HAL
open science

Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques - Facteurs de variation liés à la composition du lait

Isabelle Masle, François Morgan

To cite this version:

Isabelle Masle, François Morgan. Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques - Facteurs de variation liés à la composition du lait. Le Lait, 2001, 81 (4), pp.561-569. 10.1051/lait:2001144 . hal-00895364

HAL Id: hal-00895364

https://hal.science/hal-00895364

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Lait 81 (2001) 561–569
© INRA, EDP Sciences, 2001

Note

Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques – Facteurs de variation liés à la composition du lait

Isabelle MASLE, François MORGAN*

ITPLC, Institut Technique des Produits Laitiers Caprins,
BP 49, 17700 Surgères, France

(Reçu le 26 août 2000 ; accepté le 19 décembre 2000)

Abstract — Compositional factors involved in the variable acidification capacity of goat milk by lactic starters. This study was designed to define the factors involved in the variable acidification capacity of goat milk by lactic starters. Acidification capacity and compositional parameters of 28 goat milk samples were determined. The influences of the period of production and of some technological treatments (cold storage and heating) were also investigated. The results point out the influence of milk composition, and notably the role of the buffering components such as proteins and minerals. An improved activity of lactic starters is observed in milks with a high level of proteins and minerals. The lactation period, through its effect on the protein concentration, affects the acidification capacity of goat milk. Cold storage does not exert any major influence on the acidification process. However, the results indicate that heating of milk lead to an improved activity of lactic starters at the beginning of the acidification period.

goat milk / acidification / lactic starter / composition

Résumé — L'objectif de cette étude était de caractériser les facteurs de variations de l'aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques. L'aptitude à l'acidification et les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de 28 laits individuels de chèvre ont été mesurées. Les effets du stade de lactation, du report à 2 °C et des traitements thermiques sur l'aptitude à l'acidification ont également été évalués. Les résultats montrent le rôle important joué par la composition du lait, et notamment l'influence des minéraux. Les laits riches en protéines et minéraux constituent des environnements plus favorables à l'activité des bactéries lactiques. L'aptitude du lait de chèvre à l'acidification est différente selon les périodes de production, et ce phénomène paraît lié aux variations du taux protéique. Les résultats indiquent enfin que les traitements thermiques améliorent l'activité des ferments lactiques au début de la phase d'acidification et que le report au froid ne semble pas modifier l'aptitude du lait de chèvre à l'acidification.

lait de chèvre / acidification / ferment lactique / composition

* Correspondance et tirés à part
Tél. : (33) 5 46 27 69 80 ; fax : (33) 5 46 27 69 89 ; e-mail : itplc@wanadoo.fr

1. INTRODUCTION

La technologie lactique représente 85 % de la production de la filière fromagère caprine. La coagulation du lait y est obtenue par une action prédominante des ferments lactiques, ce qui conduit à une cinétique de coagulation/acidification lente, d'une durée comprise entre 16 et 24 h, avec un pH en début d'égouttage proche de 4,40. La vitesse et le niveau de l'acidification doivent être maîtrisés pour l'obtention d'un produit possédant des qualités sensorielles et microbiologiques satisfaisantes, mais aussi pour éviter des dysfonctionnements de l'atelier et des pertes de productivité (par exemple immobilisation de matériel lié à des retards d'acidification). Cependant, le contrôle de l'acidification peut être difficile à réaliser pour des raisons liées à l'activité des ferments, mais aussi à la nature de la matière première [16].

La composition du lait de chèvre est influencée par des facteurs liés à l'animal, à la saison, aux pratiques d'élevage [11–15] et par les pré-traitements technologiques appliqués au lait de fromagerie comme le report au froid et le chauffage. Ces variations de la composition du lait de chèvre ont des conséquences sur les propriétés fromagères, et notamment sur l'action de la présure et l'aptitude à l'égouttage [1, 17, 18, 20–22]. En ce qui concerne l'aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques, seuls quelques travaux anciens se sont attachés à comparer la croissance de bactéries lactiques dans des laits de vache et de chèvre de diverses origines [5, 19].

