



Doctoral Thesis

**Alternative feeds for small ruminants kept in the dry areas of the Mediterranean basin
From alleviated feed shortage to improved animal performance and dairy foods**

Author(s):

Abbeddou, Souheila

Publication Date:

2011

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007313996> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 19840

**Alternative feeds for small ruminants kept in the dry areas of the Mediterranean basin:
from alleviated feed shortage to improved animal performance and dairy foods**

A dissertation submitted to the
ETH Zurich
for the degree of
Doctor of Sciences ETH

Presented by
Souheila Abbeddou
Master of Science in Food Quality Management and Chemistry of Natural Products,
The Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Crete, Greece.
Born on February 02, 1977
In Blida, Algeria

Accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Michael Kreuzer, examiner
Dr. Astrid Oberson, co-examiner
Dr. Hans Dieter Hess, co-examiner

Summary

Small ruminants constitute the key species for livestock production in the dry areas, including the West Asia and North Africa (WANA) regions. In the last years, the overexploitation of rangeland resources combined with water scarcity made a regular supply of sufficient feed increasingly difficult to achieve by the resource-poor farmers in the dry areas of the Mediterranean basin. This area contains great number of feed alternatives which are also available in considerable amounts to overcome feed shortage. These feed alternatives are less commonly used by the local farmers because they are not well known with respect to their suitability and feeding value for livestock. The main objective of this project was to renew the interest of local farmers in the dry areas of the Mediterranean basin in using crops residues, underutilized shrubs and agro-industrial by-products during periods of shortage and reduce, subsequently, the use of the costly feed supplements by demonstrating their utility and value through research. To achieve this objective, an in-depth screening of the proposed options for their nutritive value was the primary goal. Additionally, the quality of milk and dairy products from ewes fed these alternatives as replacement of the traditional concentrate/forage was investigated as this needs to be similar or higher than the products obtained with the traditional diet to be adopted. Especially off-flavors and off-odors caused by unconventional feeds would not be tolerated. Finally, to ensure their sustainable use, their effect on the entire animal-soil-plant system was evaluated.

Two digestibility experiments were run separately to test *in vivo* (n = 6 per diet), *in vitro* (n = 3 per feed) and *in sacco* (n = 6 per feed) the feeding value in fat-tailed Awassi lambs of four agro-industrial byproducts and four forages typical for the Mediterranean area. In the first experiment, the test feeds (broken lentils, sugar beet pulp, tomato pomace and olive cake) were compared to a barley-wheat bran mixture (control). Large compositional differences between the batches of test feeds were found. The two agro-industrial byproducts (tomato pomace and olive cake) were rich in ether extract (EE); sugar beet pulp was rich in calcium and broken lentils were rich in crude protein (CP) and non-fiber carbohydrates. This difference in composition resulted also in different feeding value. Olive cake contains high levels of lignin (ADL) and EE, in addition to its phenols, which resulted in its low palatability and feeding value which might restrict its use. Broken lentils and sugar beet pulp were similar to the control feed in nutrient digestibility, which resulted in similar metabolizable energy content as well. Tomato pomace showed lower CP digestibility and its higher contents in ADL and phenols resulted in its lower metabolizable energy compared to

Summary

the control diet. In the second experiment, lentil straw, vetch hay, olive leaves, and *Atriplex* leaves were compared to barley straw. As well, test forages had large differences in nutrient contents. The high ADL content and relatively high total phenol content of olive leaves reduced their CP digestibility. *Atriplex* leaves were high in CP content and digestibility but had a high salt content which reduced its intake and its metabolizable energy content. It also increased the water consumption, which would be a concern in an area suffering already from water scarcity. Additionally, long term feeding has unknown consequences on the mineral balance of the animal, hence its use in restricted amounts would be more efficient. Vetch hay was the most valuable forage in terms of energy and protein supply. Lentil straw and olive leaves were similar or slightly superior to barley straw.

