

## Effet du polyéthylène glycol sur la production et la qualité du lait de la chèvre recevant un concentré riche en tanins condensés

Ayadi M., Arakrak A., El Otmani S., Ibarhim Hassan Abdalla I., Keli A.

in

Napoléone M. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Boutonnet J.P. (ed.), López-Francos A. (ed.), Gabiña D. (ed.).  
The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems

Zaragoza : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 115

2016

pages 531-536

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=00007327>

To cite this article / Pour citer cet article

Ayadi M., Arakrak A., El Otmani S., Ibarhim Hassan Abdalla I., Keli A. **Effet du polyéthylène glycol sur la production et la qualité du lait de la chèvre recevant un concentré riche en tanins condensés.** In : Napoléone M. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Boutonnet J.P. (ed.), López-Francos A. (ed.), Gabiña D. (ed.). *The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems.* Zaragoza : CIHEAM, 2016. p. 531-536 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 115)



<http://www.ciheam.org/>

<http://om.ciheam.org/>

# Effet du polyéthylène glycol sur la production et la qualité du lait de la chèvre recevant un concentré riche en tanins condensés

M. Ayadi<sup>1</sup>, A. Arakrak<sup>2</sup>, S. El Otmani<sup>1</sup>, I. Ibarhim Hassan Abdalla<sup>2</sup> et A. Keli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INRA, CRRA de Tanger, BP 90010 (Maroc)

<sup>2</sup>Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, BP 416 (Maroc)

<sup>3</sup>Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, PB S/40 (Maroc)

**Résumé.** Des rations riches en tanins condensés (TC) peuvent altérer la production et la qualité du lait de chèvre. Cet effet peut être contrecarré par l'apport de polyéthylène glycol (PEG). Trois doses de PEG (0, 20 et 40 g/jour/chèvre) ont été administrées respectivement à 3 lots (0PEG, 20PEG et 40PEG) de chèvres en lactation. Les 10 chèvres de chaque lot reçoivent 75 g/tête/jour de TC sous forme la pulpe de caroube. Les résultats montrent que la dose 20PEG augmente la production laitière de 31,5% (95,76 vs 72,81 et 70,21 kg/120 jour de lactation/chèvre respectivement pour 20PEG et 0PEG et 40PEG). La teneur du lait en acides gras désirables, acides gras insaturés et mono-insaturés a augmenté avec le traitement 20PEG [respectivement +20% (46,56% vs 38,75% P<0,05); +73% (37,03% vs 21,43% P<0,001) et +110% (26,15% vs 12,43% P<0,001)] et a diminué pour les acides gras saturés indésirables [-20%, (62,96% vs 78,57% P<0,001)]. Il est à noter que la dose la plus élevée (40PEG) a fait baisser la production laitière de -4% (P<0,001), sans que ce soit imputable aux quantités de tanins présentes. Dans les conditions où l'on peut craindre la présence de tanins condensés, il est impératif de ne pas dépasser la dose de 20 g de PEG/j/chèvre. Si les tanins étaient plus abondants (>10%MS) il faudrait tenter de les diluer en modifiant les fourrages du régime.

**Mots-clés.** Lait – Chèvre – Tanins condensés – PEG.

## *Polyethylene glycol effect on milk production and quality in goat receiving condensed tannin-rich concentrate*

**Abstract.** Diets containing high levels of condensed tannins (CT) can alter the production and quality of goat milk. This effect can be negated by the addition of polyethylene glycol (PEG). Three doses of PEG (0, 20 and 40 g/day/goat) were administered respectively to three groups (0PEG, 20PEG and 40PEG) of lactating goats. Ten goats in each group receive 75 g/head/day of CT from carob pulp. The results show that the 20PEG dose increases milk production by +31.5% (95.76 vs 72.81 and 70.21 kg/120 day of lactation/goat for respectively 20 and 0 and 40PEG). The content of desirable fatty acids, unsaturated fatty acids and monounsaturated in milk increased with 20PEG treatment [+20%, respectively (46.56% vs 38.75%, P<0.05); +73% (37.03% vs 21.43%, P<0.001) and +110% (26.15% vs 12.43%, P<0.001)] and decreased for undesirable saturated fatty acids [-20% (62.96% vs 78.57%, P<0.001)]. It should be noted that the highest dose (40PEG) has lowered milk production by 4% (P<0.001), without this being attributable to amounts of tannins present. Under conditions where it is feared the presence of CT, it is imperative not to exceed the dose of 20 g PEG/day/goat. If the tannins were more abundant (>10% DM), we should try to dilute CT with changing fodder regime.