L'objectif de cette étude est de préciser – à l'aide d'une méthode expérimentale standardisée – l'influence de la composition, du stade de lactation et des pré-traitements technologiques (report à 2 °C et traitements thermiques) sur l'aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Laits de chèvre

Les laits de chèvre provenaient d'un élevage de Charente-Maritime (GAEC Pied Joint, Le Thou) et ne contenaient pas d'antibiotiques.

Les laits individuels étaient issus de 28 chèvres (races Alpine et Saanen) en milieu de lactation (environ 150 j après la mise-bas) et de même rang de lactation (3e lactation), et étaient prélevés le même jour à la traite du matin.

Le lait de troupeau (lait de tank, mélange de la traite du matin) était prélevé à trois périodes de l'année (début de lactation : mars, milieu de lactation : juillet et fin de lactation : octobre).

2.2. Facteurs étudiés

L'effet de la composition des laits sur l'aptitude à l'acidification était étudié sur les laits individuels (laits crus).

Les effets du stade de lactation, du report à 2 °C et des traitements thermiques sur l'aptitude à l'acidification étaient étudiés sur les laits de troupeau, à l'aide d'un plan factoriel complet comprenant les modalités suivantes :

– facteur 1 : *stade de lactation* – 3 niveaux : 30 j de lactation ; 150 j de lactation ; 280 j de lactation,
– facteur 2 : *report* à 2 °C – 3 niveaux : aucun report ; 2 j ; 4 j,
– facteur 3 : *traitement thermique* – 4 niveaux : aucun traitement thermique ; thermisation (65 ± 0,5 °C/30 s) ; pasteurisation (72 ± 0,5 °C/30 s) ; pasteurisation haute (90 ± 1,5 °C/2 min).

Le report était réalisé en cuve, sans agitation.

Les traitements thermiques étaient réalisés en bain-marie, sur 3 litres de lait, dans

des mini-cuves en inox. Pendant les traitements thermiques, les laits étaient maintenus sous agitation constante et la température était continuellement contrôlée à l'aide d'un thermocouple. Dans toutes les expérimentations, les temps de montée en température étaient inférieurs à 2 min pour la thermisation et la pasteurisation et inférieurs à 3 min pour la pasteurisation haute. Quand la température voulue était atteinte (65, 72 ou 90 °C), les mini-cuves étaient sorties du bain-marie pendant 5 secondes puis replongées dans le bain-marie, et l'opération était répétée pendant toute la durée de chauffage afin de maintenir constante la température des laits (contrôlée à l'aide du thermocouple). Les mini-cuves étaient ensuite immédiatement refroidies dans un bain d'eau glacée jusqu'à atteindre une température de 20–25 °C.

Deux répétitions du plan factoriel complet étaient réalisées, soit un total de $(3 \times 3 \times 4) \times 2 = 72$ observations.

2.3. Mesure de l'aptitude à l'acidification

L'aptitude des laits à l'acidification était évaluée dans des conditions expérimentales standardisées à l'aide de ferments lactiques commerciaux lyophilisés (MA 400-1 ; Rhodia, Dangé St-Romain, France). Les ferments lactiques (2 doses) étaient revivifiés à 30 °C dans 900 mL de lait de vache écrémé UHT.

La mesure était réalisée au maximum 1 heure après la collecte et les pré-traitements des laits le cas échéant. Les échantillons de laits (100 g) étaient placés dans un bain-marie à 30 °C. L'acidification était démarrée par l'ajout aux échantillons de 3,6 mL du milieu de revivification contenant les ferments lactiques et durait 24 h. Chaque échantillon était analysé en double et différents paramètres étaient mesurés et calculés (Tab. I). Pour chaque série de mesures, deux échantillons supplémentaires étaient analysés et constituaient des contrôles : un lait standard spécialement préparé pour la croissance des ferments lactiques (LA-ITG, Standa Industrie, Caen, France), reconstitué à 10 % (m/m) dans de l'eau stérilisée à l'autoclave, et un lait de vache écrémé UHT. Le LA-ITG permettait de détecter une éventuelle baisse de l'activité des ferments et le lait UHT servait à évaluer la répétabilité de la méthode. Durant la période de l'étude, les valeurs témoins obtenues pour ces échantillons restaient stables, avec des coefficients de variation inférieurs à 4 %.

