

** Obied, 1996.

*** Abdurahman, 1995.

TABLE 12

Prevalence of intramammary infection with *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus* in six camel herds in Kenya (1998-2000)

Herd	Lactating animals	Prevalence ^a (% of lactating animals)	
		<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
A	n = 83	18	10
B	n = 54	6	13
C	n = 42	2	12
D	n = 10	50	10
E	n = 11	0	9
F	n = 7	14	0

^a For herds A, B, C the figures represent a period prevalence. For herds D, E, F they represent a point prevalence; repeatedly identified infections are only counted once. Herds A and D are commercial herds.

An important question is whether camel mastitis is of economic rather than hygienic importance.

TABLE 13

Potential milk losses in Gabbra and Somali camels due to *Streptococcus agalactiae* udder infections (milk yields in kg)

	Yield per lactation	25% reduced (milk lost per lactation)	Milk yield (income lost per lactation)*
Gabbra (subsistence production)	50	112.5	4 euros
Somali-Hoor camels	050	512.5	84 euros
Somali-average camels	600-700	150-175	13-131 euros

* Based on Nairobi average camel milk prices: 0.75 euro/kg. Camel milk prices in Bosaso/Somalia are 1 euro/kg and above. Camel milk price in Dubai is 1.50 euro/kg.

Source: Torry (1973), Hussein (1987), Herren (1987).

Chapitre 9

Aptitude à la conservation et à la transformation fromagère du lait de chamelle

J. P. Ramet²⁵

RÉSUMÉ

Le lait de chamelle représente une ressource alimentaire unique en milieu aride, toutefois sa valorisation est restée, jusqu'ici, très limitée par l'absence de procédés adaptés de conservation.

Des études récentes ont montré que la conservation du lait cru a température ambiante pouvait être prolongée en limitant la prolifération microbienne indésirable par réactivation du système endogène enzymatique lactoperoxydase (LPS). La méthode consiste à ajouter au milieu, immédiatement après la traite, de petites quantités équilibrées de thiocyanate et de peroxyde. Des essais de terrain ont montré, qu'après apport de 10 ppm de thiocyanate et de peroxyde d'hydrogène, l'acidification naturelle du lait était retardée, respectivement, de six à huit heures lors d'une conservation à 20 et 30 °C. La mise en opération de la méthode est très simple et facilitée par la disponibilité de kits commerciaux adaptés aux traitements de quantités définies de lait; son coût reste faible et voisin de 1 pour cent du prix du lait.

D'autres travaux ont permis d'expliquer la difficulté du lait de chamelle à être transformé en fromages: teneur réduite en caséine kappa, aptitude très limitée à l'acidification lactique et à la coagulation enzymatique. Parmi les différentes méthodes de corrections proposées, le mélange de lait caséux provenant d'autres espèces (ovins, bovins) permet de renforcer l'aptitude fromagère. L'expérimentation confirme, en particulier, l'intérêt d'utiliser le lait de brebis en quantités limitées (10 à 30 pour cent du mélange) pour améliorer considérablement les modalités de la coagulation et de l'égouttage, ainsi que les rendements fromagers.

Camel milk storage and cheese making methods

ABSTRACT

Camel milk represents a unique food resource in arid areas, however, its utilization is limited by a lack of suitable storage processes. Recent studies have shown that the

²⁵ Ecole Nationale Supérieure d'agronomie et des industries alimentaires, Laboratoire de physico-chimie et de génie alimentaires. 2, Avenue de la Forêt de Haye, BP 172 F- 54 505 Vandoeuvre lès Nancy, France (tél: [+33]-3-83 59 59 59, télécopie: [+33]-3-83 59 58 04; courrier électronique: Jean-Paul.Ramet@ensaia.inpl-nancy.fr).

storage of raw milk at ambient temperature can be increased by limiting detrimental microbial growth using the lactoperoxidase system (LPS). The method consists in adding, after milking, small balanced amounts of thiocyanate and peroxide. Field experience has shown that after introducing 10 ppm of sodium thiocyanate and hydrogen peroxide, the natural acidification of camel milk is delayed from six to eight hours at 20 °C and 30 °C, respectively. The method is simple and kits to treat precise amounts of milk are readily available and cheap, about 1 percent of the price of milk.

Other authors have explained the difficulties faced when processing camel milk into cheese: low casein content, weak lactic acidification and enzyme coagulation. Among the different methods proposed to improve cheese making, blending the camel milk with caseinous milk from other species (sheep, cattle) is of great interest. Experiments have demonstrated that mixing camel's milk with ewe's milk (10 to 30 percent of the total blend) improves the coagulation and draining, as well as the cheese yield.

9.1 INTRODUCTION

La production mondiale du lait d'origine caméline reste modeste comparée aux autres espèces (tableau 1).

La composition varie selon les espèces (tableau 2).

Les facteurs d'altération du lait sont les suivants:

- présence d'agents actifs de dégradation, tels que les micro-organismes et les enzymes d'origines endogène et exogène;
- présence de nombreux composants dégradables, à savoir une grande variété chimique de substrats dégradables et la présence de multiples nutriments pour la microflore contaminante;
- présence de conditions physiques et chimiques favorables à la dégradation, telles que la température (25-35 °C), l'acidité (pH 6,6-6,8), l'activité de l'eau ($A_w \sim 1$), le temps, l'oxygène;
- stabilité naturelle du lait cru, qui est de deux à six heures en fonction du type de lait, du taux de contamination et de la température ambiante; les composants du lait générant une activité antimicrobienne sont le lysozyme, la lactoperoxydase, la lactoferrine, la vitamine C;
- stabilité du lait et des produits dérivés après préservation, qui varie de quelques heures à plusieurs mois, selon le type de traitement.