The second part of the project, consisting of an on-station experiment with sixty fat-tailed Awassi lactating ewes, was designed to test the influence of five selected feed alternatives on milk fatty acid (FA) profile and its antioxidant status. The results indicated that feeding isonitrogenous and isoenergetic diets containing one third of lentil straw, *Atriplex* leaves, olive leaves, tomato pomace or olive cake, did not result in substantial differences in animal performance (*i.e.* milk yield and gross composition). The different tested feeds improved at least one aspect of milk potential health benefit each. Feeding olive cake, rich in 18:1 *c*9, (oleic acid) and tomato pomace, rich in 18:2 *c*9,*c*12 (linoleic acid), resulted in reduced proportions of short- (SCFA) and medium-chain (MCFA) FA and in higher contents of monounsaturated FA (MUFA), especially 18:1 *c*9. Olive leaves and lentil straw with their relatively high phenol content increased the polyunsaturated FA (PUFA) content, especially 18:3 *c*9,*c*12,*c*15 (α -linolenic acid), and 18:2 *c*9,*t*11 (an important conjugated linoleic acid isomer, CLA) in milk fat. *Atriplex* leaves improved the antiradical activity of the milk.

When the milk of the lactating ewes of the on-station experiment was processed to fresh cheese and yoghurt, the most traditional dairy products in the dry areas of the Mediterranean basin, it was found that their sensory and mechanical attributes were only moderately influenced by the alternative feeds. The nutritional composition of yoghurt and cheese was not varied much by the test feeds, except for some changes in FA profile similar to the milk. Additionally, the products were accepted by the local people and in some cases were ranked better than those produced from the milk of the control group, as it was the case with cheese from *Atriplex* leaf and olive cake diets. No off-flavors were reported.

The last experiment in this project aimed to quantitatively evaluate how feeding sheep with the different alternatives affects manure quality. The results showed that the diet

Summary

composition in the dry area farming system had only a minor effect on N use efficiency of either feces or compost. Special consideration should be given to the phenol content and nature present in the diets and the derived amendments. The study showed that immobilization of N might have been promoted by the presence of phenols in the olive by-product derived amendments. Fresh olive cake amendment showed that in addition to the inhibitory effect on soil N availability, phenols might have had a direct toxic effect on soil microbial population, which was reduced when olive cake was added at 25% of N dose. It was also concluded that efficient collection, storage and handling of urine and feces are critical to increase the N cycling efficiency in crop-livestock systems.

The results of the project answered the questions raised on using unconventional feeds in the dry areas of the Mediterranean basin. It was shown that feeding these alternatives would be suitable in sustaining at least the same animal performance as obtained by the traditional feeds used in the area by the farmers. It also turned out that because of the special composition of these alternatives, milk quality can be improved in terms of milk fat with potential health benefit on human health or antioxidant status. The use of these cost-efficient feeds resulted in at least the same physicochemical quality of the dairy products, which would be a determining factor for the adoption of these options by the local farmers. The minor effect of the different feeds on the nitrogen cycling efficiency in the mixed crop-livestock system in the dry areas is even more encouraging because it ensures the sustainability of using these unconventional feeds.

The outcomes of this project showed that the implementation of the tested unconventional feeds is promising in many aspects related to the flock performance and milk product quality. The adoption of, at least, some of the suggested alternatives would contribute in achieving feed scarcity alleviation, production cost and competition with human nutrition reduction, and rangeland degradation mitigation.