Tableau I. Code et nature des paramètres caractérisant l'aptitude à l'acidification des laits de chèvre.
Table I. Code and nature of the acidification parameters of goat milk.

Code	Nature
pH_0	pH initial
pH_{24h}	pH après 24 h d'acidification
ΔpH	variation maximale de $pH = pH_0 - pH_{24h}$
a_0	acidité titrable initiale
a_1	acidité titrable après 5 h 30 d'acidification
a_2	acidité titrable après 24 h d'acidification
C_i	capacité initiale d'acidification $= a_1 - a_0$
C_m	capacité maximale d'acidification $= a_2 - a_0$

2.4. Analyses physico-chimiques et microbiologiques

Les comptages de cellules somatiques (CCS) étaient obtenus à l'aide d'un compteur Fossomatic 360 (Foss Electric, Nanterre, France), selon la norme de la FIL [9] et la flore totale par la technique Bactoscan [6].

Les analyses physico-chimiques suivantes étaient réalisées : pH, extrait sec (pesée après dessiccation à l'étuve à 102 °C), acidité titrable avec une solution de NaOH 0,111 mol·L^{-1} en présence de phénolphtaléine, indice de lipolyse (exprimé en g d'acide oléique pour 100 g de matière grasse) par la méthode aux savons de cuivre [7], cendres par pesée après incinération à 525 °C pendant 16 h, calcium par absorption atomique selon le protocole de la FIL [8], acide citrique à l'aide d'un kit enzymatique (Boehringer, Manheim, Allemagne), concentrations de la matière grasse (MG), de la matière protéique (MP) et du lactose par la méthode infrarouge à l'aide d'un appareil Milkoscan [10], azote total (NT), azote non caséinique (NCN) et azote non protéique (NPN) par la méthode Kjeldhal. Les fractions NCN et NPN étaient obtenues par la méthode de Rowland [23] mais la caséine était précipitée à pH 4,2 (point isoélectrique de la caséine caprine). Les calculs suivants étaient réalisés : matières azotées totales (MAT) = NT × 6,38 ; caséines = (TN – NCN) × 6,36 ; protéines solubles = (NCN × 6,28) – (NPN × 3,60). Le calcium soluble était dosé sur un surnageant de centrifugation (1 000 *g*, 10 min) après addition de 0,3 mL de présure (présure Boll à 520 mg de chymosine par litre, diluée au 1/50e) au lait (15 mL) et maintien à 30 °C pendant 15 min. Le calcium micellaire était calculé par différence entre calcium total et calcium soluble.

2.5. Analyses statistiques

Pour les laits individuels, des tests de comparaison de moyenne étaient réalisés à l'aide d'un test de Student (logiciel Microsoft Excel). Les résultats du plan d'expérience concernant les effets du stade de lactation, du report à 2 °C et des traitements thermiques étaient soumis à une analyse de variance à l'aide du logiciel STAT-ITCF (ITCF, Paris, France), et le calcul des plus petites amplitudes significatives par un test de Newman-Keuls permettait de définir les groupes homogènes.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effet de la composition des laits

L'aptitude des laits individuels de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques est extrêmement variable d'un échantillon à l'autre. Après 24 h d'acidification à 30 °C, les valeurs minimales et maximales sont respectivement de 2,06 et 2,45 pour la variation de pH (ΔpH moyen = 2,33), et de 57,5 et 77 °D pour la capacité maximale d'acidification (C_m moyen = 69,4 °D).

