

Aspectos nutricionales de la carne: efecto del sistema de alimentación y la maduración

Santiago Luzardo^{1*}, Virginia Ferrari², Guillermo Gil³, Facundo Ibañez⁴.

1- Sistema Ganadero y Área Agroalimentos.

* sluzardo@inia.org.uy

2- Becaria Posdoctorado, Área Agroalimentos.

3- contratado por Área Agroalimentos.

4- Área Agroalimentos.

Resumen

El presente trabajo evaluó la composición nutricional, química y la capacidad antioxidante lipofílica en carne de novillos Aberdeen Angus. Los novillos provenían de dos sistemas de terminación (pasturas o concentrados) y la carne fue madurada por 5 o 21 días. El sistema de terminación y el período de maduración no afectaron ($P > 0.05$) los porcentajes de humedad, proteína y grasa de la carne. Las concentraciones de β -carotenos y α -tocoferoles fueron significativamente mayores ($P \leq 0.05$) en la carne de novillos alimentados con pasturas que en aquellos con concentrados. Sin embargo, el período de maduración no afectó ($P > 0.05$) las concentraciones de β -carotenos, retinol y α -tocoferol. El contenido de compuestos fenólicos totales no difirió ($P > 0.05$) entre sistemas de alimentación, aunque fue mayor ($P \leq 0.05$) en la carne madurada por 21 días que en aquella madurada por 5 días. La carne de novillos alimentados con pasturas presentó mayor ($P \leq 0.05$) actividad antioxidante lipofílica (L-ORAC), la cual no se vio afectada ($P > 0.05$) por el período de maduración. El contenido de hipoxantina y purinas totales fue mayor ($P \leq 0.05$) en la carne de novillos terminados con concentrados respecto a aquellos terminados en pasturas. Los sistemas de terminación y la maduración de la carne, afectan las concentraciones de micronutrientes, purinas y su capacidad antioxidante, con implicancias en la salud humana y en su vida útil.

Summary

Nutritional and chemical composition, and lipophilic antioxidant capacity was evaluated in meat of Aberdeen Angus steers stemming from two fattening systems (grass-fed and high-concentrate diets) and aged for 5 or 21 days. Production systems and ageing times did not affect ($P > 0.05$) the moisture, protein, and fat percentages of the meat. β -carotenes and α -tocopherol concentrations were significantly greater ($P \leq 0.05$) in meat from

grass-fed steers than those from high-concentrate diets. However, ageing time did not affect ($P > 0.05$) β -carotenes, retinol, and α -tocopherol concentrations. Total phenolic compounds content did not differ ($P > 0.05$) between feeding systems, although it was greater ($p \leq 0.05$) in meat aged for 21 days than in that aged for 5 days. Meat from grass-fed steers presented a greater ($P \leq 0.05$) lipophilic antioxidant activity (L-ORAC) which is not affected ($P > 0.05$) by the ageing time. Hypoxanthine and total purines content were greater ($P \leq 0.05$) in meat from steers finished on high-concentrate diet than steers finished on pastures. Beef feeding systems and meat ageing affect meat micronutrient concentrations, purines content, and its antioxidant status, with implications for human health and its shelf-life.

Palabras claves: alimentación, maduración, novillo, micronutrientes lipofílicos, capacidad antioxidante, purinas.

Introducción

La producción ganadera constituye una actividad económica de particular relevancia para el país. En este sentido, la exportación de carne, principalmente la vacuna, constituye uno de los principales rubros de generación de divisas para Uruguay.

La carne constituye una excelente fuente de varios nutrientes, especialmente proteínas de alto valor biológico y vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y cobalamina), así como también de algunos micronutrientes tales como hierro, zinc y selenio (Biesalski, 2005; Williams, 2007; McAfee et al., 2010; McNeill et al., 2012; Phillips, 2012; De Smet & Vossen, 2016; Bohrer, 2017). El sistema de alimentación de los animales tiene un impacto en las características nutricionales de la carne (Yang et al., 2002; Descalzo et al., 2005; Daley et al., 2010).

