

## GT 4

# Développement et contrôle de la qualité

### Activité 4.2

## Qualité des viandes Noire de Thibar : focus sur acides gras et vitamines

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

La qualité de la viande est un aspect crucial de la caractérisation des systèmes de production animale. La qualité de la viande est un concept à dimensions multiples, qui englobe plusieurs paramètres tels que les attributs sensoriels, la composition nutritionnelle et les propriétés technologiques.

L'analyse du profil des acides gras et de la teneur en vitamines de la viande ovine est importante pour évaluer sa qualité. Les acides gras sont des composants essentiels de notre alimentation, qui fournissent de l'énergie et jouent un rôle crucial dans divers processus physiologiques. Le type et la quantité d'acides gras présents dans la viande peuvent influencer sa valeur nutritionnelle et ses bénéfices potentiels pour la santé. En outre, la teneur en vitamines liposolubles tel que les tocophérols contribue au profil nutritionnel global et a des implications significatives pour la conservation de la viande, grâce à leur activité antioxydante.

Chez les ruminants, les acides gras de la viande ont trois origines différentes : alimentaire, c'est-à-dire dérivés des acides gras contenus dans les aliments ; ruminale, c'est-à-dire dérivés de la biohydrogénation réalisée par les micro-organismes ruminiaux à partir des acides gras alimentaires ; et tissulaire, c'est-à-dire issus de la néoformation ou de la transformation enzymatique se produisant directement dans les tissus animaux. Le profil en acides gras de la viande dépend fortement de l'activité des micro-organismes ruminiaux, qui est liée à des facteurs environnementaux et génétiques et peut être modulée, dans une certaine limite, par l'alimentation. Puisque la biohydrogénation ruminale est responsable de la transformation des acides gras polyinsaturés (AGPI) contenus dans les aliments pour animaux en les acides gras saturés (AGS) présents dans la viande, la recherche s'est intéressée ces dernières années à l'atténuation de la biohydrogénation afin d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits. En outre, certains acides gras formés uniquement lors de la biohydrogénation ruminale, tels que l'acide ruménique (C18:2 c9t11, CLA) et l'acide vaccénique (C18:1 t11), se sont avérés avoir des effets positifs sur la santé humaine. Sur la base du profil des acides gras, il est également possible de calculer des indices qui peuvent fournir des informations sur la qualité nutritionnelle du produit : c'est le cas de l'indice d'athérogénicité, l'indice de tératogénicité et le ratio des acides hypo- et hypercholestérolémiques (Chen & Liu, 2020).

Les tocophérols, constituant la vitamine E, sont des composés antioxydants importants pour la santé humaine, mais aussi pour la conservation des produits. En effet, le tocophérol protège les lipides des tissus de l'oxydation et du rancissement. La teneur en ces vitamines dans la viande de ruminant dépend fortement du régime alimentaire, car les tocophérols présents dans les fourrages et les concentrés sont absorbés par l'animal. Dans certains cas, les concentrés sont enrichis en tocophérol synthétique, alors que les fourrages verts et certains sous-produits en sont riches.

Ce rapport présente les résultats des analyses de laboratoire effectuées à l'Université de Catane sur la viande ovine de race Noire de Thibar échantillonnée au cours des activités du projet Jesmed.

## Méthodes

Les échantillons de viande lyophilisée ont été analysés pour déterminer la teneur en acides gras en adaptant la méthode de Alves et al. (2013). À partir de 250 mg d'échantillon, la méthode consiste à mélanger une série de réactifs (NaNOH dans méthanol, HCl, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) en intercalant des périodes d'incubation à 50° C. Les acides gras ainsi transestérifiés et méthylés sont extraits dans l'hexane par centrifugation. Cette opération est suivie d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse, réalisée au moyen de l'instrumentation de l'Université de Catane (TRACE GC, Thermo Finnigan, équipé d'une colonne capillaire de 100 m en silice fondue à haute polarité, Supelco Inc.), en adaptant le réglage décrit par Natalello et al. (2019). Le C:19 a été utilisé comme étalon interne.