**Keywords.** Milk – Goat – Condensed tannins – PEG.

## I – Introduction

La présence des TC dans l'alimentation des caprins a des effets controversés sur la qualité du lait qui dépend de leur concentration dans la ration alimentaire. L'utilisation des TC avec une proportion élevée dans la ration alimentaire des chèvres en lactation a montré une nette amélioration significative de la composition du lait en acides gras désirables (Ayadi *et al.*, 2012). Toutefois, cette amé-

loration s'accompagne avec une diminution du lait produit (Ayadi *et al.*, 2012) suite à une importante diminution de l'activité microbienne et de la digestion des acides aminés au niveau de l'intestin. Ce dernier résultat est confirmé par Chilliard *et al.* (2000), Chouinard *et al.* (2001), Makkar (2003), Min *et al.* (2003), et Ramirez-Restrepo et Barry (2005). Certaines études ont rapporté que le polyéthylène glycol (PEG) atténue l'action anti-digestive des tanins condensés, ce qui pourrait améliorer la production laitière et éventuellement préserver sa qualité. De même, les travaux menés principalement sur bovins et ovins rapportent que la désactivation des tanins condensés par le PEG pourrait augmenter le rendement laitier sans pour autant affecter la teneur du lait en matières grasses et protéines. Toutefois, l'application de cette technique chez la chèvre mérite d'être entreprise.

L'objectif de ce travail est de déterminer la dose optimale de PEG à administrer en période de lactation lorsque le concentré alimentaire distribué est riche en tanins condensés et d'étudier son effet sur la production et la qualité du lait de chèvre locale du nord du Maroc.

## II – Matériel et méthodes

Ce travail étudie l'effet sur la production et la qualité du lait de la chèvre, de trois doses de polyéthylène glycol ayant un poids moléculaire de 4000 (PEG) sous forme de solution d'eau (100/75, poids/volume) administré par voie buccale 1 fois par jour à des chèvres en lactation qui reçoivent une ration alimentaire ayant une teneur élevée de TC.

Ainsi, 21 chèvres locales du nord du Maroc (du 4<sup>ème</sup> au 11<sup>ème</sup> jour de lactation) sont réparties en trois lots homogènes en poids corporel ( $37,5 \text{ kg} \pm 1,23$ ) et en production laitière ( $1,020 \text{ kg} \pm 0,05$ ). Les chèvres dans chaque lot ont reçu un régime de concentré (1,36 UFL et 127g PDI par chèvre/jour) qui apporte 75 g/chèvre/jour de TC sous forme de pulpe de caroube (*Ceratonia siliqua*); soit un taux d'incorporation de TC de 10% MS de la ration alimentaire. Ce régime est constitué aussi de la féverole (30%) et du son de blé (20%). Dans le lot témoin (lot 0PEG) aucune administration de PEG n'est apportée alors que les chèvres des lots (20PEG) et (40PEG) ont reçu quotidiennement 20 et 40 g/chèvre de PEG en solution respectivement. L'aliment grossier de base a été constitué du foin d'avoine (1 kg/chèvre/jour).

La production laitière individuelle par 24 heures a été estimée par des contrôles hebdomadaires depuis la mise bas jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois de lactation. En parallèle, des échantillons de lait sont prélevés pour effectuer des analyses sur la composition physico-chimique et la proportion des acides gras du lait. Dans ce sens, nous avons procédé à l'analyse de la composition chimique, principalement, les teneurs en protéine, lactose, matière grasse, extrait sec dégraissé et non dégraissé sont effectuées à l'aide de l'analyseur du lait Milkoscan. L'analyse physico-chimique (pH, teneur en acide lactique et teneur en cendres) sont déterminées selon les méthodes AOAC (1997).