La calidad de la carne depende, entre otras características, de la estabilidad de su color y la susceptibilidad a

la rancidez. Esto se produce debido al deterioro oxidativo, como principal factor no microbiano, donde a la acción de las especies reactivas de oxígeno (ERO) se oponen los sistemas antioxidantes tanto enzimáticos como no enzimáticos (Descalzo et al., 2005).

La carne posee propiedades antioxidantes de naturaleza hidrofílica (dipéptidos, purinas, poliaminas, ascorbato; enzimas antioxidantes: superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa) y lipofílica (tocoferoles, carotenoides y ubiquinona, entre otros), que son importantes para retrasar los procesos oxidativos en condiciones post-mortem y extender su conservación (Wu et al., 2008; Martínez et al., 2014). La mayoría de los compuestos antioxidantes naturales en tejidos biológicos heterogéneos tienen mecanismos de acción multifuncionales y su capacidad antioxidante no puede determinarse por un solo método. Wu et al. (2008) reportaron que el sistema de alimentación del ganado (pasturas vs. concentrado) tuvo poco impacto en la capacidad antioxidante hidrofílica (ORAC hidrofílico) de la carne, pero constataron una mayor actividad antioxidante lipofílica (ORAC lipofílico) en animales terminados en sistemas pastoriles.

Por otra parte, el ácido úrico es el producto final del metabolismo de las purinas en el cuerpo humano (Johnson et al., 2005; Merriman & Dalbeth, 2011). La gota se asocia con niveles elevados de ácido úrico, también conocido como hiperuricemia, debido a la sobreproducción de ácido úrico, la excreción ineficaz de ácido úrico por los riñones, o ambas (Maiuolo et al., 2016). La ingesta

dietética de purinas tiene una influencia importante en los niveles séricos de ácido úrico (Kedar & Simkin, 2012). Niveles altos de consumo de carne y mariscos se asocia con un mayor riesgo de gota, mientras que un elevado nivel de consumo de productos lácteos estaría asociado con una disminución del riesgo (Choi et al., 2004).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de dos sistemas de terminación (pastura vs. grano) y dos tiempos de maduración (5 y 21 días) de la carne sobre la composición proximal, contenido de micronutrientes lipofílicos, purinas, fenoles totales y la capacidad lipofílica antioxidante de la carne bovina.

Desarrollo

Novillos Aberdeen Angus provenientes de rodeos comerciales fueron faenados en un frigorífico comercial. Se seleccionaron un total de 60 canales representativas de la producción bovina uruguaya, de las cuales 30 correspondían a novillos terminados en pasturas (P) y 30 correspondían a novillos terminados con dietas altas en concentrados (C). Los novillos terminados en pasturas presentaron 6 dientes y esta categoría representó en promedio el 20% del total de faena de novillos en Uruguay en el período 2017-2021 (INAC, com. pers.). Por su parte, los novillos alimentados con concentrados cumplieron con los requisitos del cupo de la Unión Europea n° 481/2012 para carne vacuna de alta calidad.

Luego de transcurridas 24 h post-mortem, se extrajeron filetes de 2,5 cm de espesor del músculo *longissimus thoracis* (LT) a nivel de la 11ª costilla, los cuales fueron envasados al vacío individualmente y se transportaron en condiciones de refrigeración (0-2 °C) al Laboratorio de Tecnología de la Carne del INIA Tacuarembó. De los 30 filetes de cada sistema de terminación (pastura (P) o concentrado (C)), 15 se maduraron por 5 días y los otros 15 por 21 días, a 0-2 °C en condiciones de oscuridad. Luego de transcurrido cada período de maduración, se procedió a remover la grasa subcutánea de los filetes y se cortaron en pequeños trozos para, seguidamente, congelarlos a -80 °C. Posteriormente, las muestras congeladas se pulverizaron utilizando un Robot Coupe R2 (Robot Coupe®, Montceau-les-Mines, Francia). Inmediatamente después de la homogeneización, cada muestra se envasó en bolsas estériles individuales (Whirl-pak®; Nasco, Fort Atkinson, WI), almacenándose en un freezer a -80 °C hasta su posterior procesamiento.