Les échantillons de viande lyophilisée ont été analysés pour déterminer la teneur en vitamines liposolubles et cholestérol selon la méthode décrite par Menci et al. (2023). En bref, 500 mg d'échantillon ont été saponifiés pendant une nuit avec KOH et acide L-ascorbique. Les analytes ont été extraits par réaction avec un mélange d'hexane et acétate d'éthyle et centrifugation. Après évaporation du surnageant sous flux de azote, le culot a été dissous dans 1 mL de méthanol et filtré à travers des filtres à seringue en PTFE. L'identification par chromatographie en phase liquide a été réalisée au moyen de l'instrumentation achetée dans le cadre du projet Jesmed : un UHPLC Nexera (Shimadzu Corporation) équipé d'une colonne en phase C18 de 25 cm (Zorbax ODS, Supelco). Les tocophérols ont été détectés par fluorescence (RF-20AXS, Shimadzu) à la longueur d'onde d'excitation de 295 nm et à la longueur d'onde d'émission de 330 nm. La comparaison avec le temps de rétention des standards purs (Merck Life Science s.r.l.) a été utilisée pour l'identification des analytes. Pour chaque analyte, des courbes d'étalonnage externes ont été créées avec des étalons purs. Le cholestérol et le rétinol ont été détectés à l'aide d'un détecteur à matrice de photodiodes (SPD-M40, Shimadzu) à la longueur d'onde d'absorbance de 220 nm et 325 nm respectivement.

Le software Minitab 19 a été utilisé pour l'élaboration statistique. Les données avec z-score >|3| ont d'abord été exclues. Après, une one-way ANOVA a été utilisée, avec le group comme facteur fixe. La comparaison Tukey pairwise a été appliquée quand P<0.050.

## Résultats globaux

Les résultats globaux combinent les données de 38 sujets de races Noire de Thibar différents et sont présentés dans les tableaux 1 et 2. Ces données sont accompagnées des résultats moyens, pour les mêmes paramètres, obtenus au cours des dix dernières années sur la viande d'agneaux de races siciliennes nourris avec des régimes conventionnelles.

**Tableau 1. Profil des acides gras (% sur total de acides gras) de la viande ovine Noire de Thibar [moyenne (écart-type)] et des races siliennes (moyenne).**

	NdT	RS
C10:0	0.17 (0.07)	0.15
C12:0	0.28 (0.17)	0.15
C13:0	0.12 (0.09)	0.22
C14:0	3.03 (1.03)	2.63
C14:1 c9	0.12 (0.05)	0.09
C15:0	0.45 (0.23)	0.38
C15:0 anteiso	0.21 (0.12)	0.10
C15:0 iso	0.11 (0.07)	0.07
C16:0	22.36 (1.62)	23.55
C16:1 c9	1.47 (0.26)	1.59
C17:0	1.28 (0.49)	1.44
C17:0 anteiso	0.57 (0.22)	0.49
C17:0 iso	0.36 (0.1)	0.34
C18:0	16.52 (2.29)	14.36
C18:1 c6	0.35 (0.31)	0.30
C18:1 c9	33.48 (3.86)	37.76
C18:1 c11	1.43 (0.36)	1.48
C18:1 t6+t7+t8	0.16 (0.04)	0.20
C18:1 t9	0.32 (0.1)	0.27
C18:1 t10	1.24 (0.66)	1.37
C18:1 t11	1.45 (0.63)	0.60
C18:2 c9c12	5.83 (2.94)	6.00
C18:3 c6c9c12	0.08 (0.03)	0.06
C18:3 c9c12c15	0.86 (0.92)	0.42
C18:2 c9t11	nd	0.34
C20:0	0.14 (0.05)	0.11
C20:1 c11	0.14 (0.02)	0.13
C22:0	0.13 (0.13)	0.02
C22:1 c13	2.91 (1.04)	-
C22:2 n-6	0.63 (0.31)	-
C24:1 c9	0.19 (0.05)	0.26
C22:5 n-3	0.61 (0.45)	0.07
C22:6 n-3	0.13 (0.11)	-
AGS	42.62 (2.89)	41.84
AGMI	41.75 (2.96)	45.33
AGPI	7.83 (4.42)	9.37
AGCIR	4.28 (1.75)	3.00
AGPI/AGS	0.19 (0.11)	0.22
AGPI n-6/n-3	6.7 (4.13)	14.12