TABEAU 1

Production mondiale de lait (millions de tonnes)

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Vache	465,7	467,5	469,6	471,8	483,4	489,8	489,8	494,6
Bufflesse	48,1	52,3	57,0	59,7	63,4	65,8	68,0	69,1
Chèvre	10,0	10,1	11,8	12,1	12,1	12,2	12,4	12,5
Brebis	7,9	8,0	8,3	8,2	8,0	8,1	8,0	7,8
Autres	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

Source: économie laitière en chiffres, CNIEL, éd. 2002, Paris.

TABEAU 2

Composition chimique macroscopique du lait (%)

Type	Vache	Chèvre	Brebis	Bufflesse	Chamelle
Eau	87,3	87,1	81,0	84,5	87,4
Matière sèche	12,7	12,9	19,0	15,5	12,6
Matière grasse	3,8	4,1	7,5	6,7	3,6
Matières protéiques	3,3	3,5	6,0	3,9	3,6
Lactose	4,7	4,5	4,6	4,1	4,7
Matières minérales	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7

TABLEAU 3
Les voies principales de conservation du lait

Type de traitement appliqué	Produit obtenu
Refroidissement: 0-4 °C	Lait réfrigéré
Refroidissement: < 0,55 °C	Lait congelé
Chauffage: < 100 °C	Lait pasteurisé
Chauffage: > 100 °C	Lait stérilisé
Chauffage, puis fermentation lactique	Lait fermenté
Chauffage, puis gélification	Lait gélifié
	Lait emprésuré
Chauffage et dépression de l'activité de l'eau par évaporation:	
limitée, puis stérilisation	Lait concentré non sucré
limitée, puis sucrage	Lait concentré sucré
importante	Lait sec
Concentration sélective de la matière grasse par:	
écrémage spontané ou centrifuge	Crème crue
puis chauffage < 100 °C	Crème pasteurisée
puis chauffage > 100 °C	Crème stérilisée
puis acidification et agitation	Beurre
puis chauffage	Beurre concentré
puis chauffage, centrifugation	Huile de beurre
Concentration sélective de la matière sèche par:	
coagulation, puis égouttage	Fromage classique
ultrafiltration, puis coagulation	Fromage ultrafiltré

Les exigences de la qualité pour un aliment moderne requièrent qu'il soit sain, équilibré, naturel, pratique et bon.

9.2 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉLEVAGE CAMÉLIN

Animal emblématique du nomadisme en milieu désertique, le chameau se rencontre principalement en Afrique et en Asie; le cheptel est estimé à 20 millions de têtes, dont 18 millions de *Camelus dromedarius* et 2 millions de *Camelus bactrianus*.

Les finalités de l'élevage camélin sont la production de lait, de viande, de laine et le transport. Les élevages sont de types extensif traditionnel ou intensif.

La durée de lactation varie entre neuf et dix-huit mois et le rendement en lait entre 600 et 3 600 kg.

Les produits laitiers dérivés sont les laits boissons (frais, pasteurisé), les laits acidifiés, le beurre, la poudre de lait et les fromages.

9.3 PROPRIÉTÉS TECHNOLOGIQUES DU LAIT DE CHAMELLE

Les comportements spécifiques inhérents au lait de chamelle sont l'aptitude limitée à l'acidification, l'instabilité au chauffage, l'aptitude limitée à la coagulation acide et enzymatique ainsi qu'à la fabrication de beurre.

Parmi les produits dérivés traditionnels du lait de chamelle, on peut citer les boissons acidifiées, le beurre et la poudre de lait. Quant aux produits dérivés

modernes, tels que les fromages, ils ont fait l'objet d'une étude de faisabilité (menée par la FAO en Arabie Saoudite, 1985), d'une étude de la production (menée par la FAO en Tunisie, 1986), et d'une publication (FAO, Rome, 1993). En ce qui concerne la production de lait pasteurisé, le cas de la Mauritanie a également été étudié (1989).

9.4 AMÉLIORATION DE L'APTITUDE À LA CONSERVATION DU LAIT CRU DE CHAMELLE PAR RÉACTIVATION DU SYSTÈME LACTOPEROXYDASE

9.4.1 Principe

Il s'agit de prolonger dans le temps l'activité antimicrobienne du système LPS, contenu naturellement dans le lait cru, en vue de limiter la prolifération microbienne indésirable et l'altération de ses constituants.

9.4.2 Méthodologie (essais en Syrie [1998])

Des laits de mélanges issus de 18-22 chameelles en milieu de lactation ont été collectés au voisinage de Alep. Deux niveaux de qualités microbiennes des laits ont été identifiés: moyenne (MQ) – temps de réduction BM inférieur à deux heures –, et haute (HQ) – temps de réduction BM supérieur à deux heures. Deux températures de conservation, 20 et 30 °C, ont été appliquées. On a ensuite ajouté des réactifs dans l'heure suivant la traite: du thiocyanate de Na (10 ppm) et du peroxyde d'hydrogène (10 ppm), avec n = 4. (Auteurs: E. El Mayda et J.P. Ramet.)

9.4.3 Résultats

L'analyse des figures montre que la vitesse d'acidification est plus rapide dans les laits de qualité initiale moyenne, que dans ceux présentant une haute qualité; la vitesse d'acidification est plus rapide à 30 °C qu'à 20 °C; la qualité initiale du lait est maintenue pendant six à huit heures après avoir opéré l'apport des réactifs; et l'acidification différentielle entre les laits témoins et les laits réactivés est plus importante à 20 °C qu'à 30 °C.

9.5 AMÉLIORATION DE L'APTITUDE FROMAGÈRE DU LAIT DE CHAMELLE

Comme il a été souligné précédemment, le lait de chamelle a une aptitude limitée à la transformation en fromage. Notamment, l'absence de tradition fromagère véritable donne un lait acidifié thermocoagulé.