En el Cuadro 1 se presentan las características de la canal de los novillos de ambos sistemas de producción, en donde se puede observar que los animales termina-

Cuadro 1. Características de la canal de los novillos terminados en pasturas y concentrados.

Sistema de terminación	Pasturas (n=30)	Concentrado (n=30)
Peso canal caliente (kg)	306.2±5.7	277.1±2.4
Dentición (teeth)	n° de animales	
0	0	2
2	0	27
4	0	1
6	30	0
Conformación ^a	3.1±0.05	2.5±0.10
Terminación ^b	1.9±0.06	2.5±0.09

^a - Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación de Carne Vacuna (1=1; N=2; A=3; C=4; U=5; R=6). Un valor más bajo indica una mejor conformación (1-6).

^b - Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación de Carne Vacuna (0, 1, 2, 3 y 4). Un valor más bajo indica falta de terminación (0-4).

dos con concentrados fueron más precoces que aquellos terminados en pasturas, presentando una mejor conformación y mayor nivel de engrasamiento.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis proximal de la carne. El sistema de terminación no afectó ($P > 0,05$) el contenido de humedad, proteína, cenizas y grasa intramuscular de la carne. No obstante, la carne madurada por 21 días presentó una menor proporción ($P \leq 0,05$) de cenizas que aquella madurada por 5 días.

Los resultados del contenido de grasa intramuscular determinado por el análisis proximal, no confirma investigaciones previas en donde se reportaron mayores contenidos en novillos terminados con concentrados que aquellos alimentados en pasturas (Realini et al., 2004; Leheska et al., 2008; Daley et al., 2010).

La maduración de la carne hasta 21 días no afectó el contenido de grasa intramuscular, lo cual también fue reportado por lida et al. (2016) en carne madurada en seco hasta 30 días, proveniente de ganado altamente marmoleado. Asimismo, Rant et al. (2019) no hallaron diferencias en el contenido de grasa intramuscular en carne de cordero madurada por 14 días y sin madurar.

La carne de los novillos P5 presentó una mayor proporción ($P \leq 0,05$; 73,8%) de humedad que la carne de los novillos P21 (71,9%) y C5 (72,3%). El mayor porcentaje de cenizas ($P \leq 0,05$; 1,19 %) se observó en la carne de novillos del tratamiento C5 en comparación con P5 (1,08 %), P21 (0,93 %) y C21 (0,88 %). El porcentaje de proteína fue mayor en la carne de los novillos C5 (24,5%) y P21 (24,2), respecto a los novillos P5 (22,7%).

En el Cuadro 3 se presenta el efecto del sistema de terminación, el tiempo de maduración y su interacción sobre las concentraciones de micronutrientes lipofílicos, el contenido de fenoles totales y la capacidad lipofílica antioxidante.

Se han estudiado diversas estrategias de alimentación del ganado con el fin de mejorar la estabilidad oxidativa de la carne, asociada principalmente a la extensión

de su vida útil (Yang et al., 2002; Realini et al., 2004; Descalzo et al., 2005; Luzardo et al., 2021). En este sentido, el contenido de α -tocoferol en la carne ha sido ampliamente estudiado debido a sus propiedades antioxidantes que retrasan la oxidación de los lípidos y la decoloración de la carne (Yin et al., 1993; Faustman et al., 1998; Zerby et al., 1999; Lynch et al., 1999; Phillips et al., 2001; Yang et al., 2002). Se han reportado mayores concentraciones de α -tocoferol en carne proveniente de sistemas pastoriles en comparación con aquella de animales alimentados con concentrados (Yang et al., 2002; Realini et al., 2004; Descalzo et al., 2005; Insani et al., 2008; De la Fuente et al., 2009). Por otro lado, Yang et al. (2002) informaron que los β -carotenos son esencialmente el único carotenoide que se absorbe en el intestino del ganado vacuno.