IA	0.7 (0.1)	0.55
IT	1.56 (0.37)	1.37
h:H	1.62 (0.17)	-

NdT, Noire de Thibar ; RS, races siciliennes (Priolo et al., 2021 ; Valenti et al., 2018 ; Valenti et al., 2021 ; Salami et al., 2019, Natalello et al., 2019 ; Mele et al., 2014).

AGS, acides gras saturés ; AGMI, acides gras monoinsaturés ; AGPI, acides gras polyinsaturés ; AGCIR, acides gras à chaîne impaire ou ramifiée ; IA, indice d'athérogénicité (Ulbricht and Southgate, 1991) ; IT, indice de tératogénicité (Ulbricht and Southgate, 1991) ; h:H ; ratio des acides hypo- et hypercholestérolémiques (Santos-Silva et al., 2002) ; nd, non détectable.

**Tableau 2. Vitamines liposolubles et cholestérol (mg/kg de matière fraîche) de la viande ovine Noire de Thibar [moyenne (écart-type)] et des races siciliennes (moyenne).**

	NdT	RS
α-tocophérol	1.74 (0.51)	0.360
γ-tocophérol	0.274 (0.099)	0.037
Rétinol	0.065 (0.058)	0.157
Cholestérol	0.772 (0.262)	-

NdT, Noire de Thibar ; RS, races siciliennes (Menci et al., 2023 ; Valenti et al., 2018 ; Salami et al., 2019, Luciano et al., 2013 ; Valenti et al., 2019).

En général, le profil des acides gras de la viande de mouton NdT est comparable aux résultats obtenus précédemment sur la viande de races siciliennes. On remarque une teneur relativement élevée en acide vaccénique et en acide α-linolénique (C18:3 c9c12c15), bien que ce dernier présente une grande variabilité. En revanche, la faible teneur en acide ruménique, inférieure au seuil de détection, constitue un aspect potentiellement négatif si l'on considère ses propriétés positives pour la santé humaine.

Les valeurs de tocophérols sont plus élevées dans la viande ovine de race Noire de Thibar que dans les races sicilienne. Comme indiqué précédemment, cela peut être lié à des différents régimes alimentaires. De plus, la comparaison avec les bases de données de l'Université de Catane est difficile car seulement récemment, grâce au projet Jesmed, nous avons pu développer une méthode pour l'analyse des vitamines et du cholestérol. Jusqu'à présent nous avons fait appel à d'autres laboratoires pour effectuer ces analyses. Cependant, les valeurs de vitamines liposolubles et cholestérol pour la viande ovine de race Noire de Thibar sont conformes à la littérature. Il est intéressant de noter que la teneur en α-tocophérol (le principal antioxydant) est proche du seuil de 1.9 mg/kg, ce qui assure une bonne protection des graisses (Kasapidou et al., 2012).

## Expérimentation n°1

Les résultats suivants concernent la viande issue de la première campagne d'échantillonnage. Dans l'expérience réalisée par les collègues de l'ISSBAT, 18 agneaux mâles de race Noire de Thibar ont été répartis équitablement en 3 groupes (n° = 6) et nourris différemment pendant 10 semaines: un groupe témoin avec des concentrés et du foin (CTR), un groupe dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive (GO) et un groupe dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive traités biologiquement avec des champignons (GO+C). Certaines valeurs de composition chimique des régimes sont présentées dans le tableau 3. Les agneaux ont été abattus à l'âge de 9 mois et la viande a été échantillonnée et lyophilisée.

