

## GT 3

# Etude des systèmes de production et valorisation des ressources alimentaires alternatives

## Activité 3.4.

### Identification et valorisation des ressources alimentaires alternatives

*Le projet JESMED est co-financé dans le cadre du Programme IEV CT « Italie Tunisie » 2014-2020*

[www.jesmed.eu](http://www.jesmed.eu)

Université de Catane – UniCT, Piazza Università, 2 - 95100 Catania (CT) – Italie  
Email Certifié: [protocollo@pec.unict.it](mailto:protocollo@pec.unict.it)  
Personne de contact pour le projet: P. Luisa BIONDI  
Département de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Environnement – Di3A  
Tél. +39 095 4783330 - Email: [luisa.biondi@unict.it](mailto:luisa.biondi@unict.it)

Uni  
**ct** AGRICOLTURA,  
ALIMENTAZIONE  
E AMBIENTE

L'objectif de l'activité R.3.4 est de contribuer à l'échange d'informations entre les partenaires tunisiens et italiens sur les ressources alimentaires alternatives utilisées ou potentiellement utilisables dans l'élevage des ruminants en Méditerranée.

L'utilisation des déchets agricoles et agro-industriels dans l'alimentation du bétail est une stratégie prometteuse pour atteindre l'objectif de la réduction du coût de l'alimentation des ruminants. De plus, le remplacement des sources conventionnelles d'énergie et de protéines dans l'alimentation des ruminants (par exemple: grains de céréales, soja, etc.) pourrait contribuer à atténuer la concurrence *feed-to-food* dans l'élevage en remplaçant les aliments potentiellement comestibles par des aliments non comestibles pour l'homme. Finalement, l'utilisation des déchets agricoles et agro-industriels dans l'alimentation animale est une stratégie qui peut atténuer l'impact environnemental de l'élevage et notamment ce qui est relié à la culture des aliments pour animaux (émissions de GES, consommation des sols et de l'eau, dégradation et pollution).

Beaucoup de ces aliments alternatifs sont riches en composés bioactifs, tels que les polyphénols y compris les tanins, les terpènes, etc. Les composés phénoliques (et les tanins en particulier) sont parmi les composés bioactifs végétaux les plus prometteurs, capables d'affecter le métabolisme ruminal et, par conséquent, d'améliorer l'utilisation des protéines (avec des effets positifs en termes d'excrétion d'azote et d'impact environnemental) et la qualité des produits (composition des acides gras, conservation des produits). De plus, un effet intéressant sur le parasitisme intestinal est également à mentionner, avec des effets positifs en termes de santé et de performance de production.

Pour toutes ces raisons, nous avons porté notre attention sur divers sous-produits, notamment ceux riches en polyphénols, qui pourraient présenter un grand intérêt pour l'alimentation des ruminants. Tous sont issus de la culture méditerranéenne typique et de la transformation industrielle, la seule exception étant représentée par les écorces de cacao. Les écorces de cacao, bien que non produites dans la zone méditerranéenne, sont largement transformées dans cette zone et dans plusieurs pays européens.

- **MARC DE GRENADE:** la grenade est consommée sous forme de fruit frais et de jus et est appréciée pour ses effets bénéfiques sur la santé. Au cours des dernières années, l'augmentation de la production de jus de grenade a entraîné une augmentation de la quantité de ses sous-produits. Le marc de grenade est le sous-produit issu de la production industrielle de jus de grenade. Le marc « entier » est composé d'arilles, de pelures, de pépins et de fruits rejetés. D'autres sous-produits, tels que le marc de graines et les pelures transformées, résultent du traitement ultérieur du marc de grenade entier pour obtenir des huiles de graines et des extraits phénoliques.
- **MARC D'AGRUMES:** c'est le sous-produit provenant de la production industrielle de jus d'agrumes. Le marc « entier » d'agrumes est le sous-produit traditionnel et est composé de pulpe résiduelle, de zeste et de pépins. Cependant, les huiles essentielles des pelures, les pectines de la pulpe des agrumes et l'huile des graines peuvent également être obtenues. Par conséquent, plusieurs types de marc d'agrumes ayant une composition chimique très variable peuvent être disponibles.

