



## INVESTIGACIÓN

# Efecto de la adición de taninos en la dieta pastoril de vacas de refugio sobre la calidad de la carne madurada

Jenko, Carolina\*; Fabre, Romina\*; Perlo, Flavia\*; Biolatto, Andrea\*\*; Vittone, Sebastián\*\*;  
Tisocco, Osvaldo\*; Bonato, Patricia\*; Teira, Gustavo\*

## Resumen

Las vacas de refugio son un subproducto de la actividad de cría. Debido a su baja condición corporal y palatabilidad de la carne, poseen un menor precio y frecuentemente son destinadas a elaboración de conservas. Se ha visto que los taninos podrían ser una estrategia nutricional alternativa a algunos moduladores ruminales, que mejorarían el perfil de aminoácidos de la carne. Además, la maduración de esta carne resaltaría sus características organolépticas, aportándole un mayor valor de mercado. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agregado de taninos condensados en la suplementación de una dieta de terminación de vacas de refugio basada en pasturas naturales, sobre el perfil de aminoácidos, calidad sensorial y estabilidad oxidativa de la carne madurada. Los resultados obtenidos muestran que la adición de taninos en la dieta de vacas de esta categoría mejora la terneza de la carne, sin afectar la calidad ni el contenido de aminoácidos esenciales.

**Palabras clave:** compuestos polifenólicos; *longissimus*; aminoácidos; terneza

---

**Procedencia:** Este artículo presenta resultados del PID 8110: Empleo de distintas estrategias nutricionales en el engorde de vacas y su efecto sobre el perfil de aminoácidos de la carne madurada. Presentado el 14/02/23, aprobado el 17/07/23 y publicado el 4/08/23.

**DOI:** <https://doi.org/10.33255/3467/1546>

**Autoría:** \*Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina). Facultad de Ciencias de la Alimentación. Laboratorio de Industrias Cárnicas. \*\*Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay (Argentina). Departamento de Rumiantes – Área de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

**Contacto:** [carolina.jenko@uner.edu.ar](mailto:carolina.jenko@uner.edu.ar)



## **Effect of tannins addition in grazing diet of cull cows on aged meat quality**

### **Abstract**

Cull cows are a by-product of cow-calf operations. Due to their low body condition and meat palatability, they have lower price and are often used in canning manufacture. It has been seen that tannins could be a nutritional strategy alternative to some rumen modulators, which could improve the amino acid profile of meat. In addition, meat aging would improve its organoleptic characteristics, increasing their market value. The aim of this study was to evaluate the effect of adding condensed tannins to the pasture-finished cull cows on the amino acid profile, sensory quality and oxidative stability of aged meat. The results obtained show that the addition of tannins could be used in this category, improving tenderness, without compromising other meat quality characteristics and essential amino acids content.

**Keywords:** polyphenolic compounds; *longissimus*; amino acids; tenderness

## **Efeito da adição de taninos na dieta de pastagem sobre a qualidade da carne bovina maturada**

### **Resumo**

As vacas de refugio são um subproduto da atividade de criação. Devido a sua baixa condição corporal e palatabilidade da carne, elas têm um preço mais baixo e são frequentemente utilizadas para a elaboração de conservas. Foi visto que os taninos poderiam ser uma estratégia nutricional alternativa a alguns moduladores ruminais, o que melhoraria o perfil de aminoácidos da carne. Além disso, a maturação dessa carne realçaria suas características organolépticas, conferindo-lhe um maior valor de mercado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de taninos condensados na suplementação de uma dieta de terminação para vacas de descarte baseada em pastagens naturais, sobre o perfil de aminoácidos, qualidade sensorial e estabilidade oxidativa da carne maturada. Os resultados obtidos mostram que a adição de taninos poderia ser utilizada nesta categoria, melhorando a maciez, sem comprometer outras características de qualidade nem o conteúdo de aminoácidos essenciais.