**Tableau 3. Composition chimique des régimes alimentaires utilisés dans l'expérimentation n°1**

	CTR	GO	GO+C
Phénols, g/kg MS	6.68	6.32	5.97
Tannins, g/kg MS	4.26	4.07	3.82
<i>Vitamines, mg/kg MS</i>			
α-tocophérol	6.34	5.00	5.10
γ-tocophérol	7.93	6.57	6.55
<i>Acides gras, % total</i>			
C14:0	0.95	0.70	0.66
C16:0	17.90	19.18	20.76
C18:0	2.42	2.83	2.88
C18:1 c9	13.10	18.31	16.75
C18:2 c9c12	38.65	37.03	36.18
C18:3 c9c12c15	7.15	5.91	5.95

CRT, régime avec concentrés et foin; GO, régime dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive ; GO+C, régime dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive traités biologiquement avec des champignons (GO+C).

Le régime alimentaire a eu un effet modéré sur le profil des acides gras de la viande (Tableau 4). On constate une diminution des acides gras à chaîne impaire et ramifiée (AGCIR), y compris C15:0, C15:0 anteiso et C17:0 anteiso. Ces acides gras sont des indicateurs de l'activité des micro-organismes ruminants, qui semble donc réduite chez les animaux des groupes GO et GO+C. Ce phénomène peut être observé chez les animaux qui ont ingéré des composés antimicrobiens tels que les tannins (Menci et al., 2021), mais les régimes alimentaires utilisés dans cette expérience avaient une teneur en phénol similaire. Il convient toutefois de souligner que la faible intensité de la variation des AGCIR n'est pas de nature à indiquer des effets négatifs sur la digestion. On observe également une diminution de l'acide linoléique dans la viande des groupes GO et GO+C, probablement en réponse à la teneur en acides gras différent entre régimes alimentaires.

En ce qui concerne les vitamines liposolubles, la teneur en  $\alpha$ -tocophérol de la viande a varié en fonction du régime alimentaire (Tableau 5). En particulier, on observe une teneur en  $\alpha$ -tocophérol plus faible dans le groupe GO que dans le groupe CTR. Cela semble indiquer que le foin utilisé dans cet expérience avait une teneur en vitamine E plus élevée que le grignon d'olive. Il faut rappeler que la teneur en vitamine E peut changer fortement en fonction de la variété de l'herbe et de l'olive, des conditions de fenaison et d'extraction de l'huile, ainsi que des conditions de stockage. Cependant, la teneur en  $\alpha$ -tocophérols dans toutes les viandes est proche du seuil de 1.9 mg/kg, ce qui assure une bonne protection des graisses contre le rancissement (Kasapidou et al., 2012).

**Tableau 4. Profil des acides gras (% sur total de acides gras) de la viande ovine Noire de Thibar issue de l'expérimentation n°1.**

	CTR	GO	GO+C	ETM	P-value	
C10:0	0.13	0.15	0.15	0.009	0.575	
C12:0	0.14	0.15	0.17	0.009	0.423	
C13:0	0.21	0.22	0.21	0.003	0.332	
C14:0	2.09	2.35	2.09	0.086	0.387	
C14:1 c9	0.09	0.08	0.09	0.004	0.949	
C15:0	0.43 <sup>a</sup>	0.27 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.041	0.017	*
C15:0 anteiso	0.20 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	0.021	0.028	*
C15:0 iso	0.05	0.04	0.07	0.006	0.318	
C16:0	22.68	23.33	23.29	0.380	0.762	
C16:1 c9	1.56	1.50	1.26	0.065	0.132	
C17:0	1.77	1.23	0.94	0.164	0.107	
C17:0 anteiso	0.60 <sup>a</sup>	0.43 <sup>ab</sup>	0.26 <sup>b</sup>	0.051	0.013	*
C17:0 iso	0.34	0.30	0.27	0.019	0.347	
C18:0	17.62	17.30	17.63	0.502	0.960	
C18:1 c6	0.21	0.17	0.05	0.040	0.279	
C18:1 c9	34.89	37.52	36.23	0.633	0.249	
C18:1 c11	1.86 <sup>a</sup>	1.31 <sup>b</sup>	1.68 <sup>ab</sup>	0.089	0.023	*
C18:1 t6+t7+t8	0.18	0.16	0.16	0.013	0.844	
C18:1 t9	0.25	0.23	0.28	0.023	0.741	
C18:1 t10	1.47	1.29	1.46	0.060	0.408	
C18:1 t11	1.85	1.76	1.16	0.181	0.247	
C18:2 c9c12	4.10	2.96	3.62	0.219	0.097	
C18:3 c6c9c12	0.06	0.06	0.06	0.001	0.197	
C18:3 c9c12c15	3.00 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup>	1.51 <sup>b</sup>	0.013	0.013	*
C20:0	0.10	0.12	0.11	0.003	0.224	
C20:1 c11	0.13	0.13	0.13	0.002	0.913	
C22:0	0.01	0.01	0.02	0.002	0.112	
C22:5 n-3	0.22	0.28	0.22	0.009	0.009	**