La composition comparée des laits répartis en deux groupes en fonction des paramètres C_m et ΔpH – laits à faible C_m (≤ 69 °D) ou à fort C_m (> 69 °D) et laits à faible ΔpH (≤ 2,32) ou à fort ΔpH (> 2,32) – est donnée dans le tableau II. Ces résultats montrent que les laits possédant un fort C_m (production rapide et importante d'acide lactique) sont caractérisés par une baisse de pH de plus faible amplitude que les laits à faible C_m (différence significative de ΔpH). L'examen des résultats concernant les échantillons classés selon ΔpH confirme ce résultat : une forte baisse de pH (laits à fort ΔpH) s'accompagne d'une production d'acide lactique moins rapide (différence significative de C_i) et moins importante que celle observée dans le cas d'une faible baisse de pH (laits à faible ΔpH). Ces résultats indiquent que la production d'acide

Tableau II. Caractéristiques moyennes (± écart-type entre parenthèses) des laits individuels de chèvre triés selon leurs paramètres d'aptitude à l'acidification C_m et ΔpH.
Table II. Mean characteristics (± standard deviation in brackets) of individuals goat milk samples as a function of their acidification parameters C_m and ΔpH.

		Groupes selon C_m					Groupes selon ΔpH				
		faible		fort		*P*	faible		fort		*P*
Variables		(*n* = 15)		(*n* = 13)			(*n* = 13)		(*n* = 15)		
Aptitude à l'acidification											
pH_0	upH	6,61	(0,05)	6,57	(0,09)	ns	6,54	(0,07)	6,62	(0,05)	**
pH_{24h}	upH	4,25	(0,04)	4,28	(0,04)	*	4,28	(0,04)	4,24	(0,04)	*
ΔpH	upH	2,36	(0,05)	2,29	(0,10)	*	2,26	(0,08)	2,38	(0,04)	***
a_0	°D	16,4	(1,2)	18,2	(1,6)	**	18,3	(1,4)	16,3	(1,2)	***
a_1	°D	55,9	(3,2)	63,2	(3,3)	***	61,8	(4,6)	57,0	(4,0)	**
a_2	°D	82,4	(3,7)	91,7	(2,7)	***	89,0	(5,1)	84,7	(5,6)	*
C_i	°D	39,4	(2,6)	45,0	(2,7)	***	43,5	(3,8)	40,7	(3,4)	*
C_m	°D	65,9	(3,4)	73,5	(2,5)	***	70,7	(4,4)	68,4	(5,0)	ns
Composition biochimique et microbiologique											
Extrait sec	%	10,5	(0,9)	11,0	(0,8)	ns	10,9	(0,9)	10,6	(0,9)	ns
Lactose	$g \cdot L^{-1}$	46,6	(1,6)	47,3	(2,6)	ns	47,4	(2,6)	46,5	(1,5)	ns
MG	$g \cdot L^{-1}$	26,3	(5,1)	28,6	(5,7)	ns	27,3	(5,8)	27,4	(5,2)	ns
Lipolyse	g AO·100 g^{-1}	0,05	(0,04)	0,04	(0,04)	ns	0,03	(0,01)	0,06	(0,05)	ns
MP	$g \cdot L^{-1}$	29,9	(2,3)	31,8	(1,8)	*	32,1	(1,9)	29,7	(2,0)	**
MAT	$g \cdot kg^{-1}$	32,1	(2,9)	33,5	(2,6)	ns	34,5	(2,2)	31,2	(2,3)	***
NPN × 3,60	$g \cdot kg^{-1}$	1,9	(0,2)	1,9	(0,3)	ns	2,0	(0,2)	1,8	(0,3)	ns
Caséines	$g \cdot kg^{-1}$	23,3	(3,3)	24,1	(2,9)	ns	25,7	(2,9)	21,8	(2,0)	***
Prot. sériques	$g \cdot kg^{-1}$	6,7	(1,3)	7,3	(1,4)	ns	6,6	(1,4)	7,3	(1,2)	ns
Cendres	$g \cdot kg^{-1}$	8,2	(0,4)	8,6	(0,4)	*	8,5	(0,4)	8,3	(0,5)	ns
Acide citrique	$g \cdot L^{-1}$	0,69	(0,19)	0,66	(0,32)	ns	0,63	(0,25)	0,72	(0,26)	ns
Ca total	$g \cdot L^{-1}$	1,02	(0,12)	1,13	(0,11)	*	1,11	(0,12)	1,04	(0,12)	ns
Ca soluble	$g \cdot L^{-1}$	0,43	(0,06)	0,35	(0,07)	**	0,38	(0,07)	0,42	(0,08)	ns
Ca micellaire	$g \cdot L^{-1}$	0,59	(0,14)	0,78	(0,11)	***	0,73	(0,14)	0,62	(0,15)	ns
CCS	× 1 000 cell·mL^{-1}	621	(312)	444	(216)	ns	514	(195)	560	(345)	ns
Flore totale	log UFC·mL^{-1}	4,8	(0,4)	5,3	(0,5)	*	5,2	(0,5)	4,9	(0,5)	ns