- **COQUES ET ECORCES D'AMANDES:** les coques d'amandes représentent environ 50% du poids total des amandes. Les coques d'amandes possèdent une teneur élevée en flavonoïdes, en concentration variable selon les conditions de maturation. Les écorces d'amande ont un aspect brunâtre et représentent 4% du poids total de l'amande. Ils présentent entre 70 et 100% des phénols totaux présents dans le fruit entier de l'amandier et des quantités intéressantes de triterpénoïdes.
- **GRIGNON D'OLIVE:** c'est le résidu solide généré par l'extraction de l'huile d'olive ; environ 800 g de grignons d'olive sont obtenus à partir de chaque kilogramme d'olives. Il contient du noyau concassé, de la peau et de la pulpe avec de l'huile résiduelle. La composition chimique du grignon est très variable en fonction de la proportion des composants solides précités mais aussi de l'origine géographique, de la variété d'olive, des conditions de culture et du mode d'extraction de l'huile. Le grignon d'olive peut être aussi classé en brut ou extrait (ou épuisé ou dégraissé ou appauvri) en fonction de la teneur en huile résiduelle, ou en grignon partiellement dénoyauté ou brut en fonction du dénoyautage ou non. La pulpe d'olive est obtenue lorsque les noyaux sont complètement séparés. Les sous-produits de l'olive contiennent des quantités variables d'acide phytique, de polyphénols, de tanins et de lignine, principalement en fonction du processus d'extraction de l'huile.
- **PEAUX DE NOISETTES :** font partie des déchets issus de la transformation industrielle des noisettes. En particulier, la peau de noisette est le péricarpe du noyau de noisette et est jetée après le processus de torréfaction. L'enlèvement de la peau est souvent nécessaire pour la fabrication de la noisette en raison de la présence d'une grande quantité de composés phénoliques qui donnent une saveur amère aux produits et provoquent des réactions colorées dans certaines applications alimentaires. La peau représente environ 2,5 % du poids de la noisette.
- **ECORCES DE CACAO :** le cacao n'est pas une culture méditerranéenne traditionnelle ; cependant, le cacao est très apprécié sur le marché alimentaire de l'UE. En conséquence, les écorces de cacao se trouvent facilement sur le marché. Les écorces de cacao, également appelées coques de cacao, sont l'un des nombreux sous-produits issus de la transformation industrielle des fruits de cacao. Une fois les fèves isolées des cabosses, les écorces de cacao sont séparées des cotylédons (la partie comestible) par torréfaction et se composent principalement de tégument et d'embryon. Les écorces de cacao représentent 10 à 12 % du poids de la fève.
- **PULPE DE CAROUBE :** Le caroubier est une légumineuse représentant une composante importante de la végétation méditerranéenne. La gousse de caroube est exploitée par l'industrie agroalimentaire: la gomme de caroube, épaississant et stabilisant alimentaire, est extraite des graines; la pulpe, le sous-produit de la gousse de caroube, est traditionnellement utilisée pour l'alimentation humaine et animale. La pulpe de caroube présente une teneur élevée en sucres (~44 % MS), une faible teneur en protéines (3–5 % MS) et une quantité variable de tanins (3–20 % MS)

- **MARC DE TOMATE** : il résulte de la transformation industrielle de la tomate pour la production de jus, de pâte et de ketchup. Il est composé d'une proportion variable de pépins, de pelures et de petites quantités de pulpe résiduelle et de fruits non transformés mis au rebut. Les procédés d'extraction du jus déterminent la variabilité de la composition chimique du marc de tomate : il est généralement riche en fibres facilement fermentescibles, ainsi qu'en protéines (riches en acides aminés essentiels) et en matières grasses et représente une source naturelle de caroténoïdes (principalement de lycopène), de vitamines C et E qui pourraient exercer une activité antioxydante lorsqu'ils sont donnés au bétail. Les composés phénoliques de la tomate sont principalement représentés par les flavanones et les flavonols.
- **SOUS-PRODUITS DE L'ARTICHAUT** : l'artichaut produit à la fois des sous-produits agricoles constitués de feuilles, de tiges et d'inflorescences laissées au champ après récolte pour la consommation humaine (50 à 80 % de la biomasse totale de la plante) et des sous-produits agro-industriels issus d'artichauts en conserve (environ 50% du poids de l'artichaut transformé). L'artichaut et ses extraits sont riches en substances biologiquement actives telles que les flavonoïdes, les polyphénols, les tanins, l'inuline, la pectine, ce qui les rend extrêmement intéressants également pour l'industrie de l'alimentation animale. Des extraits obtenus à partir de différentes parties morphologiques (feuilles, graines, tiges et fleurs) du cardon ont démontré in vitro des activités antioxydantes et antimicrobiennes attribuées aux substances phénoliques. En particulier, les bractées semblent contenir les niveaux les plus élevés de phénols totaux et de flavonoïdes, alors que les tanins semblent être plus abondants dans les feuilles. La farine de cardon est un sous-produit retenu après l'extraction de l'huile des graines de cardon cultivé. Il présente des caractéristiques chimiques intéressantes pour sa teneur en fibres, protéines, flavonoïdes, tocophérol et acides gras insaturés qui rendent ce sous-produit adapté à l'alimentation animale.