Afin de déterminer la composition du lait en acides gras, les acides gras C2 à C24 ont été extraits et estérifiés par la méthode de Folch *et al.* (1957) et estérifié selon Christie (1993). Les esters d'acides gras ont été déterminés par chromatographie en phase gazeuse (Varian CP3800) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et d'une colonne capillaire (SPTM-2560, 100 m x 0.25 mm ID, 0.20  $\mu\text{m}$  film) avec l'hélium comme gaz porteur (1.5 ml/mn). La température de l'étuve a été programmée à 50°C (durant 2 min) à 240°C (8°C/min) et celle du FID à 250°C. La surface des pics des acides gras individuels (FAME's) a été identifiée par comparaison au temps de rétention d'un standard des acides gras (C4-C24, Sigma-Aldrich). Les acides gras individuels ont été quantifiés comme le pourcentage de la surface totale des acides gras totaux identifiés.

Pour les différents paramètres étudiés, l'analyse de la variance, la comparaison multiple des moyennes et le calcul de l'erreur standard des moyennes sont réalisés selon le modèle :  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$  avec  $Y_{ij}$  : variable dépendante,  $\mu$  : la moyenne générale,  $\alpha_i$  : le traitement (dose de PEG),  $\epsilon_{ij}$  : erreur résiduelle) en utilisant la procédure GLM "Modèle Général Linéaire" du logiciel d'analyse statistique SAS (2004). Les différences entre les valeurs moyennes ont été testées en utilisant le test LSD "Last Square Déviation".

### III – Résultats et discussion

#### 1. Production laitière

Durant les trois premiers mois de lactation, la production laitière moyenne par chèvre augmente avec l'apport de 20 g de PEG (+31,5%) et elle diminue quand la dose est doublée (1064 et 780 vs 809 g/jour respectivement pour 20PEG, 40PEG et 0PEG,  $P < 0,05$ , Tableau 1). Ceci montre que l'administration d'une dose de PEG de 20 g/chèvre/jour est suffisante pour désactiver partiellement les tanins condensés contenus dans la ration de concentré ce qui favorise en partie l'activation des enzymes digestives et améliore par conséquent la production laitière.

Au contraire, la dose élevée de PEG bloque totalement les tanins condensés alimentaire en diminuant l'efficacité de l'utilisation digestive de la ration alimentaire par l'animale. Ce résultat est conforme à celui rapporté par Gilboa *et al.* (2000) qui ont obtenu une augmentation de la production laitière de 43% avec un faible apport en PEG de 10 g/jour/chèvre. Mais la production rapportée par ces auteurs reste inférieure à celle qu'on a enregistré avec 20PEG (915 vs 1064 g/jour respectivement).

#### 2. Composition physico-chimique du lait

Le traitement des chèvres en lactation par 20PEG et 40PEG après l'ingestion de 10%MS de tanins condensés alimentaire a engendré une diminution significative de la qualité nutritive du lait, particulièrement la teneur en matière grasse, matières protéiques, extrait sec dégraissé et extrait sec (Tableau 1). Gilboa *et al.* (2000) ont aussi constaté une chute de 10% de la teneur en matière grasse avec l'apport de PEG. Cabiddu *et al.* (2009) ont montré que la supplémentation quotidienne du régime alimentaire par 200 ml (50/50 m/v) de PEG, provoque une diminution du contenu en matière grasse. Suite à l'utilisation du PEG, des résultats similaires ont été obtenus par Decandia *et al.* (2000, 2008), chez les chèvres nourries avec du Lentisque (*Pistacia lentiscus*). La chute observée dans la teneur en MG est due probablement à la proportion élevée de proanthocyanidines dans la pulpe de caroube. En effet, ce type de tanins diminue la digestibilité de la matière sèche beaucoup plus que les autres fractions de tanins (Hagerman *et al.*, 1992). En outre, les proanthocyanidines sont souvent plus toxiques pour certaines bactéries du rumen (Mueller-Harvey *et al.*, 1988). Ce résultat peut être avantageux dans le sens d'obtenir naturellement des produits laitiers ayant une teneur moins élevée en matière grasse.