Résumé

Les petits ruminants constituent les principales espèces d'élevage dans les zones arides, y compris les régions de l'Asie Occidentale et de l'Afrique du Nord. Les éleveurs locaux des zones arides du bassin Méditerranéen avaient des difficultés à assurer une alimentation suffisante pour leur bétail en période de sécheresse. Durant ces dernières années, la surexploitation des ressources pastorales et la pénurie d'eau ont accru ce problème. Cependant, cette zone pourrait offrir un grand nombre d'alternatives alimentaires pour surmonter la pénurie d'aliments. Les résidus de culture et les sous-produits de l'industrie agro-alimentaires sont sous-utilisés par les éleveurs locaux, car leur acceptation et leur valeur nutritive pour le bétail sont peu connues. L'objectif principal de ce projet était de re-motiver les éleveurs des régions sèches du bassin Méditerranéen à utiliser des résidus de cultures, d'arbustes et des sous-produits agro-alimentaires pendant les périodes de pénurie en démontrant leur utilité et leur valeur nutritive, afin de réduire l'utilisation de suppléments alimentaires coûteux. Pour atteindre ce but, la valeur nutritive de ces options alimentaires possibles a principalement été considérée. Pour que les alternatives soient adoptées, lait et produits laitiers de brebis nourries avec ces alternatives doivent être de qualité au moins similaire à celle des produits obtenus avec les aliments traditionnels (concentré/paille d'orge). En plus de la qualité physicochimique des produits laitiers, leur qualité sensorielle s'avère déterminante pour leur acceptation. Toutes deux ont été analysées avec différents tests sur du fromage frais et du yaourt, les produits laitiers les plus traditionnels dans les régions sèches du bassin méditerranéen. Enfin, pour assurer une utilisation durable, l'effet des alternatives sur l'ensemble du système animal-sol-plante a été évalué.

Deux expériences de digestibilité ont été réalisées séparément afin de tester *in vivo* (n = 6 par ration), *in vitro* (n = 3 par aliment) et *in sacco* (n = 6 par aliment) la valeur nutritive de quatre fourrages et quatre sous-produits agroalimentaires caractéristiques de la région Méditerranéenne, sur des agneaux Awassi à queue grasse. Dans la première expérience, les aliments testés (lentilles cassées, pulpe de betteraves sucrières, pulpe de tomates et grignon d'olives) ont été comparés à un mélange de son de blé et d'orge (aliment contrôle). Les lots d'aliments expérimentaux avaient une composition et donc des valeurs nutritives très différentes. En plus de divers phénols le grignon d'olives a eu des teneurs en lignine et en extrait à l'éther (EE) élevées, ce qui a résulté en appétence et valeur nutritive moindres. Cela pourrait limiter son utilisation. Les lentilles cassées, quoique riches en protéines brutes (PB)

Résumé

et en carbohydrates non-structuraux, ainsi que la pulpe de betteraves sucrières (riche en calcium) ont été jugées similaires à l'aliment contrôle dans la digestibilité de leurs nutriments et leur énergie métabolisable. La pulpe de tomate s'est avérée riche en EE. La digestibilité inférieure de ses PB, ainsi que sa teneur élevée en lignines et phénols ont résulté en une énergie métabolisable faible par rapport à la ration témoin. Dans la deuxième expérience, paille de lentilles, foin de vesce, feuilles d'olivier, et feuilles d'*Atriplex* ont été comparés à de la paille d'orge. A nouveau, les fourrages expérimentaux étaient très différents quant à leur teneur en nutriments. La teneur relativement élevée en lignines et en phénols des feuilles d'olivier a diminué la digestibilité de leur PB. Elles étaient cependant similairement ou légèrement mieux acceptées que la paille d'orge. La paille de lentilles était de qualité similaire ou légèrement supérieure à la paille d'orge en termes d'approvisionnement énergétique et protéique. Malgré leur richesse en PB et une digestibilité intéressante, les feuilles d'*Atriplex* avaient une teneur très élevée en sel, ce qui a réduit leur consommation et donc leur énergie métabolisable. Elles ont également augmenté la consommation d'eau, fait qui serait préoccupant dans une région souffrant déjà de pénurie d'eau. De plus, leur inclusion à long terme dans l'alimentation animale a des conséquences inconnues sur l'équilibre minéral de l'animal. Une utilisation en quantités restreintes serait donc probablement plus efficace. Le foin de vesce était le fourrage le plus apprécié de tous pour son apport énergétique et protéique.