### **Composition chimique des ressources alimentaires alternatives**

Les sous-produits agro-industriels sélectionnés ont été échantillonnés et soumis aux analyses de la composition chimique et nutritive de base (fractions fibreuses, protéines brutes, graisses brutes et cendres) selon les méthodes standard. Les biomasses ont également été analysées pour la teneur en composés phénoliques totaux et en tanins totaux, selon la méthode de Makkar et al. (1993, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 61, 161–165) et exprimés en équivalents d'acide tannique. De plus, la composition en acides gras des aliments a été déterminée selon Valenti et al. (2018, *Meat Science* 145:63-70.). Les résultats sont rapportés dans le tableau 1.

**Tableau 1: Composition chimique des ressources alimentaires alternatives**

	MDG	MDA	MDT	PDN	EDC	FDC
MS, g/100g	91.16	92.71	91.16	92.35	93.20	92.71
<i>Composition, %MS</i>						
NDF	31.40	24.62	52.46	51.07	33.08	45.46
ADF	22.78	17.45	44.40	38.77	27.32	39.54
ADL	6.88	7.23	26.34	20.28	13.70	12.74
Graisses brutes	4.43	2.56	18.67	22.63	20.42	18.17
Protéines brutes	6.88	7.31	14.45	7.86	12.03	7.99
Cendres	3.64	11.55	2.75	2.48	4.63	5.52
<i>Composés phénoliques, g/kg MS</i>						
Phénols total	95.30	9.83	-	131.67	75.50	60.39
Tanins total	93.41	-	-	76.67	23.70	-
<i>Acides gras, % du total</i>						
C14:0	0.06	0.85	0.16	0.12	0.24	0.13
C16:0	3.54	26.85	14.71	7.11	22.53	12.96
C18:0	1.92	4.15	4.87	2.59	24.02	3.36
C18:1cis-9	5.43	23.76	20.73	74.87	39.11	19.91
C18:2 n-6	5.87	35.73	51.08	13.60	8.50	62.43
C18:3 n-3	0.29	6.39	2.13	0.20	0.48	0.16
C18:3 n-5 (Punique)	71.20	-	-	-	-	-

Marc de grenade séché (MDG); Marc d'agrumes séché (MDA); Marc de tomate séché (MDT); Peaux de noisettes (PDN); Ecorces de cacao (EDC); Farine de cardon (FDC).

Les résultats obtenus démontrent que toutes les biomasses considérées pourraient être incluses parmi les ingrédients des régimes alimentaires des ruminants. Il faut tenir en compte certains aspects :

- Le marc de grenade (MDG) et de agrumes (MDS) présentent des caractéristiques intéressantes. En raison de leur composition favorable en fibres (faible ADL), ils pourraient potentiellement remplacer une forte proportion de céréales dans l'alimentation des ruminants. Le marc de tomate (MDT), par contre, a un haute contenu de gras et de protéines. Aussi, concernant les composés phénoliques, le MDG contient une teneur remarquable en polyphénols totaux (environ 10% MS) et, plus intéressant, la quasi-totalité des composés phénoliques sont des tanins. Bien que nous n'ayons pas caractérisé le type de tanins présents dans le MDG, la littérature rapporte que les principales classes de tanins dans les fruits de grenade sont hydrolysables, la punicalgine étant le composé prédominant. De plus, le MDG présente une composition intéressante en acides gras, en raison de la présence d'un acide gras particulier (acide punique), connu pour ses propriétés bénéfiques pour la santé. Dans le cas du marc d'agrumes (MDA), tous les polyphénols mesurés sont des composés autres que les tanins. Ce n'est pas surprenant, car les principaux composés phénoliques signalés

dans les agrumes sont les flavonoïdes (par exemple l'espéridine et la naringine). Par conséquent, le MDA pourrait être une ressource alimentaire valable pour les ruminants en Méditerranée. Dans le cas du MDT, les molécules bioactives plus importantes ne sont pas représentées par les phénols, mais plutôt par les caroténoïdes, avec des intéressantes propriétés antioxydantes.