**Tableau 1. Effet de l'addition du polyéthylène glycol (PEG) au concentré contenant 10% MS de tanins condensés sur la composition chimique du lait de chèvre**

	0PEG	20PEG	40PEG
Production laitière individuelle (kg/24 h)	0,809 <sup>ab</sup>	1,064 <sup>a</sup>	0,780 <sup>b</sup>
Production laitière (kg/chèvre/120 jour de lactation)	72,81 <sup>b</sup>	95,76 <sup>a</sup>	70,21 <sup>c</sup>
Matière grasse (%)	4,22 <sup>a</sup>	3,68 <sup>b</sup>	3,84 <sup>b</sup>
Matière protéique (%)	3,80 <sup>a</sup>	3,50 <sup>ab</sup>	3,21 <sup>b</sup>
Lactose (%)	4,84	4,63	4,77
Extrait sec dégraissé (%)	9,42 <sup>a</sup>	8,98 <sup>b</sup>	8,79 <sup>b</sup>
Extrait sec (%)	13,64 <sup>a</sup>	12,67 <sup>b</sup>	12,63 <sup>b</sup>
Degré Dornic <sup>†</sup>	22,95	23,73	23,95
Cendres (%)	0,66	0,69	0,71
pH	6,58 <sup>a</sup>	6,43 <sup>b</sup>	6,49 <sup>ab</sup>

1 unité degré Dornic est équivalent à 0,1 g d'acide lactique.

La teneur en protéine du lait est significativement influencée par le traitement PEG (Tableau 1). Le lait produit par les animaux recevant le PEG a une teneur en protéines significativement moins élevée que celle dans le lait du lot témoin (3,21% et 3,50% vs 3,80% respectivement pour 40PEG,

20PEG et 0PEG;  $P < 0,05$ ). Cette diminution s'amplifie avec l'augmentation de la concentration de PEG administré. Ce résultat ne concorde pas avec celui obtenu par Gilboa *et al.* (2000) qui rapportent que ce paramètre n'est pas affecté par le PEG. La diminution des protéines dans le lait suite à l'utilisation du PEG, peut être attribuée à une dégradation accrue des protéines dans le rumen réduisant ainsi leur concentration dans le lait. L'ajout de PEG favorise la formation des complexes PEG-tanins condensés empêchant en même temps la formation des complexes tanins condensés-protéines, ce qui provoque une disponibilité des nutriments protéiques dans le rumen et par conséquent leur dégradation intense par la flore microbienne.

Toutefois, il paraît que les faibles apports de PEG (10 g/jour/chèvre) n'engendrent pas de différence significative de la teneur en matière grasse et matière protéique du lait chez la chèvre (Lassoued *et al.*, 2006). De même, Cabiddu *et al.* (2009) ont rapporté que la teneur en protéine du lait n'a pas été affectée par l'administration du PEG aux chèvres.

Le PEG dévalorise la matière sèche du lait et sa qualité chimique. En effet, la teneur du lait en extrait sec et en extrait sec dégraissé a connu aussi une diminution suite à l'administration de PEG (Tableau 1). Comme pour les protéines et la matière grasse, l'extrait sec et l'extrait sec dégraissé diminuent avec l'augmentation de la dose de PEG administrée aux chèvres.

La teneur du lait en acide lactique ne montre aucune variation sous l'effet de PEG. Les augmentations en acide lactique obtenues en degré Dornic sont, en effet, indicatrices d'une légère acidification non significative du lait qui pourrait être liée à la température ambiante élevée lors de la prise des mesures. Ce ci indique que le PEG ne modifie pas la stabilité de l'activité microbiologique du lait au cours de la conservation. Ce résultat est approuvé par l'acidité mesurée par unité de pH, qui a enregistré une légère diminution du pH du lait produit par les animaux recevant le PEG.