*** : $P < 0{,}001$; ** : $P < 0{,}010$; * : $P < 0{,}050$; ns : non significatif.

lactique et la baisse de pH ne sont pas toujours proportionnelles.

L'examen des résultats de composition des laits indique que les laits à forts C_m contiennent des concentrations significativement plus élevées en matières protéiques et en calcium que les laits à faible C_m. Les laits riches en matières protéiques et minérales ont un pouvoir tampon plus élevé au cours de l'acidification [25], ce qui est favorable à la croissance des ferments lactiques [16]. Le degré de minéralisation micellaire est différent pour les deux groupes de laits, comme l'indique le rapport Ca_{mic}/caséine, égal à 0,32 g Ca·g^{-1} caséine pour les laits à fort C_m et à 0,25 g Ca·g^{-1} caséine pour les laits à faible C_m. Une flore totale plus nombreuse est observée dans les laits à fort C_m ; il est probable que les bactéries lactiques présentes dans la flore native des laits participent à la production d'acide lactique.

Les laits à faible ΔpH possèdent un taux de caséines supérieur de 4 g·L^{-1} en moyenne aux laits à fort ΔpH. L'augmentation du taux de caséine est susceptible par sa plus grande teneur minérale, d'élever le pouvoir tampon des laits, et donc de s'opposer à la baisse de pH [16]. Les variations individuelles du taux de caséine dans les laits de chèvres peuvent provenir du polymorphisme génétique de la caséine α_{S1} caprine [13]. Si les conséquences de ce polymorphisme génétique sur les propriétés de coagulation des laits par la présure ont été étudiées [1, 18, 21], ses effets éventuels sur les propriétés d'acidification des laits de chèvre par les ferments lactiques ne sont pas connus.

3.2. Effet du stade de lactation

Les résultats présentés dans le tableau III montrent que le stade de lactation influence de manière significative l'ensemble des variables mesurées (paramètres d'aptitude à l'acidification et de composition).

Les résultats confirment l'effet connu du stade de lactation sur les taux de matière grasse et de matière protéique : les teneurs en MG et MP sont élevées sitôt la mise-bas, fléchissent pour atteindre les plus faibles valeurs en mai-juin-juillet, puis remontent jusqu'au dernier mois de production [11, 12]. En début et en milieu de lactation, les laits se caractérisent par une capacité maximale d'acidification peu élevée (C_m proche de 71 °D), pour une forte variation de pH (ΔpH proche de 2,28). Le phénomène inverse est observé en fin de lactation, où l'on observe une capacité maximale d'acidification élevée (C_m proche de 80 °D), pour une faible variation de pH (ΔpH = 2,19). Ces résultats pourraient s'expliquer par l'élévation du pouvoir tampon des laits en fin de lactation, liée notamment à l'augmentation du taux protéique et de la teneur minérale.