C22:6 n-3	0.04	0.03	0.05	0.008	0.808	
AGS	42.77	43.41	43.44	0.710	0.919	
AGMI	42.49	44.17	42.51	0.627	0.481	
AGPI	4.57	3.41	4.02	0.218	0.087	
AGCIR	3.00 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup>	1.51 <sup>b</sup>	0.241	0.016	*
AGPI/AGS	0.11	0.08	0.09	0.006	0.109	
AGPI n-6/n-3	10.70	8.00	11.18	0.793	0.221	
IA	0.66	0.69	0.68	0.016	0.788	
IT	1.86	1.88	1.93	0.044	0.811	
h:H	1.59	1.58	1.58	0.032	0.990	

CRT, groupe témoin ; GO, groupe dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive ; GO+C, groupe dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive traités biologiquement avec des champignons (GO+C) ; ETM, erreur-type de la moyenne.

AGS, acides gras saturés ; AGMI, acides gras monoinsaturés ; AGPI, acides gras polyinsaturés ; AGCIR, acides gras à chaîne impaire ou ramifiée ; IA, indice d'athérogénicité (Ulbricht and Southgate, 1991) ; IT, indice de tératogénicité (Ulbricht and Southgate, 1991) ; h:H ; ratio des acides hypo- et hypercholestérolémiques (Santos-Silva et al., 2002) ; nd, non détectable.

<sup>a, b</sup> Les valeurs qui ne partagent pas le même exposant sont significativement différentes.

**Tableau 5. Vitamines liposolubles et cholestérol de la viande ovine Noire de Thibar issue de l'expérimentation n°1.**

	CTR	GO	GO+C	ETM	P-value	
α-tocophérol, mg/kg FM	2.130 <sup>a</sup>	1.521 <sup>b</sup>	1.610 <sup>ab</sup>	0.109	0.037	*
γ-tocophérol, mg/kg FM	0.300	0.286	0.288	0.007	0.752	
Rétinol, µg/kg FM	10.91	9.96	13.17	0.822	0.280	
Cholestérol, mg/kg FM	0.524	0.494	0.606	0.031	0.316	

CRT, groupe témoin ; GO, groupe dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive ; GO+C, groupe dans lequel une partie du foin a été remplacée par des grignons d'olive traités biologiquement avec des champignons (GO+C) ; ETM, erreur-type de la moyenne.

<sup>a, b</sup> Les valeurs qui ne partagent pas le même exposant sont significativement différentes.

## Expérimentation n°2

Les résultats suivants (tableaux 6 et 7) concernent la viande issue de la deuxième campagne d'échantillonnage. Dans l'expérience réalisée par les collègues de l'INAT, 20 agneaux de race Noir de Thibars ont été répartis équitablement en 2 groupes (n° = 10), dont l'un a été sevré à l'âge de 6 mois et l'autre a été élevé sous-mère jusqu'à l'abattage.