**Palavras-chave:** compostos fenólicos; carne de vaca; aminoácidos; maciez

## Introducción

Las vacas de refugio son aquellas que se descartan de los rodeos por diferentes razones (genéticas, reproductivas, sanitarias, baja productividad, edad avanzada) (Bascom y Young, 1998), constituyendo una fuente importante de carne para la industria. Este tipo de animales requiere de la aplicación de estrategias que permitan incrementar su valor económico (Xiong et al., 2007) ya que su carne, entre otras cosas, se caracteriza por presentar baja palatabilidad, fundamentalmente en relación con la elevada dureza. La terniza es una de las características más importantes que determinan la aceptación de la carne vacuna por parte del consumidor (Shackelford et al., 2001), quien está dispuesto a pagar un precio mayor por carne tierna (Boleman et al., 1997). En este sentido, un método efectivo para la mejora de este atributo en la carne de vaca es la maduración (Ji et al., 2021). Este procedimiento altera las estructuras que conforman las proteínas cárnicas convirtiéndolas en miofragmentos a causa de la acción proteolítica de enzimas endógenas, fundamentalmente el sistema calpaínico, lo que conduce al debilitamiento de dichas estructuras y, consecuentemente, a la tiernización de la carne (Koochmaraie et al., 2002; Lonergan et al., 2010; Lana y Zolla, 2016). Además, los cambios físico-químicos y estructurales ocurridos en las proteínas cárnicas durante la maduración pueden mejorar su digestibilidad y el valor nutricional de la carne (Zou et al., 2020).

Una estrategia para mejorar y aumentar los beneficios de una explotación ganadera podría ser la finalización de las vacas de refugio mediante un período de engorde (Franco et al., 2009) que aumente su peso, mejore la condición corporal y el grado de terminación (Cranwell et al., 1996). En este sentido, existen antecedentes del uso de sustancias naturales que promueven algún beneficio en el rendimiento y/o calidad de la carne. Particularmente, los taninos constituyen un grupo diverso y complejo de compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Distintos trabajos informan efectos beneficiosos de los mismos que incluirían la protección de la proteína dietética contra la degradación ruminal (Frutos et al., 2004; Patra y Saxena, 2011), la mejora del rendimiento animal y de la calidad del producto (Vasta y Luciano, 2011). Otro hallazgo sobre los beneficios de los taninos es su capacidad para modular la biohidrogenación ruminal y, en consecuencia, las composiciones de ácidos grasos de la leche y la carne (Buccioni et al., 2011; Carreño et al., 2015). Estos compuestos pueden unirse a proteínas (Mueller-Harvey, 2006) y otras macromoléculas para formar complejos reversibles y dependientes del pH, aumentando el flujo de la proteína al intestino delgado (Frutos et al., 2004), sin afectar la proteína microbiana sintetizada (Min et al., 2003). Como

consecuencia, existe una mayor disponibilidad de aminoácidos capaces de ser absorbidos en el intestino delgado (Min et al., 2003; Mueller-Harvey, 2006). Pordomingo et al. (2013) encontraron que la incorporación de un extracto de taninos de quebracho a la dieta de vaquillonas engordadas a corral no afectó la jugosidad, el flavor y el nivel de tejido conectivo de la carne determinados sensorialmente por un panel entrenado. Del mismo modo, Ortiz-López et al. (2016) reportaron que la adición de 0,3 % de taninos condensados de quebracho en la dieta de bovinos engordados en corrales no produjo cambios significativos en cuanto al perfil sensorial de la carne (*m. longissimus dorsi*) así como tampoco en la aceptación por parte de los consumidores. En cambio, en un ensayo conducido por Larraín et al. (2009) en el que se estudiaron distintas dietas de terminación de novillos, los panelistas describieron la carne como más seca y menos tierna cuando se empleó sorgo alto en taninos, aunque, esta diferencia no fue detectada en la medición de terneza instrumental. Por otra parte, Priolo et al. (2009) encontraron que los taninos de quebracho redujeron los niveles de escatol en el rumen y su acumulación en el tejido adiposo de corderos alimentados en corrales (con concentrados a base de cebada, heno de alfalfa y harina de soja). Esto se vio reflejado en el análisis sensorial de la carne ya que se detectó un aroma más suave en comparación con la carne procedente de corderos no suplementados. En cambio Priolo et al. (2000), empleando otra fuente de taninos condensados (pulpa de algarroba, en corrales con heno de alfalfa *ad libitum*) señalaron una menor aceptabilidad de la carne de cordero y presencia de flavors extraños. Los autores atribuyen esta respuesta al elevado pH final de la carne combinado con un menor grado de terminación de los animales.