La principale contrainte à l'utilisation des marcs est représentée par le fait que la production de grenade, agrumes et tomates est strictement saisonnière et que les marcs sont hautement périssables à cause du haut contenu d'humidité. Cela implique la nécessité de les utiliser dans des lieux proches de l'industrie de transformation ou de les conserver. Parmi les méthodes de conservation, la déshydratation artificielle représente une option coûteuse en termes économiques et environnementaux en raison de la forte consommation d'énergie. L'ensilage de sous-produits agro-industriels ou leur inclusion dans des « feed-blocks » constituent une alternative valable à la déshydratation.

- Les écorces de cacao (EDC) et les peaux de noisette (PDN) ont également été prises en compte, car très peu ou pas d'informations sont disponibles sur leur utilisation dans l'alimentation des animaux. De plus, ces sous-produits ont une très faible teneur en humidité et, par conséquent, ils offrent l'avantage pratique d'être facilement transportés, conservés et inclus dans des régimes ou des suppléments à base de concentrés. La composition chimique des deux sous-produits en fait de bons candidats pour remplacer les sources d'énergie conventionnelles, étaient-ils riches en graisses (> 20%). En plus, les PDN sont riches en vitamine E (environ 150 mg/kg MS), ce qui les rend intéressants pour un potentiel effet antioxydant. Dans le cas des EDC, son niveau d'inclusion dans l'alimentation est limité par la concentration en théobromine. Cet alcaloïde est typique des fruits du cacao et sa teneur dans l'alimentation du bétail est soumise à des restrictions légales (directive UE 32/2002). Sur la base des niveaux seuils de théobromine autorisés, la proportion à laquelle les EDC pourraient être incluses dans les régimes alimentaires serait plutôt faible (5% environ), rendant ainsi négligeable la quantité de polyphénols de cacao ingérée par les animaux.
- La farine de chardon (FDC) est intéressante pour sa teneur en matières grasses et sa richesse en acide linoléique. Pour cette raison, elle pourrait être une bonne source d'énergie dans la ration alimentaire des animaux. Comme pour EDC et PDN, la faible teneur en humidité facilite le stockage et le transport de la FDC.

### Références bibliographiques d'approfondissement

Barral-Martinez M, Fraga-Corral M, Garcia-Perez P, Simal-Gandara J, Prieto MA. Almond by-products: valorization for sustainability and competitiveness of the industry. *Foods*, 2021, 10, 1793.

Ben Salem H, Nefzaoui A. Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats: a review. *Small Ruminant Research*, 2003, 49(3):275-288. DOI:10.1016/S0921-4488(03)00144-5.

Buccioni A, Brajon G, Nannucci L, Ferrulli V, Mannelli F, Barone A, Daghighio M, Secci G, Rapaccini S, Gatta D, Falce M, Minieri S. Cardoon meal (*Cynara cardunculus* var. *altilis*) as alternative protein source during finishing period in poultry feeding. *Sustainability*. 2020, 12(13):5336. <https://doi.org/10.3390/su12135336>.