Malgré que la teneur en lactose diminue avec la dose de PEG utilisée, on ne note aucune différence significative entre les teneurs en lactose suite à l'utilisation des deux niveaux de PEG. Ce résultat concorde avec celui de Gilboa *et al.* (2000) qui ont montré que le traitement avec du PEG n'affecte pas la teneur en lactose.

### 3. Profil des acides gras du lait

L'analyse du résultat sur la base de la famille des acides gras (Tableau 2) montre que l'administration de 20 g de PEG/jour/chèvre a entraîné une amélioration importante de la teneur en acide gras insaturés par rapport au témoin (37,03% vs 21,43% respectivement,  $P < 0,001$ ). Les acides gras désirables et les acides mono-insaturés ont aussi connu une nette amélioration avec le traitement 20PEG (46,56% vs 38,75% ( $P < 0,05$ ) et 26,15 vs 12,43 ( $P < 0,001$ , respectivement). De même, on note que le traitement 20PEG favorise plus que 40PEG, la protection des acides gras contre la saturation (respectivement 62,96% et 67,49% des acides gras saturés). Le traitement 40PEG a fait augmenter la teneur de certains acides gras à chaîne longues du lait des chèvres tests (C18:3  $\omega$ -6, C18:2  $\omega$ -6c; C20:3  $\omega$ -6, C18:1  $\omega$ -9 et C24:1). Toutefois, on observe que le traitement 40PEG diminue la production laitière et améliore de façon moins importante la teneur en acides gras désirables et acides gras insaturés. Ces résultats concordent bien avec ceux de Getachew *et al.* (2000), Turner *et al.* (2005), Addis *et al.* (2005) et Cabiddu *et al.* (2009) qui ont rapporté des améliorations en acides gras insaturés et à chaînes longues similaires suite à l'apport de PEG.

L'analyse détaillée de la composition en acides gras du lait de chèvre a montré aussi que l'administration journalière d'une dose de PEG de 20 g/chèvre conduit à une amélioration de la teneur en acide gras insaturés, principalement, pentadécanoïque C15:1 (2,52% vs 0,39%,  $P < 0,05$ ), élaidique C18:1  $\omega$ -9 (17,95% vs 4,20%,  $P < 0,001$ ), eicosatriénoïque C20:3  $\omega$ -3 (1,29% vs 0,84%,  $P < 0,01$  et 0,35% vs 0,50%,  $P < 0,001$ ) et docosahénoïque C22:6  $\omega$ -3 (2,19% vs 1,31%,  $P < 0,05$ ). Ce résultat ne concorde pas avec celui de Cabiddu *et al.* (2009) qui ont annoncé une diminution de 37% du contenu en acide docosahénoïque en utilisant 200 ml d'une solution aqueuse de PEG (50/50 p/v). Ce résultat concorde bien avec celui de Getachew *et al.* (2000), qui ont obtenu une augmentation

**Tableau 2. Effet de l'addition de polyéthylène glycol (PEG) au concentré contenant 10% MS de tanins condensés sur les groupes d'acides gras du lait de chèvre (%)**

Acides gras	0PEG	20PEG	40PEG
Ac. gras désirables	38,75 <sup>b</sup>	46,56 <sup>a</sup>	44,13 <sup>ab</sup>
Ac. gras insaturés	21,43 <sup>b</sup>	37,03 <sup>a</sup>	32,50 <sup>a</sup>
Ac. gras mono-insaturés	12,43 <sup>c</sup>	26,15 <sup>a</sup>	20,18 <sup>b</sup>
Ac. gras polyinsaturés	8,99	10,87	12,31
Ac. gras saturés	78,57 <sup>a</sup>	62,96 <sup>b</sup>	67,49 <sup>b</sup>
Ac. gras à chaîne longue	74,85 <sup>a</sup>	74,59 <sup>a</sup>	62,01 <sup>b</sup>
Ac. gras à chaîne moyenne	20,95 <sup>b</sup>	21,53 <sup>b</sup>	32,87 <sup>a</sup>
Ac. gras à chaîne courte	4,20 <sup>b</sup>	3,88 <sup>ab</sup>	5,12 <sup>a</sup>
Ac. gras de type $\omega$ 3	3,2	4,16	4,39
Ac. gras de type $\omega$ 6	4,63	5,44	6,23
$\omega$ 3/ $\omega$ 6	0,69	0,76	0,70