En cuanto a la estabilidad oxidativa de la carne, Luciano et al. (2009a) encontraron en corderos que la suplementación de una dieta concentrada con un extracto de taninos de quebracho no provocó diferencias en los niveles de TBARS (sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico) de la carne picada (*m. semimembranosus*), previamente congelada, y envasada en atmósfera modificada rica en oxígeno durante el almacenamiento refrigerado (14 días). Mientras que Liu et al. (2016) obtuvieron menores valores de TBARS en la carne cuando suplementaron las dietas basales de corderos, sometidos a estrés térmico, con taninos condensados de castaño (0,5 % y 1,0 % materia seca, MS). Por su parte Barragán González et al. (2014), al suplementar la dieta basal de terminación de novillos cruzada con extracto de taninos condensados de quebracho (3 % MS), encontraron un efecto antioxidante sobre la carne (proteínas y lípidos) superior al control y comparable al logrado en las dietas adicionadas con vitamina E y pastoril. En cambio, Larraín et al. (2008) informaron que durante

el almacenamiento aeróbico de carne de novillos alimentados con sorgo alto en taninos aumentó la velocidad de oxidación lipídica y de decoloración de la carne, cuando los resultados se compararon con los obtenidos en la dieta control a base de maíz.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agregado de taninos condensados de quebracho en la suplementación de una dieta de terminación de vacas de refugio basada en pasturas naturales sobre el perfil de aminoácidos, calidad sensorial y estabilidad oxidativa de la carne madurada.

## **Materiales y métodos**

### **Diseño experimental y animales**

Para el estudio se utilizaron un total de 24 vacas Hereford y Polled Hereford con destete hiperprecoz procedentes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA EEA Concepción del Uruguay), entre los meses de mayo y agosto. Los animales (8 años promedio) fueron criados y alimentados toda su vida a campo con pastos nativos. La etapa de terminación de los mismos consistió en una dieta de engorde basada en pasturas nativas *ad libitum* (autoconsumo hasta saciedad sin restricción, especie dominante: *Andropogon lateralis*) con suplementación y se asignaron al azar a dos tratamientos: con adición de taninos condensados (CT, n=12) de quebracho (*Schinopsis balansae*, 80 g/vaca/día, según la dosis recomendada por el fabricante) y un control sin taninos (ST, n=12). La suplementación en los tratamientos ST y CT se basó en raciones isoenergéticas e isoproteicas formuladas con maíz molido (T0: 96,5%; T1: 94,5%), urea (2,5%) y núcleo vitamínico-mineral (1,0%) que se suministraron diariamente por la mañana (1% del peso vivo de cada animal) de manera colectiva en bateas. Los taninos fueron vehiculizados en la ración (CT). Esta fue consumida en su totalidad por las vacas, no observándose remanentes en los comederos, infiriendo de este modo que los taninos no afectaron la palatabilidad del concentrado. En la Tabla 1 se muestra la composición química y nutricional de la misma.

Los pesos vivos al comienzo del ensayo fueron  $437 \pm 49$  kg (ST) y  $436 \pm 39$  kg (CT), y la condición corporal inicial para ambos lotes de animales fue de 4 puntos de acuerdo a la escala propuesta por Herd y Sprott (1986). Los taninos utilizados consistieron en una mezcla comercial compuesta por complejos de polifenoles/catequinas de quebracho con una alta concentración de taninos condensados (88% de pureza mínima, 90 g equivalentes de ácido tánico/100 g de MS). El engorde tuvo una duración promedio de 100 días en ambos tratamientos. Las vacas se sacrificaron cuando alcanzaron un grado

de terminación correspondiente con un espesor de grasa subcutánea final  $\geq 10$  mm. El mismo fue medido a la altura del espacio intercostal a nivel de la 12<sup>a</sup> costilla con ecógrafo de tiempo real Falcovet 100 (PieMedical, Holanda) equipado con un transductor lineal de 3,5 MHz y 20 cm de largo, utilizando aceite vegetal como acoplante. Además, se consideró una condición corporal  $\geq 6$  puntos (Herd y Sprott, 1986). La faena se realizó en un frigorífico local habilitado siguiendo la normativa vigente establecida por el SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Argentina. Decreto 4238/1968, actualizado). Las medias reses se refrigeraron a velocidad controlada durante 48 h y se extrajeron los músculos *longissimus thoracis et lumborum* (LTL) del lado izquierdo de cada media res. A continuación se cortaron bifes de 2,5 cm de espesor, se envasaron bajo vacío y se maduraron durante 21 días en refrigeración ( $2 \pm 1$  °C) para su posterior análisis. La adopción del tiempo de maduración estuvo basada en recomendaciones realizadas por Obuz et al. (2014), quienes en vacas de refugio Holstein encontraron que la menor terneza Warner-Bratzler fue obtenida a los 23 días de conservación bajo vacío.