Par ailleurs, la faible aptitude à la coagulation enzymatique aboutit à une affinité limitée pour la présure et à une structuration limitée des gels formés. Les origines de cette aptitude limitée sont la teneur réduite en matière sèche totale et caséine, notamment en saison chaude, le diamètre élevé des micelles de caséine, et la teneur réduite en caséine kappa.

Quant à la faible aptitude à la coagulation acide, elle suscite la présence de composants à activité antimicrobienne inhibiteurs de l'acidification lactique par voie fermentaire, un pouvoir tampon élevé ralentissant la baisse de pH, et une très faible structuration du gel avec formation d'un précipité floconneux.

En ce qui concerne l'égouttage, on constate des difficultés dans la conduction

des opérations mécaniques de l'égouttage en raison de l'extrême fragilité des gels formés, une séparation rapide du lactosérum avec perte importante de matière grasse dans le lactosérum et un rendement fromager bas.

Enfin, pour ce qui est de l'aptitude à l'affinage, on déplore un nombre limité d'observations, une texture onctueuse pour les fromages humides, des défauts ponctuels, tels qu'une texture en bouche rugueuse et collante pour les fromages à humidité moyenne et faible, et une saveur salée et (ou) amère.

9.6 MÉTHODES DE CORRECTION DE L'APTITUDE FROMAGÈRE DU LAIT DE CHAMELLE

Pour ce faire, il faut tout d'abord sélectionner un lait de bonne qualité chimique et microbienne.

La préparation du lait passe par la thermisation ou pasteurisation basse, puis par l'augmentation de la teneur en matière sèche – apport de lait frais (vache, brebis), apport de lait en poudre, évaporation, ultrafiltration – et enfin, par la correction des équilibres salins – chlorure, phosphate de calcium, chlorure de sodium.

La conduite de la coagulation passe, tout d'abord, par la sélection de la préparation coagulante – pepsine bovine, présure, protéase *M. miehei* –, puis l'augmentation de la concentration en enzyme coagulante et l'ajustement du pH – ferments lactiques, pré-maturation –, et enfin l'augmentation de la température de coagulation.

En ce qui concerne l'égouttage, il est nécessaire de limiter l'intensité et la durée des traitements mécaniques du gel en raison de sa fragilité.

Enfin, pour une bonne conduite de l'affinage, il est important de prévenir une susceptibilité accrue au séchage (moindre hydrophilie de la caséine, teneur réduite en MG).

9.7 INCIDENCE DE LA SUPPLÉMENTATION DU LAIT DE CHAMELLE PAR DU LAIT DE BREBIS LORS DE LA TRANSFORMATION EN FROMAGES

9.7.1 Objectif

La supplémentation vise à compenser le déficit du lait de chamelle en caséine pour améliorer son aptitude à la coagulation et à augmenter la teneur du lait de chamelle en matière sèche pour remédier à la fragilité des gels et pour améliorer les modalités de l'égouttage.

9.7.2 Matériel et méthodes

Cela consiste à ajouter du lait de brebis (10 à 50 pour cent) au lait de chamelle, puis à mesurer la cinétique de coagulation enzymatique par turbidimétrie, et à fabriquer des fromages de type pâte pressée non cuite. Pour ce faire, on a effectué une mesure de la cinétique de l'égouttage et une évaluation des rendements en fromages ce qui a fait l'objet d'une étude menée par la FAO en Arabie saoudite (1990) ainsi que de publications: de J.P. Ramet, La technologie des fromages au lait de dromadaire – Etude FAO, Production et santé animales, 1993, Monographie n° 113 –; et de M.A. Mehaia (1994).

9.7.3 Résultats

L'ajout de lait de brebis au lait de chamelle a des conséquences très positives sur l'aptitude fromagère: la coagulation est plus rapide et les propriétés rhéologiques sont renforcées en fermeté et élasticité; l'égouttage du lactosérum est plus rapide et plus important par suite d'une meilleure réticulation du gel, et l'acidification du lactosérum est également légèrement améliorée suite à l'atténuation du pouvoir tampon des mélanges; les rendements fromagers exprimés en poids bruts et en poids secs augmentent avec l'enrichissement en lait de brebis, et le taux de récupération de la matière sèche du lait dans le fromage est sensiblement amélioré.

9.7.4 Conclusion

Le mélange du lait de chamelle avec d'autres types de laits caséux améliore considérablement l'aptitude à la transformation fromagère. Le lait de brebis est le plus adapté à cet usage en raison de sa très haute teneur en caséine, mais les autres laits réputés de bonne aptitude fromagère (laits de bufflesse, de zébu, de vache), peuvent être aussi utilisés avantageusement.

Cette méthode, simple et efficace, est facilement applicable pour les fabrications familiales et artisanales.

9.8 CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Le lait de dromadaire constitue une ressource alimentaire unique des régions arides, puisqu'il existe une production et une consommation saisonnières traditionnelles du lait et produits dérivés.

Le développement de la fabrication de fromages permet de mieux conserver et de différer dans le temps la consommation d'un aliment hautement nutritif. Pour ce faire, l'accession à de nouvelles techniques de fabrication – kit de coagulation – ainsi qu'à de nouveaux marchés et de nouvelles habitudes alimentaires est nécessaire.

La création de fromages nouveaux, pouvant être authentifiés par un signe officiel de qualité, représente donc une opportunité, à condition de parfaire la connaissance sur l'évolution saisonnière de l'aptitude fromagère du lait de chamelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme. 1989. Le dromadaire. Maisons-Alfort, France, Revue Elevage et médecine vétérinaire dans les pays tropicaux, 42(1), 144 p.
- Anonyme. 1994. Dromadaires et chameaux, animaux laitiers: Colloque de Nouakchott, Mauritanie, 24-26 octobre 1994. Bonnet, P. (éd.), Publ. CIRAD, France, 392 p.
- Farah, Z. 1996. Camel milk. Properties and products. St.Gallen, Suisse, Skat, 91 p.
- Ramet, J.P. 1985. La technologie des fromages au lait de dromadaire. Etude FAO, Production et santé animales, Monographie n° 113, Rome, Italie, 118 p.