En el presente estudio, las concentraciones de β -carotenos y α -tocoferol fueron más del doble en los novillos P en comparación con aquellos terminados con C. Se ha indicado que sería necesario alcanzar un nivel umbral de entre 3,0 y 3,5 μg de α -tocoferol/g de músculo (Faustman et al., 1989; Arnold et al., 1993; Liu et al., 1995) para lograr retrasar los procesos oxidativos. Wu et al. (2008) reportaron que los sistemas pastoriles podrían proporcionar más compuestos lipofílicos (carotenoides, α -tocoferol, retinol, entre otros) que las dietas con alto contenido de concentrados, lo cual también se observó en nuestro estudio. Por lo tanto, se podría hipotetizar que la carne de los novillos P sería menos propensa a la oxidación de lípidos y proteínas que la de los novillos C, lo que extendería su vida útil.

Se ha observado que una dieta rica en compuestos fenólicos, como los flavonoides presentes en la pulpa de citrus seca, no tuvo efecto sobre la capacidad antioxidante de la fracción hidrofílica en el músculo *longissimus dorsi* de corderos (Luciano et al., 2017). A su vez, Salami et al. (2020) tampoco encontraron que la inclusión de pulpa de citrus seca en la dieta de novillos afectara las concentraciones de α -tocoferol y fenoles totales. En nuestro

Cuadro 2. Análisis proximal (%) del músculo *longissimus thoracis* de novillos terminados en pasturas (P) o con concentrados (C), con dos periodos de maduración (5 vs. 21 días) y su interacción.

	Sistema (S)			Maduración (M)			P-valores		
	P	C	EEM	5	21	EEM	S	M	S x M
Humedad (%)	72.8	72.7	0.23	73.0	72.5	0.23	0.6813	0.1353	0.0001
Cenizas (%)	1.01	1.03	0.01	1.13 ^a	0.91 ^b	0.01	0.1193	<0.0001	<0.0001
Proteína (%)	23.5	24.1	0.23	23.6	23.9	0.23	0.0700	0.3517	0.0007
Grasa (%)	2.50	3.58	0.38	3.03	3.04	0.38	0.1666	0.9835	0.9476

EEM: error estándar de la media.

^{a,b}: LSMs con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

estudio, el sistema de alimentación no afectó las concentraciones de fenoles totales, pero aumentaron cuando la carne se maduró por 21 días, probablemente asociado al proceso de degradación proteica. Estos resultados sugerirían que el músculo no incorpora los compuestos fenólicos o probablemente sólo en pequeñas cantidades. Sin embargo, Wu et al. (2008) observaron que el ácido ferúlico, un compuesto fenólico, mostró 50 veces más capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC) que la carnosina (dipéptido antioxidante) al mismo nivel de concentración.

El efecto del sistema de terminación, así como del tiempo de maduración de la carne, en el contenido de purinas se presenta en el Cuadro 4. Las purinas y los derivados de estas se han investigado ampliamente para detectar trastornos metabólicos que provocan hiperuricemia, pero solo unos pocos estudios se refieren al contenido de purinas en carne bovina (Wu et al., 2019; Oh

et al., 2018; Rong et al., 2015). Para controlar el nivel de ácido úrico en suero, se debe reducir el contenido de adenina e hipoxantina debido a su mayor efecto urico-génico. En el presente estudio, todos los valores de las purinas individuales (excepto la xantina) y el contenido total, disminuyeron a medida que aumentaba el tiempo de maduración de la carne, sugiriendo una degradación de estos compuestos. Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Oh et al. (2018), quienes observaron una disminución en la concentración de inosina 5'-monofosfato y aumento de las concentraciones de inosina e hipoxantina conforme aumentó el período de maduración de 2 a 28 días. Este efecto fue causado por la hidrólisis de la inosina 5'-monofosfato a hipoxantina y ribosa 5-fosfato o por desfosforilación durante la maduración (Koutsidis et al., 2008). Es importante considerar que el contenido de purinas puede variar debido a las condiciones de almacenamiento y procesamiento de los alimentos (Lou, 1998).