des acides gras à courtes chaîne suite à l'addition de PEG dans un système de fermentation *in vitro* d'aliments riche en tanins. Cependant, il est différent de celui de Cabiddu *et al.* (2009) qui n'ont rapporté aucune influence de PEG sur la teneur en acides gras à chaîne courtes et intermédiaire dans le lait de vaches. Turner *et al.* (2005) ont signalé une augmentation de C7 dans le lait de brebis, alors que, Addis *et al.* (2005) ont signalé une augmentation de Cis 10heptadécanoïque (c-10 C17:1).

Aussi, l'apport de 20PEG et 40PEG provoque une diminution significative des acides gras saturés, particulièrement, l'acide palmitique C18 (22,24% et 10,76% vs 30,31%,  $P < 0,001$ ), et stéarique C16 (9,53% et 11,63% vs 17,33%,  $P < 0,01$ ), respectivement pour 20PEG, 40PEG et 0PEG ce qui contribue à diminuer les acides gras saturés du lait et améliore par conséquent la qualité du lait produit avec l'apport de PEG.

Cependant, la teneur en acide gras  $\alpha$ -linoléique (C18:3  $\omega$ -3) a connu une diminution significative dans le lait des groupes PEG (0,68% et 0,69% vs 1,05%,  $P < 0,001$ , respectivement pour 20PEG, 40PEG et 0PEG). L'étude menée par (Cabiddu *et al.*, 2009) ont également montré une diminution de 30% de l'acide  $\alpha$ -linoléique suite à l'utilisation du PEG. Ceci peut être expliqué par le fait que les acides gras  $\omega$ 3 sont les premiers à être biohydrogénés lors de la fermentation ruminale.

Sur la base des résultats obtenus, le traitement 20PEG semble être plus recommandable pour traiter les chèvres qui se nourrissent avec des ressources alimentaires contenant des tanins condensés à forte dose.

## IV – Conclusions

Un apport d'une dose de PEG de 20 g/jour/chèvre par voie buccale aux chèvres recevant une ration alimentaire avec une incorporation d'un taux de tanins condensés de 10% MS de complément en concentré s'est montré suffisante pour atténuer l'effet anti-digestif de ces tanins. Il a pu moduler la bio-hydrogénation ruminale, modifier le métabolisme lipidique à travers l'inactivation des tanins et permettre par conséquent une augmentation de la production de lait (+31%) avec une composition en acides gras bénéfiques plus élevée que le lait du groupe témoin (acides gras désirables: +20%, acides gras insaturés: +72%, acides gras mono-insaturés: +110%).

Le traitement 40 g de PEG/jour/chèvre semble avoir un effet positif surtout sur les acides gras à chaîne moyenne et courte en augmentant leurs teneurs dans le lait. Cependant, ce traitement fait baisser la production laitière par rapport au témoin (-3,6%) et *améliore* de façon moins importante la teneur des acides gras désirable, des acides gras insaturés, des acides gras mono-insaturés et des acides gras à chaînes longues.

Dans le cas des élevages caprins utilisant des ressources alimentaires riches en tanins, l'apport de 20 g de PEG /jour/chèvre par voie orale peut améliorer la valeur nutritionnelle du lait et aussi sa production.