Chapitre 10

Contrôle enzymatique de la pasteurisation du lait de chamelle et mise au point d'un test pratique

M. Male²⁶, Franck S.G. Vias²⁷, M. Bengoumi²⁸

RÉSUMÉ

Afin de mettre au point une méthode de vérification de l'efficacité de la pasteurisation du lait de chamelle, se basant sur l'usage d'un marqueur enzymatique, 10 échantillons de lait de chamelle provenant de la province de Dakhla (Maroc) ont été testés.

Auparavant, le dénombrement de la flore microbienne du lait cru a révélé une charge plus importante dans le lait de chamelle (9×10^6 UFC/ml) que dans le lait de vache (9×10^3 UFC/ml). Cependant, pour ramener la charge microbienne à un niveau acceptable, on doit appliquer au lait de chamelle un barème de pasteurisation plus élevé que celui de la vache qui va de 75 à 80 °C pendant 10 ou 15 minutes. Deux enzymes, la γ -glutamyltransférase et la phosphatase alcaline ont été testées en vue de déterminer l'enzyme dont l'inactivation par la chaleur interviendrait légèrement après l'élimination du nombre de micro-organismes visée par une pasteurisation convenable.

La phosphatase alcaline n'est pas inactivée dans le lait de chamelle pasteurisé, alors que La γ -glutamyltransférase est inactivée dans le lait de chamelle ayant subi une bonne pasteurisation (70 °C pendant 45 minutes).

C'est la γ -glutamyltransférase qui a été alors retenue car son inactivation thermique intervient après la mort des micro-organismes due à la pasteurisation.

Un test pratique pour la détection de l'activité de la γ -glutamyltransférase a été mis au point grâce à des bandelettes en papier. L'étude de la stabilité de ces bandelettes montre qu'elle pourrait se conserver au minimum un mois à une température comprise entre 20 et 25 °C. Les calculs sur le coût de revient de ce test (moins de 2 euros par ml de substrat et moins d'un tiers d'euro par bandelette) montrent qu'il convient aux possibilités économiques des pays en développement.

Mots clés: dromadaire; lait; pasteurisation; marqueurs enzymatiques.

Enzyme monitoring of pasteurised camel milk and development of a

²⁶ Cellule d'appui à la promotion de l'élevage au Niger. BP 510, Niamey, Niger.

²⁷ Cellule d'appui à la promotion de l'élevage au Niger. BP 510, Niamey, Niger.

²⁸ Département de pharmacie, toxicologie et biochimie, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. BP 6202 Rabat-Institus, Agdal, 10100 Rabat, Maroc (tél/télécopie: [+212] 37779684).

practical test

ABSTRACT

To develop a method to evaluate the efficiency of the camel milk pasteurisation, using an enzyme marker, several samples of camel milk from Dakhla, Maroc, were tested.

Fresh camel milk shows a higher content in micro-organisms (9×10^6 UFC/ml) than fresh cow milk (9×10^3 UFC/ml). The study has showed that the pasteurization of camel milk requires longer heat treatment (75 to 80 °C for 15 to 20 minutes) than cow milk to achieve the same standards of microbiological quality.

Two enzymes, γ -glutamyltransferase and alkaline phosphatase were tested to determine how they were affected by heat pasteurisation. Phosphatase proved to be still active in the pasteurised milk while γ -glutamyltransferase had been inactivated. This resulted in the development of a practical test using γ -glutamyltransférase with a strip of paper impregnated with substratum-solution. The enzyme substratum appeared to be remarkably stable on its paper support. An estimate of the cost of the test proved to be moderate considering the economical possibilities of the developing countries.

Key words: dromedary; milk; pasteurisation; enzymatic markers.

10.1 INTRODUCTION

Le développement de la filière laitière caméline nécessite l'amélioration des conditions de production, de collecte, de transformation et de la qualité de ses produits. Le lait contient, en général, des bactéries dont certaines peuvent être très pathogènes pour l'homme (tuberculose, brucellose, etc.). Un traitement thermique plus ou moins poussé est mis en œuvre pour éliminer la totalité des bactéries (laits stérilisés et UHT) ou seulement les bactéries pathogènes (laits pasteurisés). Au cours de ce traitement thermique, certaines enzymes du lait sont inactivées. C'est le cas de la phosphatase alcaline dont il est facile de déterminer l'activité. Les études réalisées sur le lait de vache indiquent que la disparition de l'activité catalytique de la phosphatase alcaline (PAL) apporte la garantie de l'innocuité du lait pasteurisé. La mise en évidence de cette enzyme dans le lait pasteurisé de vache est donc utilisée pour le contrôle d'une bonne pasteurisation. En revanche, des essais réalisés sur le lait de dromadaire, chauffé aux températures habituelles de pasteurisation du lait de vache, ont montré que cette enzyme est toujours active. Or, la production de lait pasteurisé de chamelle nécessite un test rapide de contrôle de la pasteurisation pour garantir la sécurité du consommateur. Ce travail s'inscrit dans cette perspective. Son objectif est double, rechercher les marqueurs enzymatiques témoins d'une bonne pasteurisation, et utiliser l'enzyme qui aura manifesté une sensibilité à la chaleur afin d'établir un test pratique de terrain pour le contrôle de la pasteurisation.