- Castagna F, Piras C, Palma E, Musolino V, Lupia C, Bosco A, Rinaldi L, Cringoli G, Musella V, Britti, D. (2021). Green veterinary pharmacology applied to parasite control: Evaluation of punica granatum, artemisia campestris, salix caprea aqueous macerates against gastrointestinal nematodes of sheep. *Veterinary Sciences*, 8(10) doi:10.3390/vetsci8100237.
- Correddu F, Lunesu MF, Buffa G, Atzori AS, Nudda A, Battacone G, Pulina G. Can agro-industrial by-products rich in polyphenols be advantageously used in the feeding and nutrition of dairy small ruminants? *Animals*, 2020, 10, 131; doi:10.3390/ani10010131.
- Dabbou S, Flamini G, Pandino G, Gasco L, Helal AN. Phytochemical compounds from the crop byproducts of Tunisian globe artichoke cultivars. *Chemistry & biodiversity*, 2016, 13, 1475-1483.
- Feedipedia: An on-line encyclopedia of animal feeds. Joint project of INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/>
- Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Bastianelli D., Lebas F., 2021. Tomato pomace, tomato skins and tomato seeds. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://feedipedia.org/node/689>
- Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Lebas F., 2017. Citrus pulp, fresh. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/679>
- Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Lebas F., 2018. Citrus pulp, dried. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/680>
- Heuzé V., Tran G., Sauvant D., Lessire M., Lebas F., 2016. Carob (*Ceratonia siliqua*). Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/320>
- Ibidhi R, Ben Salem H. Water Footprint of livestock products and production systems: a review. *Animal production science*, 2020, 60, 11, 1369-1380. doi: 10.1071/AN17705.
- Meneses M, Martínez-Marín AL, Madrid J, Martínez-Teruel A, Hernández F, Megías MD. Ensilability, in vitro and in vivo values of the agro-industrial by-products of artichoke and broccoli. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27, 2919–2925.
- Monllor P, Romero G, Muelas R, Sandoval-Castro CA, Sendra E, Díaz JR. Ensiling process in commercial bales of horticultural by-products from artichoke and broccoli. *Animals*, 2020, 10, 831.
- Onwuka CFI, Adetiloye PO, Afolami CA (1997). Use of household wastes and crop residues in small ruminant feeding in Nigeria. *Small Ruminant Research*, 24(3), 233-237. doi:10.1016/s0921-4488(96)00953-4.
- Pardo G, Martin-Garcia I, Arco A, Yañez-Ruiz DR, Moral R, Del Prado A. Greenhouse-gas mitigation potential of agro-industrial by-products in the diet of dairy goats in Spain: A life-cycle perspective. *Animal Production Science*, 2016, 56, 3, 646 – 654.
- Salami SA, Luciano G, O'Grady MN, Biondi L, Newbold CJ, Kerry JP, Priolo A. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 251, 37-55.

- Schader C, Muller A, El-Hage Scialabba N, Hecht J, Isensee A, Erb KH, Smith P, Makkar HPS, Klocke P, Leiber F, Schwegler P, Stolze M, Niggli U. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *J. R. Soc. Interface* 12: 20150891. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>.
- Tzamaloukas O, Neofytou MC, Simitzis PE. Application of Olive By-Products in Livestock with Emphasis on Small Ruminants: Implications on Rumen Function, Growth Performance, Milk and Meat Quality. *Animals*, 2021, 11, 531.
- Valenti F, Liao W, Porto SMC. Life cycle assessment of agro-industrial by-product reuse: a comparison between anaerobic digestion and conventional disposal treatments. *Green Chem.*, 2020, 22, 7119-7139.
- Vasta V, Luciano G. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 2011, 101, 150– 159.
- Wadhwa M, Bakshi MPS. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. 2013. <https://www.fao.org/3/i3273e/i3273e.pdf>
- Williams AR, Ropiak HM, Frygnas C, Desrues O, Mueller-Harvey I, & Thamsborg S M (2014). Assessment of the anthelmintic activity of medicinal plant extracts and purified condensed tannins against free-living and parasitic stages of *Oesophagostomum dentatum*. *Parasites and Vectors*, 7(1) doi:10.1186/s13071-014-0518-2.

Janvier 2022.

*Le Programme de Coopération Transfrontière (CT) « Italie-Tunisie » 2014-2020, qui bénéficie d'un financement communautaire de 33.354.820,00 d'euros au titre de l'Instrument Européen de Voisinage (IEV), vise à contribuer à l'objectif global IEV de progrès vers « une zone de prospérité partagée et de bon voisinage entre les États membres de l'UE et leurs voisins ». Le but du Programme IEV CT « Italie-Tunisie » est donc celui d'encourager un développement économique, social et territorial juste, équitable et durable, en vue de favoriser l'intégration transfrontalière et de valoriser les territoires et les atouts des deux Pays participants.*

*Ce document a été réalisé grâce à l'aide financière de l'Union Européenne dans le cadre du programme IEV CT « Italie – Tunisie » 2014-2020. Le contenu de ce document relève de la seule responsabilité de l'Université de Catane – UniCT et ne peut en aucun cas être considéré comme le reflet de la position de l'Union Européenne ou de la position des structures de gestion du Programme.*

[www.jesmed.eu](http://www.jesmed.eu)