Cuadro 3. Contenido de micronutrientes lipofílicos ($\mu\text{g/g}$ peso fresco), fenoles totales (mg ácido gálico equivalente/100 g peso fresco) y capacidad antioxidante lipofílica (μmol Trolox/100 g peso seco) en el músculo *longissimus thoracis* de novillos terminados en pasturas (P) o con concentrados (C), con dos períodos de maduración (5 vs. 21 días) y su interacción.

	Sistema (S)			Maduración (M)			P-valores		
	P	C	EEM	5	21	EEM	S	M	S x M
β -carotenos ¹	1.63 ^a	0.69 ^b	0.06	1.14	1.18	0.06	<0.0001	0.7336	0.9200
Retinol ²	0.066	0.064	0.004	0.068	0.062	0.004	0.8613	0.4743	<0.0001
α -tocoferol ³	3.55 ^a	1.52 ^b	0.42	2.51	2.56	0.42	<0.0001	0.9065	0.7891
Fenoles totales ⁴	7.31	7.96	0.24	7.15 ^b	8.12 ^a	0.24	0.0615	0.0070	0.2650
L-ORAC ⁵	240.3 ^a	213.9 ^b	7.81	225.5	228.7	7.81	0.0201	0.7726	0.3674

EEM: error estándar de la media.

a,b: LSMeans con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

1 expresado en μg β -caroteno/g peso fresco.

2 expresado en μg retinol/g peso fresco.

3 expresado en μg α -tocoferol/g peso fresco.

4 expresado en mg ácido gálico equivalente/100 g peso fresco.

5 L-ORAC: capacidad de absorción de radicales de oxígeno – compuestos lipofílicos, expresado en μmol Trolox/100 g peso seco.

Cuadro 4. Contenido de purinas ($\text{mg}/100$ g peso fresco) en el músculo *longissimus thoracis* de novillos terminados en pasturas (P) o con concentrados (C), con dos períodos de maduración (5 vs. 21 días) y su interacción.

	Sistema (S)			Maduración (M)			P-valores		
	P	C	EEM	5	21	EEM	S	M	S x M
Adenina ¹	6.43	7.11	0.48	7.52 ^a	6.02 ^b	0.48	0.3212	0.0316	0.7293
Guanina ¹	6.42 ^b	7.29 ^a	0.28	7.56 ^a	6.15 ^b	0.28	0.0333	0.0008	0.2562
Hipoxantina ¹	40.16 ^b	50.65 ^a	1.82	49.41 ^a	41.40 ^b	1.82	0.0002	0.0030	0.0243
Xantina ¹	5.00 ^b	6.63 ^a	0.32	6.24	5.39	0.32	0.0006	0.0638	0.1925
Purinas totales ¹	58.00 ^b	71.70 ^a	2.33	70.78 ^a	58.97 ^b	2.29	<0.0001	0.0026	0.1041

EEM: error estándar de la media.

a,b: LSMeans con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

¹ expresado en $\text{mg}/100$ g peso fresco.

Conclusiones

El sistema de terminación de los novillos y la maduración de la carne tienen un impacto en la composición química afectando su estabilidad oxidativa y generando compuestos de interés nutricional para la salud humana. Las concentraciones de purinas totales encontradas indicarían que la carne es una fuente moderada de estos compuestos (Lockyer & Stanner, 2016). Se requieren de más estudios que permitan cuantificar otros compuestos antioxidantes en la carne con potencial efecto benéfico para la salud humana. Adicionalmente, es relevante considerar el efecto de la cocción sobre la composición nutricional de la carne.