10.2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

10.2.1 Matériel

Les prélèvements de lait de chamelle utilisés ont été effectués à Dakhla et acheminés au frais au laboratoire de biochimie clinique et nutritionnelle de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II de Rabat par avion. Ces prélèvements ont été ensuite conservés au congélateur et la décongélation s'est faite dans un bain d'eau de robinet courante. Les échantillons de lait cru de vache ont été prélevés à la ferme du Gharb, à moins de 60 km de Rabat. La pasteurisation a été réalisée à différents degrés de température par immersion d'un tube en verre (bord droit et fond rond) contenant 3 ml de lait dans de l'eau maintenue à une température voulue dans un bain-marie. Le contrôle de la température a été effectué grâce à un thermomètre plongé dans un tube témoin contenant du lait. Après la soumission à la température et à la durée de pasteurisation souhaitées, les échantillons ont été immédiatement refroidis dans de l'eau de robinet à 22 °C. L'efficacité de la pasteurisation a été évaluée par comparaison avec le lait de vache pasteurisé industriellement par une mini laiterie de Dakhla.

10.2.2 Méthodes

10.2.2.1 Les analyses microbiologiques

La qualité hygiénique des laits crus et pasteurisés de chamelle a été déterminée pour trouver un barème de traitement thermique qui cadre avec les normes

préconisées pour le traitement du lait de vache. Des analyses quantitatives ont été réalisées pour déterminer le nombre de la flore mésophile aérobie totale et des coliformes totaux (selon la méthode d'ensemencement en profondeur).

10.2.2.2 Evaluation des activités enzymatiques

L'activité de la phosphatase alcaline a été mesurée en utilisant un substrat artificiel: le paranitrophényl phosphate (PNPP). L'hydrolyse de ce substrat par la phosphatase alcaline se traduit par la libération du paranitrophénol qui absorbe la lumière à 410 nm. Le paranitrophényl phosphate n'absorbe pas la lumière à cette longueur d'onde et la réaction enzymatique peut être facilement suivie par la mesure de la variation de la densité optique à 410 nm. Le dosage du paranitrophénol a donc été effectué par la méthode cinétique, la technique rapide qualitative (test d'Aschaffenburg et Muellen) et la méthode semi-quantitative grâce au comparateur de Lovibond.

Le substrat de la γ -glutamyltransférase (GGT) utilisé est le L- γ -glutamyl-p-nitroaniline qui, en présence de la glycylglycine, libère la L- γ -glutamylglycylglycine et la p-nitroaniline dont la vitesse de l'augmentation est déterminée par photométrie.

10.3 RÉSULTATS

10.3.1 Analyses microbiologiques et effet de la température sur les micro-organismes

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale dans le lait cru non pasteurisé de dromadaire nous donne une quantité de 9×10^6 germes par millilitre et celui des coliformes totaux 3×10^3 germes par millilitre (tableau 1). Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale et des coliformes totaux, réalisé sur des échantillons de lait qui ont subi un traitement thermique, a donné les résultats présentés dans le tableau 2.

TABLEAU 1
Nombre de germes dans le lait cru de dromadaire

Groupes de micro-organismes	Unité (UFC/ml)
Flore mésophile aérobie totale	9×10^6
Coliformes totaux	3×10^3

TABLEAU 2
Nombre de germes immédiatement après traitement thermique du lait de dromadaire

Température (°C)	Nombre de germes par millilitre			
	Durée de 10 minutes		Durée de 15 minutes	
	Flore totale	Coliformes	Flore totale	Coliformes
83	503	0	87	0
79	6 750	0	3 310	0
73	14 000	0	6 000	0

Les micro-organismes aérobies totaux dénombrés sur le lait de chamelle pasteurisé ont été de 7×10^2 par millilitre, et on a noté une absence totale de coliformes.

10.3.2 Recherche de marqueurs enzymatiques de la pasteurisation du lait de chamelle

10.3.2.1 La phosphatase alcaline

Le traitement thermique effectué sur le lait de chamelle, à différents degrés de températures habituelles de chauffage du lait de vache, a révélé une coloration jaune, témoin de l'inactivation de la phosphatase alcaline. Cette enzyme n'est pas complètement inactivée après un chauffage de 82 °C pendant 30 minutes. L'inactivation de la phosphatase a été obtenue après un traitement thermique de 82 °C pendant 40 minutes (tableau 3).

Des échantillons de lait de chamelle ayant subi une température de 63 °C pendant 30 minutes (pasteurisation basse) ont montré une activité de la phosphatase alcaline, alors que cette enzyme est inactivée dans le lait de vache traité dans les mêmes conditions de température et de temps (tableau 4). A la même température, et à des durées de chauffage plus élevées pouvant aller jusqu'à une heure, cette enzyme n'est pas inactivée. La phosphatase ne peut être inactivée qu'à des températures supérieures à 90 °C pendant les durées usuelles de pasteurisation de lait de vache (tableau 5).

TABEAU 3
Résultats de l'épreuve à la phosphatase alcaline, selon le temps de chauffage et la température, par la méthode qualitative d'Ashaffenburg et Muellen dans le lait de chamelle

Températures (°C)	Durées de chauffage (minutes)			
	30	40	50	60
63	+	+	+	+
75	+	+	+	+
80	-	-	-	-
82	+	-	-	-
85	-	-	-	-
95	-	-	-	-
100	-	-	-	-

TABEAU 4
Résultats de l'épreuve à la phosphatase alcaline dans le lait de vache par la méthode semi-quantitative

Température (°C)	Temps de chauffage (minutes)	Quantité de nitrophénol libérée (µg/ml)	Epreuve à la phosphatase
63	30	0	Absence de phosphatase
	40	0	Absence de phosphatase
	50	0	Absence de phosphatase
	60	0	Absence de phosphatase

TABLEAU 5
Résultats de l'épreuve à la phosphatase alcaline par la méthode semi-quantitative

Température (°C)	Durée de chauffage (minutes)	Epreuve à la phosphatase (quantité de nitrophénol en µg)
63	30	42
	40	42
	50	42
	60	42
70	30	42
	40	42
	50	42
	60	42
75	60	25
85	30	25
90	15	6
100	5	0