Les deux groupes expérimentaux présentaient un profil d'acides gras différent. En particulier, la viande des agneaux sous-mère avait une teneur plus faible en C15:0, C15:0 anteiso et C15:0 iso. De plus, une faible teneur en C18:0 a été observée, accompagnée d'une plus faible teneur en AGS totaux. Parallèlement, la teneur en acide  $\alpha$ -linoléique est plus faible et, par conséquent, le rapport n-6/n-3 est augmenté dans la viande des agneaux élevés sous-mère. On constate donc des effets contrastés en ce qui concerne la qualité nutritionnelle du produit, avec l'effet positif d'une teneur en AGS plus faible accompagné par l'effet négatif d'un ratio n-6/n-3 plus élevé.

En ce qui concerne les vitamines, on observe une teneur en  $\alpha$ -tocophérol relativement plus élevée dans la viande des agneaux sevrés.

Les différences de qualité de la viande entre les agneaux sevrés et les agneaux sous-mère sont largement attendues et dépendent d'un régime alimentaire profondément différent, ainsi que d'un rumen incomplètement développé dans le cas des agneaux de lait. Une discussion plus approfondie peut être menée sur la base de la composition chimique du lait de brebis et de l'alimentation des brebis et des agneaux sevrés.

**Tableau 6. Profil des acides gras (% sur total de acides gras) de la viande ovine Noire de Thibar issue de l'expérimentation n°2.**

	Sevré	Sous-mère	ETM	P-value	
C10:0	0.20	0.20	0.019	0.917	
C12:0	0.46	0.34	0.036	0.094	
C13:0	0.04	0.03	0.004	0.124	
C14:0	3.92	3.76	0.176	0.657	
C14:1 c9	0.15	0.16	0.009	0.353	
C15:0	0.68	0.55	0.030	0.024	*
C15:0 anteiso	0.35	0.23	0.020	0.001	**
C15:0 iso	0.19	0.13	0.011	0.006	**
C16:0	21.38	21.93	0.302	0.377	
C16:1 c9	1.42	1.57	0.055	0.204	
C17:0	1.25	1.27	0.028	0.683	
C17:0 anteiso	0.74	0.69	0.022	0.221	
C17:0 iso	0.46	0.39	0.020	0.086	
C18:0	17.06	14.24	0.471	0.001	**
C18:1 c6	0.66	0.45	0.068	0.123	

C18:1 c9	29.86	31.81	0.669	0.151	
C18:1 c11	1.13	1.36	0.055	0.030	*
C18:1 t6+t7+t8	0.15	0.15	0.007	0.904	
C18:1 t9	0.42	0.36	0.014	0.027	*
C18:1 t10	0.48	1.61	0.200	0.002	**
C18:1 t11	1.44	1.20	0.103	0.243	
C18:2 c9c12	7.07	8.79	0.581	0.145	
C18:3 c6c9c12	0.07	0.11	0.007	0.004	**
C18:3 c9c12c15	2.13	1.09	0.172	0.001	**
C20:0	0.19	0.13	0.013	0.010	*
C20:1 c11	0.15	0.14	0.007	0.626	
C22:0	0.21	0.26	0.021	0.339	
C22:1 c13	2.78	3.03	0.239	0.617	
C22:2 n-6	0.84	0.45	0.072	0.003	**
C24:1 c9	0.18	0.21	0.012	0.204	
C22:5 n-3	1.14	0.80	0.082	0.035	*
C22:6 n-3	0.23	0.20	0.018	0.512	
AGS	43.42	40.85	0.629	0.037	*
AGMI	38.82	42.04	0.629	0.006	**
AGPI	11.48	11.44	0.715	0.976	
AGCIR	6.04	5.49	0.150	0.063	
AGPI/AGS	0.27	0.28	0.021	0.788	
AGPI n-6/n-3	2.29	4.82	0.386	<0.001	***
IA	0.76	0.70	0.027	0.307	
IT	1.26	1.24	0.037	0.897	
h:H	1.62	1.67	0.044	0.639	

ETM, erreur-type moyenne ; AGS, acides gras saturés ; AGMI, acides gras monoinsaturés ; AGPI, acides gras polyinsaturés ; AGCIR, acides gras à chaîne impaire ou ramifiée ; IA, indice d'athérogénicité (Ulbricht and Southgate, 1991) ; IT, indice de tératogénicité (Ulbricht and Southgate, 1991) ; h:H ; ratio des acides hypo- et hypercholestérolémiques (Santos-Silva et al., 2002) ; nd, non détectable.