Bibliografía

- Arnold, R.N., Arp, S.C., Scheller, K.K., Williams, S.N., and Schaefer, D.M. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *Journal of Animal Science*. 71: 105-18.
- Biesalski, H.K. 2005. Meat as a component of a healthy diet— are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*. 70: 509–524.
- Bohrer, M.B. 2017. Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology*. 65: 103-112.
- Choi, H.K., Atkinson, K., Karlson, E.W., Willett, W., and Curhan, G. 2004. Purine-rich foods, dairy and protein intake, and the risk of gout in men. *The New England Journal of Medicine*. 350: 1093–1103.
- Daley, C.A., Abbott, A., Doyle, P.S., Nader, G.A., and Larson, S. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*. 9, 10.
- De la Fuente, J., Diaz, M.T., Álvarez, I., Oliver, M.A., Font i Furnols, M., Sañudo, C., Campo, M.M., Montossi, F., Nute, G.R., and Caneque, V. 2009. Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science*. 82: 331-337.
- Descalzo, A.M., Insani, E.M., Biolatto, A., Sancho, A.M., García, P.T., Pensel, N.A., and Josifovich, J.A. 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*. 70: 35-44.
- De Smet, S., and Vossen, E. 2016. Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*. 120: 145-156.
- Faustman, C., Cassens, R.G., Schaefer, D.M., Buege, D.R., Williams, S.N., and Scheller, K.K. 1989. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation on vitamin E. *Journal of Food Science*. 54: 858-862.
- Faustman, C., Chan, W.K., Schaefer, D.M., and A. Havens, A. 1998. Beef color update: the role for vitamin E. *Journal of Animal Science*. 76: 1019-1026.
- Iida, F., Miyazaki, Y., Tsuyuki, R., Kato, K, Egusa, A., Ogoshi, H., and Nishimura, T. 2016. Changes in taste compounds, breaking properties, and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle. *Meat Science*. 112: 46-51.
- Insani, E.M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A.M., Pensel, N.A., and Descalzo, A.M. 2008. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79: 444-452.
- Johnson, R.J., Tittle, S., Cade, J.R., Rideout, B.A., and Oliver, W.J. 2005. Uric acid, evolution, and primitive cultures. *Seminars in Nephrology*, 25(1): 3–8.
- Kedar, E., and Simkin, P.A. 2012. A perspective on diet and gout. *Advances in Chronic Kidney Disease*. 19(6): 392–397.
- Koutsidis, G., Elmore, J.S., Oruna-Concha, M.J., Campo, M.M., Wood, J.D., and Mottram, D.S. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science*. 79: 270–277.
- Leheska, J.M., Thompson, L.D., Howe, J.C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J.C., Shriver, B., Hoover, L., and Miller, M.F. 2008. Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*. 86(12): 3575-3585.
- Liu, Q., Lanari, M.C., and Schaefer, D.M. 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science*. 73: 3131-3140.
- Lockyer, S., and Stanner, S. 2016. Diet and gout - what is the role of purines? *Nutrition Bulletin*. 41: 155–166.
- Lou, S.N. 1998. Purine content in grass shrimp during storage as related to freshness. *Journal of Food Science*. 63: 442–444.
- Luciano, G., Roscini, V., Mattioli, S., Ruggeri, S., Gravador, R.S., Natalello, A., Lanza, M., De Angelis, A., Priolo, A. 2017. Vitamin E is the major contributor to the antioxidant capacity in lambs fed whole dried citrus pulp. *Animal*. 11: 411-417.
- Luzardo, S., Banchemo, G., Ferrari, V., Ibáñez, F., Roig, G., Aznárez, V., Clariget, J., La Manna A. 2021. Effect of

fresh citrus pulp supplementation on animal performance and meat quality of feedlot steers. *Animals*. 11(12): 3338.

Lynch, M.P., Kerry, J.P., Buckley, D.J., Faustman C., and Morrissey, P.A. 1999. Effect of dietary vitamin E supplementation on the colour and lipid stability of fresh, frozen and vacuum-packaged beef. *Meat Science*. 52: 95-99.

Maiuolo, J., Oppedisano, F., Gratteri, S., Muscoli, C., and Mollace, V., 2016. Regulation of uric acid metabolism and excretion. *Int. J. Cardiol.* 213: 8-14.