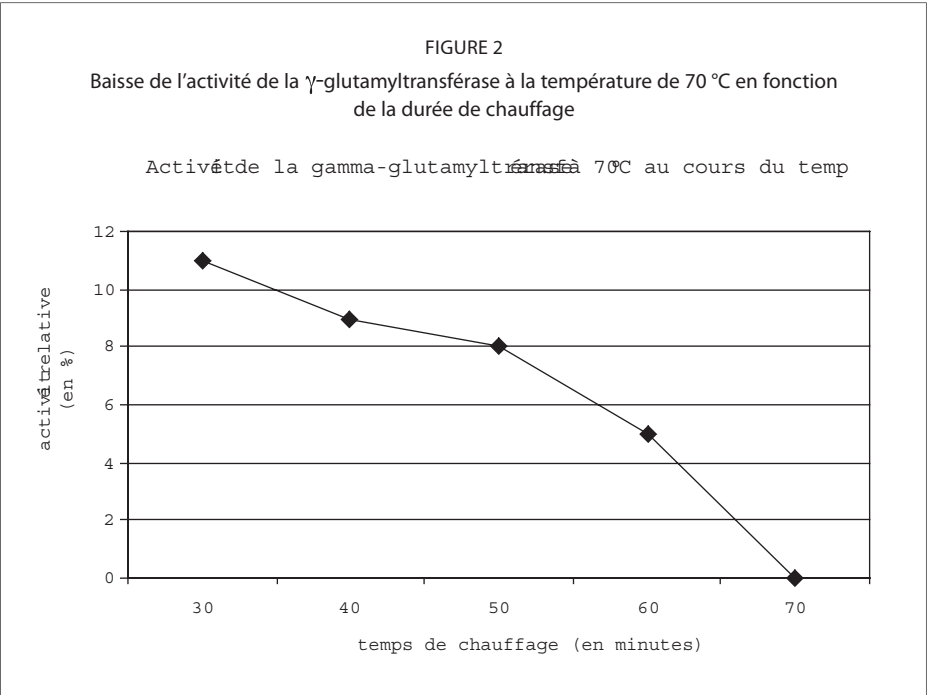
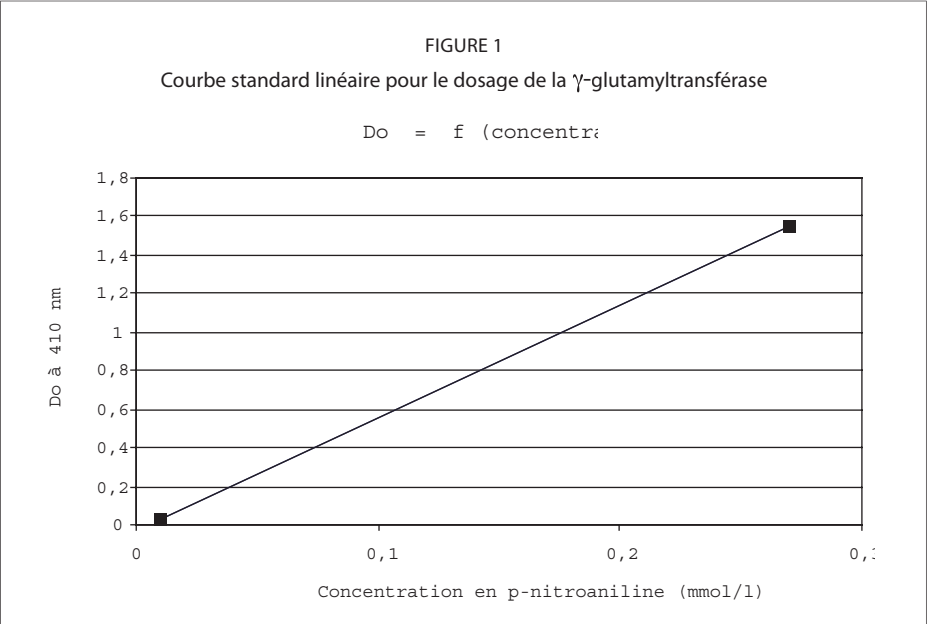
10.3.2.2 La γ -glutamyltransférase

L'activité de la γ -glutamyltransférase a été déterminée en utilisant une courbe standard linéaire (figure 1). La γ -glutamyltransférase est toujours active dans le lait de chamelle après une pasteurisation basse (63 °C/30 minutes) et même après une pasteurisation à 70 °C pendant 30 minutes. L'inactivation de cette enzyme a été obtenue à partir de 70 °C pendant 45 minutes. Cela prouve que la réduction du temps de chauffage et l'augmentation (le prolongement) de la température entraînent complètement l'inactivation de la γ -glutamyltransférase (figure 2).

10.4 DISCUSSION

10.4.1 Analyses microbiologiques et effet de la température sur les micro-organismes

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale dans le lait cru non pasteurisé de dromadaire révèle une quantité de 9×10^6 UFC/ml, contre 3×10^3 UFC/ml pour celui des coliformes totaux. Ces résultats montrent clairement que le lait de dromadaire est 10 fois plus chargé en micro-organismes que le lait de vache (9×10^4 UFC/ml au jour du conditionnement et 3×10^5 UFC/ml à la date limite de consommation, selon Joffin et Joffin, 1992). Selon de nombreux auteurs, comme Farah (1986) et Faye (1997), le lait de chamelle a des propriétés anti-bactériennes élevées qui lui assurent une bonne conservation au frais sans fermentation immédiate. Ce constat s'oppose à la charge microbienne anormalement élevée dans les échantillons analysés. Dans ce sens, Calvo et Olano (1992) signalent que quand le lait est collecté sous des conditions hygiéniques convenables, sa flore totale ne dépasse pas 10^3 à 10^4 UFC/ml. Cette charge microbienne élevée dans le lait de chamelle serait due à plusieurs facteurs: les mauvaises conditions d'hygiène lors de la traite ou de la conservation qui entraînent une contamination du lait et les fortes températures dans les zones arides et semi-arides favorables à la croissance des micro-organismes. L'amélioration de l'hygiène de la traite, de la collecte et la conservation rapide au froid permettraient de réduire la charge microbienne.