### **Determinaciones analíticas**

#### **Análisis químicos de la dieta**

Para conocer la calidad nutricional de la dieta animal se tomaron muestras representativas, determinándose el contenido porcentual de materia seca (De La Roza-Delgado et al., 2002), materia orgánica (AOAC 942.05, 1995), nitrógeno total (AOAC 984.13, 1995), extracto etéreo (AOAC 920.39, 2005), fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (Goering H. y Van Soest P., 1970), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) (Tilley J. y Terry R., 1963), energía metabolizable (estimada como 3,608 Mcal x DIVMO, Ankom Tech. Corp., Macedon, Nueva York, Estados Unidos) y taninos condensados (Porter et al., 1985).

**Tabla 1. Composición química y nutricional de la dieta base y raciones suministradas a las vacas**

Composición química y nutricional (% base seca)	Pasto	Ración	
		T0	T1
Materia seca	43,15	88,50	88,50
Materia orgánica (MO)	90,85	97,60	90,50
Extracto etéreo	0,60	2,31	2,40
Nitrógeno total	1,00	2,40	2,23
Proteína bruta	6,24	15,00	13,92
Fibra detergente neutro	63,75	39,20	32,40
Fibra detergente ácido	39,10	2,60	2,70
Digestibilidad in vitro de la MO	43,05	68,90	77,80
Energía metabolizable (Mcal/kg MO)	1,56	2,49	2,81
Taninos condensados <sup>1</sup>	–	–	0,61

1. Gramos equivalente de leucocianidina por 100 g de materia seca.

### **Determinaciones en la carne**

Todas las determinaciones analíticas se realizaron en el LTL. El pH se midió a las 48 h *post-mortem* con un pHmetro portátil (Modelo 35805-18, Oakton, Singapur). Las restantes determinaciones se efectuaron en la carne luego de los 21 días de maduración. El contenido de aminoácidos se determinó por hidrólisis directa en tubos de vidrio con ácido metanosulfónico 4 M a razón de 1 mL de ácido por cada 0,2 mg de nitrógeno de la muestra (determinado por el método de Kjeldahl). La hidrólisis se realizó a 115 °C durante 22 h. Los aminoácidos se separaron mediante cromatografía de intercambio catiónico, utilizando un analizador automático de aminoácidos Biochrom 30 (Biochrom Ltd Cambridge, Cambridgeshire, Reino Unido) con una columna de resina de intercambio catiónico de alta resolución Ultrapac ( $9 \pm 0,5 \mu\text{m}$  de tamaño de partícula, Pharmacia Biotecnología) 200 x 4,6 mm. A continuación, los aminoácidos reaccionaron con ninhidrina, derivatización post-columna, dando compuestos coloreados que fueron determinados por espectrofotometría visible a 570 nm, excepto la prolina, que se midió a 440 nm. La identificación se realizó mediante la comparación de los tiempos de retención de los aminoácidos desconocidos con los de un perfil de estándares comerciales (23AA, marca Biochrom) que permitió la obtención de las curvas de calibrado. El análisis cuantitativo de aminoácidos se basó en el método del estándar interno empleando L-norleucina. El color superficial de la carne se evaluó utilizando un espectrofotómetro de reflectancia Minolta CM-700d (Minolta Camera Co, Osaka, Japón), con ilumi-