Martínez, J., Nieto, G., and Ros, G. 2014. Total antioxidant capacity of meat and meat products consumed in a reference 'Spanish standard diet'. *International Journal of Food Science & Technology*, 49: 2610-2618.

McAfee, A.J., McSorley, E.M., Cuskelly, G.J., Moss B.W., Wallace, J.M.W., Bonham, M.P., and Fearon, A.M. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*. 84: 1-13.

McNeill, S., and Van Elswyk, M.E. 2012. Red meat in global nutrition. *Meat Science*. 92: 166-173.

Merriman, T.R., and Dalbeth, N. 2011. The genetic basis of hyperuricemia and gout. *Joint Bone Spine*, 78(1): 35-40.

Oh, J., Lee, H.J., Kim, H.C., Kim, H.J., Yun, Y.G., Kim, K.T., Choi, Y.I., and Jo, C. 2018. The effects of dry or wet aging on the quality of the *longissimus* muscle from 4-year-old Hanwoo cows and 28-month-old Hanwoo steers. *Animal Production Science*. 58: 2344-2351.

Phillips, A.L., Faustman, C., Lynch, M.P., Govoni, K.E., Hoagland, T.A., and Zinn, S.A. 2001. Effect of dietary α -tocopherol supplementation on color and lipid stability in pork. *Meat Science*. 58: 389-393.

Phillips, S.M. 2012. Nutrient-rich meat proteins in offsetting age-related muscle loss. *Meat Science*. 92: 174-178.

Rant, W., Radzik-Rant, A., Świątek, M., Niżnikowski, R., Szymańska, Ż., Bednarczyk, M., Orłowski, E., Morales-Villavicencio, A., and Ślęzak, M. 2019. The effect of aging and muscle type on the quality characteristics and lipid oxidation of lamb meat. *Arch. Anim. Breed.* 62: 383-391.

Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., and De Mattos, D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*. 66: 567-577.

Rong, S., Zou, L., Zhang, Y., Zhang, G., Li, X., Li, M., Yang, F., Li, C., He, Y., Guan, H., Guo, Y., Wang, D., Cui, X., Ye, H., Liu, F., Pan, H., and Yang, Y. 2015. Determination of purine contents in different parts of pork and beef by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*. 170: 303-307.

Salami, S.A., O'Grady, M.N., Luciano, G., Priolo, A., McGee, M., Moloney, A.P., Kerry, J.P. 2020. Quality indices and sensory attributes of beef from steers offered grass silage and a concentrate supplemented with dried citrus pulp. *Meat Science*. 168: 108181.

Williams, P. G. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*. 64(Suppl 4): S113-S119.

Wu, C., Duckett, S.K., Neel, J.P.S., Fontenot, J.P., and Clapham, W.M. 2008. Influence of finishing systems on hydrophilic and lipophilic oxygen radical absorbance capacity (ORAC) in beef. *Meat Science*. 80: 662-667.

Wu, B., Roseland, J.M., Haytowitz, D.B., Pehrsson, P.R., Ershow, A.G. 2019. Availability and quality of published data on the purine content of foods, alcoholic beverages, and dietary supplements. *Journal of Food Composition and Analysis*. 84: 103281.

Yang, A., Brewster, M.J., Lanari, M.C. & Tume, R.K. 2002. Effect of vitamin E supplementation on α -tocopherol and β -carotene concentrations in tissues from pasture- and grain-fed cattle. *Meat Science*. 60: 35-40.

Yin, M.C., Faustman, C., Riesen, J.W., and Williams, S.N. 1993. The effects of α -tocopherol and ascorbate upon oxymyoglobin and phospholipid oxidation. *Journal of Food Science*. 58:1273-1276.

Zerby, H.N., Belk, K.E., Sofos, J.N., McDowell, L.R., and Smith, G.C. 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with alpha-tocopheryl acetate. *Journal of Animal Science*. 77: 2458-2463.