Le lait de dromadaire, soumis à un couple température/temps (83 °C pendant 15 minutes) supérieur au barème habituel pour la pasteurisation du lait de vache, est resté encore chargé en flore mésophile aérobie totale (87 germes par ml), alors que les coliformes sont détruits complètement. En revanche, les micro-organismes

aérobies totaux dénombrés sur le lait de chamelle, pasteurisé à 79-80 °C pendant 30 minutes et commercialisé par la mini laiterie de Dakhla, ont été de 7×10^2 par millilitre, et on a noté une absence totale de coliformes. Or, les normes pour le lait de vache pasteurisé sont de 30 000 germes par millilitre quatre jours après pasteurisation, et celles des coliformes de 10 par millilitre. Ainsi donc, pour assurer une bonne pasteurisation du lait de chamelle, il faut lui appliquer un couple de température/temps plus important que celui appliqué au lait de vache. Sabumukama (1997) a signalé dans ce sens que, pour être efficace, la pasteurisation du lait de dromadaire à 72 °C devrait durer bien au-delà de 30 secondes.

Enfin, la pasteurisation du lait de chamelle collecté en pays chauds, dans de bonnes conditions d'hygiène et de conservation, devrait se réaliser à des températures de l'ordre de 75 à 80 °C. Cependant, les traitements thermiques peuvent induire la détérioration de la qualité par des phénomènes de caramélisation, des réactions de brunissement, et les pertes de l'activité chimique chez le lait de chamelle.

10.4.2 Recherche de marqueurs enzymatiques de la pasteurisation du lait de chamelle

10.4.2.1 La phosphatase alcaline

La phosphatase alcaline n'a pas pu être inactivée aux températures usuelles de pasteurisation. Son inactivation a nécessité l'utilisation d'un barème de pasteurisation sévère (au-delà de 85 °C). A cette température, la qualité organoleptique et nutritionnelle du lait (destruction, par exemple, de la vitamine C) peut être affectée. La phosphatase alcaline ne peut donc être utilisée comme marqueur enzymatique de la pasteurisation du lait de chamelle. Néanmoins, cette enzyme pourrait vraisemblablement convenir pour l'évaluation de pasteurisations menées à plus hautes températures (entre 95 et 100 °C, en quelques secondes) telles qu'elles se pratiquent de plus en plus sur le lait de vache (Bimbenet et Loncin, 1995). Dans cette perspective, il serait utile de vérifier si l'inconvénient que présente cette enzyme dans le lait de vache, qui consiste à la réactivation après inactivation à des températures élevées (Richardson et al. [1964], Andrews [1991]), ne se manifeste pas sur le lait de dromadaire au niveau de cette gamme de températures.

10.4.2.2 La γ -glutamyltransférase

La γ -glutamyltransférase est détruite totalement dans le lait de vache à une température de 79 °C pendant 16 secondes tandis que, dans le lait de dromadaire, elle nécessite 180 secondes à la même température pour être inactivée (Loiseau et al., 2001). La stabilité thermique de la γ -glutamyltransférase du lait de chamelle est sensiblement égale à celle du lait de la vache. Cependant, en comparaison directe, la γ -glutamyltransférase affiche une stabilité thermique plus grande que celle de la phosphatase alcaline.

Des études réalisées sur ces deux enzymes dans le lait de vache (Martin et al., 1997) ont montré qu'à l'opposé de la phosphatase alcaline, la γ -glutamyltransférase est propice pour caractériser la pasteurisation courte du lait de consommation.

Des essais effectués sur le lait pasteurisé de la laiterie de Dakhla ont montré une inactivation complète de la γ -glutamyltransférase (activité = 0), alors qu'elle est toujours active dans le lait ayant subi une pasteurisation basse (voir tableau 6). Se basant sur le barème utilisé par la laiterie de Dakhla qui respecte la marge de température acceptable pour la destruction des germes pathogènes, on peut admettre que la mesure de l'activité de la γ -glutamyltransférase est valide pour être utilisée dans le contrôle de la pasteurisation du lait de chamelle.

10.4.3 Test pratique pour la mise en évidence de la

γ -glutamyltransférase dans le lait de chamelle

10.4.3.1 Mise au point du test et évaluation de son efficacité

L'élaboration de ce test se base, tout d'abord, sur la détermination de la concentration optimale en substrat et la fixation de la durée de la réaction au bout de laquelle le manipulateur doit révéler le résultat. L'évaluation de la faisabilité de ce test s'est faite par une étude de la stabilité des bandelettes-substrat dans le temps et aussi de l'estimation de leur coût de revient. La concentration de L-gamma-glutamyl-p-nitroanilide utilisée dans la méthode cinétique est de 4,8 mM. Cette concentration a été utilisée pour préparer la solution-substrat. Les bandelettes ont été imprégnées de cette solution et des essais avec des laits crus de chamelle et de vache, des laits pasteurisés à différentes températures, ont été effectués. Lors de ces essais, des colorations jaunes apparaissent dans les laits crus testés et dans les laits chauffés où l'enzyme est encore active. Des concentrations supérieures à la concentration utilisée antérieurement (6 mM, 10 mM, 12 mM, 14 mM et 20 mM) ont été également testées avec le lait cru. Il apparaît que la coloration jaune augmente avec l'augmentation de la concentration en substrat, mais arrivée à une certaine concentration, l'intensité est stable. Ainsi à la concentration de 14 mM,

Tableau 6 Activité de la γ -glutamyltransférase en fonction du degré de chauffage et du temps dans le lait de chamelle