nante A, observador estándar de 10° y una abertura de 8 mm de diámetro. Las coordenadas L\* (luminosidad); rojo-verde, a\* y amarillo-azul, b\* (CIE, 1976) se evaluaron en la 12a costilla, después de exponer las muestras durante 30 minutos a temperatura ambiente. La terneza instrumental Warner-Bratzler (WB) se determinó a través de la cuantificación de la fuerza de cizalla sobre bifec cocidos a la altura de la costilla 12a con analizador de textura Stable Micro System TA-XT2i (Surrey, Inglaterra) y celda Warner-Bratzler de 30 kg (AMSA, 1995). Se registró el promedio de lecturas de seis cilindros de 1,3 cm de diámetro. Las muestras se cocinaron en un horno convectivo (Medcenter, modelo Venticell 111, Grafelfing, Alemania) a 170 °C hasta una temperatura interna de 71 °C que fue monitoreada utilizando un Testo modelo 925 (Lenzkirch, Alemania). Las mermas totales por cocción se calcularon como la diferencia entre el peso de la muestra antes y después de la cocción y se expresó como porcentaje del peso inicial. La determinación de TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) se realizó mediante el método de extracción con solvente y reacción del extracto con ácido 2-tiobarbitúrico (Rosmini et al., 1996). En las muestras para la evaluación sensorial, la cocción se realizó en plancha de doble contacto (a 170 °C) hasta 71 °C de temperatura interna. Los 10 miembros del panel fueron previamente entrenados. Se evaluó el aroma, sabor, jugosidad, presencia de tejido conectivo y off-flavor mediante un análisis descriptivo cuantitativo. Se utilizó una escala lineal no estructurada de 10 cm, con puntos extremos (1: muy débil, muy baja, inexistente, a 10: muy intenso, muy alta, fuerte presencia). Al momento de la evaluación, las muestras se cortaron en unidades de 2 cm de lado y se sirvieron calientes.

### **Análisis estadístico**

Para evaluar el efecto de los taninos sobre las características de la carne madurada se llevó a cabo un diseño completamente aleatorizado donde cada animal se utilizó como unidad experimental. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de la varianza de un factor: taninos, a dos niveles (con y sin). En todos los casos se trabajó con un nivel de significancia de 0,05. Se usó el software Statgraphics centurion XV (StatPoint Tech, Inc., Warrenton, VA, Estados Unidos). Los resultados se informan como valor medio  $\pm$  desviación estándar.

### **Resultados y discusión**

La carne no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el pH para los tratamientos ST y CT, con valores promedio de  $5,50 \pm 0,15$ , estando dentro del rango normal para esta especie y categoría.

En la Tabla 2 se presenta el efecto de la adición de taninos sobre el contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en la carne madurada (*m. longissimus*), proveniente de vacas de refugio alimentadas a pasto y suplementadas. Como se puede observar, estos compuestos secundarios no afectaron la concentración de los 18 aminoácidos identificados, a excepción de la tirosina y prolina (no esenciales). En el caso de la tirosina, se encontró en un porcentaje significativamente menor en la carne procedente del tratamiento con taninos en relación con el control, mostrando la prolina la misma tendencia. Distintos autores coinciden en que el manejo nutricional de los animales tiene escasa influencia en el contenido de proteína y perfil de aminoácidos de la carne (Scollan et al., 2006, De Smet y Vossen, 2016). El efecto de los taninos sobre la absorción intestinal de aminoácidos esenciales parece estar ligado a la estructura y reactividad de los taninos condensados. Así, fuentes como *Lotus corniculatus* y *sulla* (*Hedysarum coronarium*) la incrementarían, mientras que otras como *Lotus pedunculatus* y *Onobrychis coronarium* parecerían no ejercer un efecto neto (Min et al., 2003). Según Mueller-Harvey (2006) los taninos de quebracho (2S profisetinidinas) podrían interaccionar débilmente con las proteínas de la dieta no siempre generando beneficios nutricionales. En el presente estudio, la falta de respuesta observada en la mayoría de los casos en el porcentaje de aminoácidos en relación con la suplementación con taninos pudo estar asociada a esto. Las concentraciones promedio de prácticamente todos los aminoácidos aquí obtenidas parecen ser superiores a las informadas por Biolatto et al. (2010) para carne sin madurar perteneciente a la misma categoría y raza animal, idéntico sistema de destete (hiperprecoz) y de alimentación (engorde a pasto). Así mismo, Purchas et al. (2014) reportan menores concentraciones de aminoácidos en diferentes cortes de carne bovina sin madurar procedente de novillos terminados a pasto, excepto para la metionina, la cual es mayor a las reportadas en el presente trabajo. Field et al. (1971) maduraron por 21 días carne (*longissimus* y *biceps femoris*) de toros Hereford e informaron que todos los aminoácidos incrementaron su concentración a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento.