3.3. Effet des traitements thermiques

Les paramètres d'aptitude à l'acidification et les caractéristiques biochimiques des laits crus et des laits chauffés sont présentés dans le tableau III.

Les traitements thermiques provoquent une baisse significative du pH initial (pH_0), qui pourrait résulter d'un transfert partiellement irréversible du calcium et du phosphate de la phase soluble vers la phase colloïdale [24]. Les résultats indiquent également que plus l'intensité du chauffage est importante, plus la production d'acide lactique est rapide (effets significatifs sur a_1 et C_i), mais cette influence semble toutefois s'atténuer après 24 h d'acidification. Le chauffage peut conduire à la destruction d'inhibiteurs (agglutinines, lactoperoxydase) et à la libération de certains facteurs de croissance, ce qui favorise l'activité des ferments [4].

3.4. Effet du report à 2 °C

Les conséquences d'un report au froid sur les paramètres d'aptitude à l'acidification

Tableau III. Influence du stade de lactation, des traitements thermiques et du report à 2 °C sur l'aptitude à l'acidification et les caractéristiques biochimiques du lait de chèvre (moyenne et écart-type, entre parenthèses, des échantillons).
Table III. Influence of lactation period, thermal treatments and cold storage on the acidification aptitude and biochemical characteristics of goat milk (mean and standard deviation, in brackets).

		Facteurs et niveaux												
		Stade de lactation				Traitements thermiques					Report à 2 °C			
Variables		30 j	150 j	280 j	*P*	Cru	Th.	Pas.	H Pas.	*P*	0	2 j	4 j	*P*
Aptitude à l'acidification														
pH_0	upH	6,64^a	6,54^b	6,49^c	***	6,60^a	6,56^b	6,55^c	6,52^d	***	6,57	6,55	6,55	ns
		(0,04)	(0,06)	(0,03)		(0,06)	(0,07)	(0,07)	(0,08)		(0,06)	(0,09)	(0,08)	
pH_{24h}	upH	4,35^a	4,27^c	4,30^b	***	4,32	4,32	4,31	4,29	ns	4,31	4,31	4,30	ns
		(0,05)	(0,02)	(0,04)		(0,05)	(0,06)	(0,04)	(0,04)		(0,04)	(0,04)	(0,06)	
ΔpH	upH	2,29^a	2,27^a	2,19^c	***	2,28^a	2,24^b	2,24^b	2,22^c	*	2,26	2,23	2,25	ns
		(0,07)	(0,07)	(0,05)		(0,08)	(0,08)	(0,07)	(0,06)		(0,04)	(0,08)	(0,09)	
a_0	°D	14,0^c	16,3^b	19,9^a	***	16,5	16,6	16,7	17,1	ns	16,1^b	17,2^a	17,0^a	***
		(0,6)	(1,0)	(1,2)		(2,1)	(2,7)	(2,8)	(2,9)		(2,4)	(2,6)	(2,8)	
a_1	°D	45,8^c	53,5^b	60,2^a	***	48,7^d	52,5^c	54,1^b	57,3^a	***	51,3^b	55,5^a	52,6^a	**
		(5,4)	(5,9)	(5,9)		(6,9)	(8,1)	(7,2)	(8,6)		(7,3)	(8,2)	(8,7)	
a_2	°D	85,7^b	86,8^b	99,6^a	***	89,0	90,1	91,3	92,5	ns	89,9	91,1	91,1	ns
		(2,5)	(3,1)	(4,7)		(6,5)	(7,2)	(6,9)	(8,4)		(6,4)	(8,1)	(7,5)	
C_i	°D	31,7^c	37,2^b	40,3^a	***	32,2^c	35,9^b	37,4^b	40,2^a	***	35,2	38,4	35,6	ns
		(5,2)	(5,4)	(5,3)		(5,6)	(6,2)	(5,0)	(6,1)		(5,7)	(5,9)	(7,1)	
C_m	°D	71,6^b	70,6^b	79,7^a	***	72,5	73,4	74,5	75,4	ns	73,8	73,9	74,1	ns
		(2,5)	(3,2)	(4,2)		(4,9)	(5,4)	(4,6)	(6,0)		(4,3)	(6,1)	(5,4)	
Caractéristiques biochimiques														
Extrait sec	%	12,2^b	11,6^c	12,8^a	***	12,0	12,0	12,3	12,4	ns	12,2	12,1	12,2	ns
		(0,2)	(0,9)	(0,7)		(0,9)	(0,8)	(0,9)	(0,6)		(0,8)	(0,9)	(0,8)	
MP	$g \cdot L^{-1}$	30,4^b	30,1^b	35,7^a	***	31,7^d	31,9^c	32,0^b	32,8^a	*	32,2	32,2	31,9	ns
		(0,6)	(0,4)	(1,6)		(2,7)	(2,7)	(2,7)	(3,1)		(2,9)	(2,9)	(2,6)	
MG	$g \cdot L^{-1}$	36,5^a	32,3^b	36,3^a	***	34,5^c	34,6^c	34,9^b	36,1^a	**	34,7	34,8	35,5	ns
		(1,3)	(1,3)	(1,4)		(2,2)	(2,2)	(2,3)	(2,5)		(2,3)	(2,2)	(2,6)	
Lactose	$g \cdot L^{-1}$	49,1^a	46,0^b	46,4^b	***	46,0	47,2	47,4	48,0	ns	47,0	47,2	47,2	ns
		(1,7)	(2,0)	(3,1)		(2,5)	(3,0)	(2,1)	(2,8)		(2,1)	(2,9)	(3,0)	
Lipolyse	g AO	0,16^a	0,12^b	0,12^b	***	0,15	0,13	0,13	0,13	ns	0,11^c	0,14^b	0,16^a	***
	100 g^{-1}	(0,05)	(0,03)	(0,01)		(0,05)	(0,04)	(0,04)	(0,04)		(0,01)	(0,04)	(0,04)	