**Tableau 7. Vitamines liposolubles et cholestérol de la viande ovine Noire de Thibar issue de l'expérimentation n°2.**

	Sevré	Sous-mère	ETM	P-value	
α-tocophérol, mg/kg FM	2.07	1.42	0.134	0.010	*
γ-tocophérol, mg/kg FM	0.225	0.246	0.023	0.660	
Rétinol, ug/kg FM	0.117	0.097	0.006	0.103	
Cholestérol, mg/kg FM	0.988	0.992	0.034	0.949	

ETM, erreur-type de la moyenne.

## Références

- Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5695.
- Kasapidou, E., Wood, J. D., Richardson, R. I., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., & Enser, M. (2012). Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. *Meat Science*, 90(4), 908-916.
- Luciano, G., Pauselli, M., Servili, M., Mourvaki, E., Serra, A., Monahan, F. J., ... & Mele, M. (2013). Dietary olive cake reduces the oxidation of lipids, including cholesterol, in lamb meat enriched in polyunsaturated fatty acids. *Meat Science*, 93(3), 703-714.
- Mele, M., Serra, A., Pauselli, M., Luciano, G., Lanza, M., Pennisi, P., ... & Morbidini, L. (2014). The use of stoned olive cake and rolled linseed in the diet of intensively reared lambs: Effect on the intramuscular fatty-acid composition. *Animal*, 8(1), 152-162.
- Menci, R., Biondi, L., Natalello, A., Lanza, M., Priolo, A., Valenti, B., ... & Luciano, G. (2023). Feeding hazelnut skin to lambs delays lipid oxidation in meat. *Meat Science*, 202, 109218.
- Menci, R., Coppa, M., Torrent, A., Natalello, A., Valenti, B., Luciano, G., ... & Niderkorn, V. (2021). Effects of two tannin extracts at different doses in interaction with a green or dry forage substrate on in vitro rumen fermentation and biohydrogenation. *Animal Feed Science and Technology*, 278, 114977.
- Natalello, A., Luciano, G., Morbidini, L., Valenti, B., Pauselli, M., Frutos, P., ... & Priolo, A. (2019). Effect of feeding pomegranate byproduct on fatty acid composition of ruminal digesta, liver, and muscle in lambs. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(16), 4472-4482.
- Priolo, A., Valenti, B., Natalello, A., Bella, M., Luciano, G., & Pauselli, M. (2021). Fatty acid metabolism in lambs fed hazelnut skin as a partial replacer of maize. *Animal Feed Science and Technology*, 272, 114794.
- Salami, S. A., Valenti, B., O'Grady, M. N., Kerry, J. P., Mattioli, S., Licitra, G., ... & Priolo, A. (2019). Influence of dietary cardoon meal on growth performance and selected meat quality parameters of lambs, and the antioxidant potential of cardoon extract in ovine muscle homogenates. *Meat science*, 153, 126-134.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. J. L. P. S. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2-3), 187-194.
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773), 985-992.
- Valenti, B., Campidonico, L., Natalello, A., Lanza, M., Salami, S. A., Priolo, A., ... & Luciano, G. (2021). Fatty acid metabolism in lambs supplemented with different condensed and hydrolysable tannin extracts. *Plos one*, 16(10), e0258265.
- Valenti, B., Luciano, G., Pauselli, M., Mattioli, S., Biondi, L., Priolo, A., ... & Lanza, M. (2018). Dried tomato pomace supplementation to reduce lamb concentrate intake: Effects on growth performance and meat quality. *Meat science*, 145, 63-70.
- Valenti, B., Natalello, A., Vasta, V., Campidonico, L., Roscini, V., Mattioli, S., ... & Luciano, G. (2019). Effect of different dietary tannin extracts on lamb growth performances and meat oxidative stability: Comparison between mimosa, chestnut and tara. *Animal*, 13(2), 435-443.

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.