**Tabla 2. Perfil de aminoácidos (mg/100 g) en carne madurada de vacas de refugio alimentadas con pasto nativo y suplementadas, sin (ST) y con (CT) adición de taninos (promedio  $\pm$  desvío estándar)**

Esenciales	ST	CT	p-valor
Treonina	1,70 $\pm$ 0,19	1,54 $\pm$ 0,32	0,3421
Valina	2,33 $\pm$ 0,31	1,97 $\pm$ 0,32	0,0743
Metionina	0,28 $\pm$ 0,10	0,26 $\pm$ 0,09	0,6835
Isoleucina	2,10 $\pm$ 0,32	1,86 $\pm$ 0,32	0,1740
Leucina	3,34 $\pm$ 0,34	2,94 $\pm$ 0,53	0,1693
Fenilalanina	1,50 $\pm$ 0,23	1,32 $\pm$ 0,29	0,2670
Histidina	2,12 $\pm$ 0,27	1,74 $\pm$ 0,22	0,0685
Triptófano	0,40 $\pm$ 0,11	0,38 $\pm$ 0,06	0,7504
Lisina	4,16 $\pm$ 0,25	4,08 $\pm$ 0,42	0,7409
No esenciales			
Ácido aspártico	3,76 $\pm$ 0,36	3,50 $\pm$ 0,53	0,4070
Serina	1,28 $\pm$ 0,25	1,19 $\pm$ 0,29	0,5796
Ácido glutámico	6,10 $\pm$ 0,60	6,04 $\pm$ 0,80	0,9073
Glicina	1,53 $\pm$ 0,45	1,38 $\pm$ 0,23	0,4773
Alanina	2,27 $\pm$ 0,20	2,03 $\pm$ 0,32	0,1540
Arginina	2,58 $\pm$ 0,24	2,28 $\pm$ 0,32	0,1071
Tirosina	2,24 $\pm$ 0,29	1,79 $\pm$ 0,30	0,0245
Cisteína	0,32 $\pm$ 0,04	0,30 $\pm$ 0,05	0,4401
Prolina	2,70 $\pm$ 0,21	1,69 $\pm$ 0,26	0,0007

En lo referente al color (Tabla 3), no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la carne madurada por la incorporación de taninos en la dieta, mientras que en otros trabajos se ha reportado una respuesta diferente. Mapiye *et al.* (2010) percibieron un incremento en la coordenada  $a^*$  en la carne de novillos terminados a pasto y suplementados con taninos condensados de *Acacia karroo* (0,74% MS) cuando se compararon los valores con los obtenidos en los otros tratamientos estudiados, lo que fue asociado al mayor contenido de hierro en las dietas adicionadas con estos compuestos. Del mismo modo, Maughan *et al.* (2014) informaron un color más rojo ( $a^*$ ) en bifés de terneros terminados con una dieta mixta a base de pastura (festuca) y *Onobrychis viciifolia* (*O. sativa*), de elevado contenido en taninos (concentración promedio 6,3%), en comparación

al que presentaron los procedentes del ganado engordado con la misma pastura y alfalfa, de elevado contenido en saponinas. Otros autores, en cambio, señalaron una respuesta similar a la obtenida en el presente estudio cuando adicionaron taninos de quebracho a la dieta de pequeños rumiantes (Luciano et al., 2009b; Lobón et al., 2017).

Las mermas totales por cocción tampoco manifestaron cambios significativos producto del agregado de taninos en la suplementación (Tabla 3). La misma respuesta en relación con el efecto de los taninos, fue obtenida por Mapiye et al. (2010) en carne de novillos (músculo LTL), cuyas dietas fueron suplementadas con taninos condensados de Acacia, luego de madurar la carne 21 días y empleando el mismo sistema de cocción que en el presente trabajo. En corderos alimentados con diferentes dosis de taninos condensados tampoco se halló un efecto de estos compuestos sobre las mermas por cocción de la carne. Las mermas totales por cocción del presente trabajo fueron elevadas, pero se encontraron dentro de lo esperado para el tipo de cocción empleado (horno con circulación de aire seco). Fabre et al. (2018) mencionan que las mermas por cocción en horno de muestras del músculo bovino *longissimus thoracis* alcanzaron prácticamente un 40%. Esto se debe a que este método de cocción conlleva un importante tiempo para conseguir en el centro térmico del producto la temperatura de 71 °C (120 min).