a, b, c, d : groupes homogènes – *** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,010$; * : $P < 0,050$; ns : non significatif.
Th. : thermisation ; Pas. : pasteurisation ; H Pas. : haute pasteurisation.

et les caractéristiques biochimiques des laits sont présentées dans le tableau III.

La durée du report du lait ne semble pas influencer de manière importante les paramètres d'aptitude à l'acidification. Le report à 2 °C entraîne une augmentation du niveau de lipolyse liée en grande partie à l'activité lipolytique des germes psychrotrophes [2]. Un effet inhibiteur des acides gras libres sur les ferments lactiques a été observé dans le cas du lait de vache [3], mais nos résultats obtenus sur le lait de chèvre ne permettent pas de conclure à un tel effet.

4. CONCLUSION

La teneur en protéines et en minéraux joue un rôle prépondérant sur la production d'acide lactique et le pH en fin d'acidification. Ces résultats peuvent être reliés au pouvoir tampon, dont l'influence sur les aptitudes technologiques des laits nécessite des travaux supplémentaires.

Le traitement thermique des laits semble favoriser l'activité des ferments lactiques en début d'acidification. Le report à 2 °C n'a pas d'effets notables sur l'activité des ferments lactiques.

Les moyens technologiques de maîtrise de l'acidification du lait de chèvre sont actuellement en cours d'étude, avec une attention particulière portée à l'utilisation des procédés de séparation membranaire.

RÉFÉRENCES

[1] Ambrosoli R., Di Stasio L., Mazzoco P., Content of α_{S1}-casein and coagulation in goat milk, J. Dairy Sci. 71 (1988) 24–28.

[2] Cousin M.A., Presence and activity of psychrotrophic microorganisms in milk and dairy products: A review, J. Food Protect. 45 (1982) 172–207.

[3] Desmazeaud M., L'état des connaissances en matière de nutrition des bactéries lactiques, Lait 63 (1983) 267–316.