## Références

- Addis M., Cabiddu A., Pinna G., Decandia M., Piredda G., Pirisi A. et Molle G., 2005.** Milk and cheese fatty acid composition of sheep fed different Mediterranean forages with particular reference to CLA cis-r9, trans-11. *J. Dairy Sci.*, 88, p. 3443-3454.
- AOAC, 1997.** *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA. 2000 p.
- Ayadi M., Arakrak A., Chriyaa A. and Chentouf M., 2012.** Effect of feeding condensed tannins in carob pulp, on milk yield, fatty acids and physico-chemical composition of goat milk. *XI<sup>th</sup> International conference on goats*. 24-27 September, Gran Canaria, Spain.
- Ayadi M., Arakrak A., Chriyaa A., Chentouf M. et Bouassab M., 2013.** Effect of carob pulp on growing performances, nutritional, and technological quality of meat and perirenal fat from goat. *Options Méditerranéennes. Série A*, n° 107, p. 195-200.
- Cabiddu A., Molle G., Decandia M., Spada S., Fiori M. et Piredda G., 2009.** Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium L.*) grazed by dairy sheep Part 2: Effects on milk fatty acid profile. *Livestock Science*, 123, p. 230-240.
- Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R.M. and Doreau M., 2000.** Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49, p. 181-205.
- Chouinard P.Y., Corneu L., Butler W.R., Chilliard Y., Drackley J.K. and Bauman D.E., 2001.** Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J. Dairy Sci.*, 84, p. 680-690.
- Christie W.W., 1993.** *Advances in Lipid Methodology*. Second Ed. The Oily Press Ltd, Dundee. Scotland, p. 69-111.
- Decandia M., Cabiddu A., Sitzia, M. and Molle, G., 2008.** Polyethylene glycol influences feeding behaviour of dairy goats browsing on bushland with different herbage cover. *Livestock Science*, 116, p. 183-190.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S., 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, p. 497-509.
- Getachew G., Makkar H.P. and Becker K., 2000.** Tannins in tropical browses: effects on *in vitro* microbial fermentation and microbial protein synthesis in media containing different amounts of nitrogen. *J. Agric. Food Chem.* 48, 3581-3588. Cité par : Cabiddu A., Molle G., Decandia M., Spada S., Fiori M., Piredda G., 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium L.*) grazed by dairy sheep Part 2: Effects on milk fatty acid profile. *Livestock Science*, 123, p. 230-240.
- Gilboa N., Perevolotsky A., Landau S., Nitsan Z. and Silanikove N., 2000.** Increasing productivity in goats grazing Mediterranean woodland and scrubland by supplementation of polyethylene glycol. *Small Rum. Res.*, 38, p. 183-190.
- Hagerman A.E., Robbins C.T., Weerasuriya Y.T., Wilson C. and McArthur C., 1992.** Tannin chemistry in relation to digestion. *J. Range Manage*, 45, p. 57-62.
- Lassoued N., Rekik M., Ben Salem H. and Dargouth M.A., 2006.** Reproductive and productivity traits of goats grazing *Acacia cyanophylla* Lindl. with and without daily PEG supplementation. *Livestock science*, 105, p. 129-136.
- Makkar H.P.S., 2003.** Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Rumin. Res.*, 49, p. 241-256.
- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T. and McNabb W.C., 2003.** The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 106, p. 3-19.
- Mueller-Harvey I., McAllan A.B., Theodorou M.K. and Beever D.E., 1988.** Phenolics in fibrous crop residues and plants and their effects on digestion and utilization of carbohydrates and proteins in ruminants. In: Reed, J.D., Capper, B.S., Neate, P.J.H. (Eds.), *Plant Breeding and the Nutritive Value of Crop Residues*. Proc. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, p. 97.
- Ramírez-Restrepo C.A. and Barry T.N., 2005.** Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Anim Feed Sci. Technol.*, 120, p. 179-201.
- SAS, 2004.** *SAS/stat version 9.1 User's Guide*. SAS Institute: Cary, NC, USA.
- Turner S.A., Waghorn G.C., Woodward S.L. and Thomson N.A., 2005.** Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) affect the detailed composition of milk from dairy cows. *N.Z. Soc. Anim. Prod.* 65, 283-289. Cité par : Cabiddu A., Molle G., Decandia M., Spada S., Fiori M., Piredda G., 2009. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium L.*) grazed by dairy sheep Part 2: Effects on milk fatty acid profile. *Livestock Science*, 123, p. 230-240.