La deuxième partie du projet a été conçue pour tester l'influence de cinq aliments alternatifs choisis sur le profil en acides gras du lait (AG) et son statut antioxydant. Elle consistait en une expérimentation en station avec soixante brebis en lactation (Awassi à queue grasse), nourries avec des rations isoazotées et isoénergétiques constituées à un tiers de paille de lentilles, de feuilles d'*Atriplex*, de feuilles d'olivier, de pulpe de tomates ou de grignon d'olives. Il n'y a pas eu de différence significative entre ces rations pour ce qui concerne la performance des animaux (soit production laitière et composition du lait). Les différents aliments testés pourraient positivement influencer la santé du consommateur, puisque l'inclusion de grignon d'olive (riche en 18:1 c_9 , acide oléique) et de pulpe de tomate (riche en 18:2 c_9,c_{12} , acide linoléique), a réduit les teneurs en acide gras saturés à chaîne courte (AGCC) et à chaîne moyenne (CMAF) et a accru les teneurs en acides gras monoinsaturés (AGMI), en particulier 18:1 c_9 . Les feuilles d'olivier et la paille de lentilles, relativement riches en phénols, ont la teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI) du lait, en particulier 18:3 c_9,c_{12},c_{15} (α -linoléique), et 18:2 c_9,c_{11} (un isomère conjugué important de

Résumé

l'acide linoléique , CLA) dans la graisse du lait. Les feuilles d'*Atriplex* ont réduit l'activité des radicaux libres dans le lait.

Le fromage frais et le yaourt fabriqués à partir du lait collecté dans l'expérience 2 n'avaient que modérément été influencés dans leurs attributs sensoriels et mécaniques par les différents aliments alternatifs. A l'exception de quelques différences dans le profil des AG (différence également trouvées dans le lait utilisé pour la production), les aliments testés n'ont pas changé la composition nutritionnelle du yaourt et du fromage. Les produits ont été acceptés par la population locale et, dans certains cas (fromage de brebis nourries avec des feuilles d'*Atriplex* ou grignons d'olive), ont même été jugés meilleurs que ceux produits à partir du lait du groupe contrôle. Aucune flaveur anormale n'a été signalée.

La dernière expérience dans ce projet visait à évaluer quantitativement comment nourrir des moutons avec les différents aliments alternatifs affecte la qualité du fumier en terme d'efficacité dans l'utilisation de l'azote et le bilan en azote du sol. Les résultats ont montré que la composition du régime alimentaire n'a eu qu'un effet mineur sur l'efficacité d'utilisation d'azote d'excréments ou de compost. Une attention particulière devrait être accordée à la teneur et la nature des phénols présents dans les aliments, cependant. Les phénols présents dans la fumure d'animaux nourris avec des sous-produits dérivés de la production d'olive pourraient favoriser l'immobilisation d'azote. La fertilisation avec du grignon d'olive frais pourrait par le biais des phénols avoir un effet toxique direct sur les populations microbiennes du sol, en plus d'avoir l'effet inhibiteur sur la disponibilité de l'azote. En effet, ce phénomène a été réduit quand le grignon d'olive frais n'a été ajouté qu'à 25% de la dose N à l'amendement. Il a également été conclu que la collecte, de stockage et de manipulation de l'urine et les fèces sont essentielles pour augmenter l'efficacité du cycle de l'azote dans les systèmes de culture et d'élevage.

Les résultats du projet ont montré que l'usage d'aliments non-conventionnels dans les zones arides du bassin Méditerranéen permettrait au moins d'atteindre les mêmes niveaux de production, que les aliments traditionnels actuellement utilisés dans la région par les éleveurs. Il est également apparu qu'en raison de la composition particulière de ces aliments alternatifs, la qualité du lait peut être améliorée en termes de statut antioxydant ou en matière de profil d'acide gras du lait, ce qui pourrait avoir un effet positif sur la santé humaine. Les produits laitiers dérivés restent de même qualité, une condition sine-qua-non pour l'adoption de ces alternatives. Comme l'usage de ces aliments semble ne pas réduire l'efficacité du cycle de

Résumé

l'azote dans le système de mix cultures-élevage des zones sèches, il pourrait être durablement établi.

Les résultats de ce projet ont montré en outre que l'usage des aliments testés est prometteur en matière de productivité et de qualité de produits laitier. L'adoption d'au moins certaines de ces alternatives réduirait les périodes de rareté d'aliments, le coût de production, la concurrence avec l'alimentation humaine et la destruction de surface de pâturage.