[4] Desmazeaud M., Le lait milieu de culture, Microbiol. Alim. Nutr. 8 (1990) 313–325.

[5] Dutta S.M., Kuila R.K., Ranganathan B., Laxminarayana H., A comparative study of the activity of starter cultures in different types of milk, Milchwissenschaft 26 (1971) 158–161.

[6] FIL/IDF Methods for assessing the bacteriological quality of raw milk from the farm, Bull. Int. Dairy Fed. 265 (1991) 2–62.

[7] FIL/IDF Determination of free fatty acids in milk and milk products, Bull. Int. Dairy Fed. 265 (1991) 2–51.

[8] Fédération Internationale de Laiterie, Détermination de la teneur en calcium, Norme FIL/IDF 154, Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium, 1992.

[9] Fédération Internationale de Laiterie, Numération des cellules somatiques du lait, Norme FIL/IDF 148A, Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium, 1995.

[10] Fédération Internationale de Laiterie, Détermination des teneurs en matière grasse laitière, protéines et lactose, Norme FIL/IDF 141B, Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium, 1996.

[11] Grandpierre C., Ghisolfi J., Thouvenot J., Étude biochimique du lait de chèvre, Cah. Nutr. Diét. 23 (1988) 367–374.

[12] Grappin R., Jeunet R., Pillet R., Le Toquin A., Étude des laits de chèvre. I. Teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fractions azotées, Lait 61 (1981) 117–133.

[13] Grosclaude F., Ricordeau G., Martin P., Remeuf F., Vassal L., Bouillon J., Du gène au fromage : le polymorphisme de la caséine α_{S1} caprine, ses effets, son évolution, INRA Prod. Anim. 7 (1994) 3–19.

[14] Jenness R., Composition and characteristics of goat milk: Review 1968-1979, J. Dairy Sci. 63 (1980) 1605–1630.

[15] Juarez M., Ramos M., Physicochemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk, Bull. Int. Dairy Fed. 202 (1986) 54–67.

[16] Mietton B., Desmazeaud M., de Roissart H., Weber F., Transformation du lait en fromage, de Roissart H., Luquet F.M. (Eds), Bactéries lactiques, Vol. 2, Lorica, Uriage, 1994, pp. 55–133.

[17] Montilla A., Balcones E., Olano A., Calvo M.M., Influence of heat treatments on whey protein denaturation and rennet clotting properties of cow's and goat's milk, J. Agric. Food Chem. 43 (1995) 1908–1911.

[18] Pirisi A., Colin O., Laurent F., Scher J., Parmentier M., Comparison of milk composition, cheesemaking properties and textural characteristics of the cheese from two groups of goats with a high or low rate of αs1 casein synthesis, Int. Dairy J. 4 (1994) 329–345.

[19] Portmann A., Pierre A., Culture des ferments lactiques dans le lait de chèvre. Comparaison avec le lait de vache, Rev. Lait. Fr. 321 (1973) 629–637.

[20] Raynal K., Remeuf F., Effect of storage at 4 °C on the physicochemical and renneting properties of milk: a comparison of caprine, ovine and bovine milks, J. Dairy Res. 67 (2000) 199–207.

[21] Remeuf F., Influence du polymorphisme génétique de la caséine α_{s1} caprine sur les caractéristiques physico-chimiques et technologiques du lait, Lait 73 (1993) 549–557.

[22] Remeuf F., Lenoir J., Duby C., Étude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure, Lait 69 (1989) 499–518.

[23] Rowland S.J., The determination of the Nitrogen distribution in milk, J. Dairy Res. 9 (1938) 42–46.

[24] Singh H., Creamer L.K., Heat stability of milk, in: Fox, P.F. (Ed.), Advanced Dairy Chemistry, Vol. 1, Proteins, Elsevier, London, 1992, pp. 621–656.

[25] Watson P.D., Variations in the buffer value of herd milk, J. Dairy Sci. 14 (1931) 50–58.

To access this jounal online:
www.edpsciences.org