Température (°C)	Temps (minutes)	DO (410 nm)	Concentration (mmol)	Concentration (μ mol)	Activité (U/l)
63	30	0,2178	0,042	42	20 913
63	40	0,0922	0,020	20	10 157
63	50	0,0352	0,011	11	5 275
63	60	0,0062	0,006	6	2 792
70	30	0,0378	0,011	11	5 498
70	40	0,002	0,005	5	2 432
70	45	0	0,005	5	2 261
70	50	0	0,005	5	2 261
70	60	0	0,005	5	2 261
85	30	0	0,005	5	2 261
85	40	0	0,005	5	2 261
85	50	0	0,005	5	2 261
85	60	0	0,005	5	2 261
Lait cru	-	0,286	0,054	54	26 753

l'intensité de la coloration jaune reste la même; c'est pourquoi la concentration de 14 mM, soit 0,4 g/100 ml, a été retenue pour la préparation des bandelettes-substrat dans la mise au point de ce test.

10.4.3.2 Détermination de la durée d'attente de la réponse

Les bandelettes-substrat préparées ont été plongées dans le lait traité à 63 °C pendant 30 minutes. L'apparition de la coloration jaune a commencé trois minutes plus tard. Au bout de 15 minutes, à la température ambiante, les bandelettes ont pratiquement séché avec une coloration jaune sur le quart de sa partie inférieure. Ainsi, on peut admettre qu'après tout au plus 20 minutes, la réaction enzyme-substrat est terminée et le manipulateur peut faire une lecture de ses résultats.

10.4.3.3 Evaluation de la stabilité des bandelettes dans le temps à température ambiante (20 à 25 °C)

Les bandelettes-substrat préparées un mois avant l'expérimentation ont été plongées dans le lait cru de chamelle; la coloration jaune est apparue au bout de cinq minutes. Cela prouve que le substrat fixé sur les bandelettes est encore actif, qu'il n'est pas dénaturé par l'air au cours du temps.

10.4.3.4 Evaluation du coût du test

La préparation d'1 millilitre de substrat coûte 82 centimes, ce qui revient à 12 centimes par préparation de solution nécessaire pour une bandelette. Le coût des bandelettes varie en fonction de la nature du papier ainsi que de la taille des bandelettes. Cependant, il est préférable de fixer la taille à 1 cm de largeur et 8,5 cm de longueur. Bien entendu, quelle que soit la nature (et donc le prix) du papier retenu, son coût de revient est insignifiant étant donné la taille réduite des bandelettes. Toutefois, on peut estimer à 20 centimes le prix de revient d'une bandelette.

10.5 CONCLUSION

La phosphatase alcaline, enzyme constamment présente dans le lait cru et progressivement inactivée par un chauffage à une température supérieure à 60 °C, doit être absente dans un lait de vache bien pasteurisé. Cependant, dans le lait de chamelle, cette phosphatase est thermostable. Par contre, la γ -glutamyltransférase semble correspondre au profil recherché. En effet, dans le lait de dromadaire, la γ -glutamyltransférase se dégrade à partir de 70 °C pendant 45 minutes. Compte tenu de la nécessité de chauffage du lait à des températures de l'ordre de 75 à 80 °C pendant quelques secondes pour ramener la charge microbienne à un niveau acceptable après pasteurisation, la γ -glutamyltransférase semble adaptée pour servir de marqueur fiable d'une bonne pasteurisation du lait de chamelle. La mise au point d'un test à la γ -glutamyltransférase avec des bandelettes en papier imprégnées de solution-substrat a donné d'excellents résultats. La révélation se fait en 15 minutes à l'air ambiant. Ces bandelettes-substrat se sont révélées stables dans le temps. Leur coût serait pratiquement insignifiant car on peut en confectionner

plusieurs à partir de petites quantités de réactifs. De plus, une seule bandelette suffirait pour tester une quantité de lait.

Si ce travail a permis d'élucider certaines particularités du lait de chamelle et, en particulier, le contrôle enzymatique de la pasteurisation et la mise au point d'une technique simple de contrôle par l'utilisation de bandelettes au laboratoire, il n'en demeure pas moins que ces méthodes doivent être validées dans les unités industrielles pour une large utilisation.

Aussi, des études supplémentaires sur l'effet de ce traitement thermique sur les caractéristiques organoleptiques, nutritionnelles et thérapeutiques sont-elles nécessaires pour préserver les qualités du lait pasteurisé.

BIBLIOGRAPHIE

- Andrews, A.T. 1991. Phosphatases. Dans P.F. Fox (éd.), *Food enzymology*, Elsevier applied Science publishers Ltd., Londres, 90-99.
- Aschaffenburg, R., Drewry, I. 1959. New procedure for routine determination of various non-casein proteins of milk. XV Intern. Dairy Congr., 3: 1631-1637.
- Bimbenet, J.J., Loncin, M. 1995. *Bases du génie des procédés alimentaires*, Masson, Paris.
- Faye, B. 1997. *Guide de l'élevage du dromadaire*, éd. Sanofi, Libourne, France.
- Joffin, J.N. et Joffin, C. 1992. *Microbiologie alimentaire*, 4^e éd., Centre régional de documentation pédagogique de Bordeaux, France.
- Le Moigne, A., Montet D., Bonnet P. 1996. Recherche de marqueurs enzymatiques du lait de chamelle pasteurisé. Travaux préliminaires sur l'activation du système lactoperoxydase du lait de chamelle, éd. CIRAD, Montpellier, France.
- Loiseau, G., Faye, B., Serikbaeva, A., Montet, D. 2001. Enzyme ability to serve as markers of pasteurized camel milk, Int. conf. on new horizons in biotechnology, 18-21 avril 2001, Trivandrum, Inde.
- Sabumukama, C. 1997. Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire, Mémoire soutenu à l'ENSIA-SIARC de Montpellier, France.