La terneza constituye uno de los principales parámetros que determinan la calidad de la carne y es uno de los atributos más valorados por los consumidores, por lo que incide directamente en la formación de precio de los diferentes cortes de la res (Miller et al., 2001). En cuanto a los resultados obtenidos en este estudio, como puede visualizarse en la Tabla 3, el agregado de taninos produjo carnes significativamente más tiernas ( $p = 0,0007$ ). Los valores de fuerza de cizalla están en el orden de los obtenidos por Teira et al. (2012) en vacas de descarte Hereford destetadas hiperprecozmente y terminadas a pasto (5,16 kgf), luego de madurar la carne por dos semanas. En cuanto a la incorporación de taninos en la dieta, Mapiye et al. (2010) estudiaron la influencia de los taninos condensados de *Acacia karroo* (7,4% MS) en la dieta pastoril de novillos (*Bos taurus*) sobre la terneza WB de la carne (m. *longissimus*) madurada por 21 días versus la dieta control con pastura natural. Empleando similares condiciones de cocción a las del presente estudio, estos autores no registraron un efecto de los taninos sobre dicho atributo.

Como se indica en la Tabla 3, en los valores de TBARS, expresados mg MDA (malondialdehído)/kg carne, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas por acción de los taninos de quebracho para los tratamientos ST y CT. En general, los bajos valores de TBARS obtenidos indican una escasa

oxidación lipídica, lo cual podría deberse principalmente a que el sistema de alimentación empleado en los animales del presente estudio estuvo basado en pasturas, que proveen antioxidantes naturales como vitamina E, carotenoides, etc. (Yang et al., 2002). Barragán González et al. (2014) suministraron un 3% de taninos de quebracho a la dieta de terminación de novillos y hallaron una respuesta antioxidante en la carne (*m. longissimus*) refrigerada por 28 días equivalente a la obtenida con una dieta pastoril y suplementada con vitamina E. Si bien se sabe que los compuestos fenólicos poseen propiedades antioxidantes, las mismas dependen fundamentalmente de la factibilidad de que estos sean absorbidos a nivel gastrointestinal. El grado de polimerización influye en gran medida sobre la absorción de los flavonoides derivados de la dieta (Déprez et al., 2001) pues el elevado peso molecular de los taninos condensados impediría su absorción intestinal (Reed, 1995; Frutos et al., 2004).

**Tabla 3. Coordenadas L\*, a\*, b\*, mermas totales por cocción, terneza y TBARS en carne madurada de vacas de refugio alimentadas con pasto nativo y suplementadas, sin (ST) y con (CT) adición de taninos (promedio ± desvío estándar)**

Parámetros	ST	CT	p-valor
L*	36,05 ± 3,53	38,19 ± 2,38	0,1303
a*	18,18 ± 1,90	18,04 ± 1,21	0,8355
b*	13,50 ± 2,10	13,52 ± 1,43	0,9812
Mermas totales cocción (%)	35,60 ± 4,90	35,50 ± 7,23	0,9685
Terneza WB (kgf)	5,84 ± 0,29	4,99 ± 0,53	0,0007
TBARS (mg MDA/kg carne)	0,16 ± 0,01	0,16 ± 0,04	0,8542

En la Tabla 4 se presentan los resultados del efecto de los taninos sobre las características sensoriales de la carne de vacas de refugio. Como se desprende de la misma, el análisis estadístico de los datos indicó que los taninos no afectaron de manera significativa los atributos evaluados, presentando la carne obtenida características de aroma, sabor y jugosidad aceptables, situándose los promedios para ambos tratamientos levemente por encima de la zona media de la escala. Estos resultados están en concordancia con lo expuesto anteriormente (Tabla 2) en relación con la falta de un efecto de estos compuestos secundarios sobre la concentración de la mayoría de los aminoácidos identificados vinculados con el sabor y el flavor. Por su parte, tanto la presencia de tejido conectivo como el off-flavor se percibieron muy levemente, con valores promedios próximos al extremo inferior de la escala, denotando

una baja incidencia de los mismos. Estos últimos podrían estar relacionados con la falta de diferencias observadas en los valores de TBARS por acción de los taninos, así como también por la baja concentración de MDA. Coetzee y Hoffman (2001) señalan un elevado grado de correlación entre los valores de TBARS y las evaluaciones sensoriales llevadas a cabo en carne oxidada y con sabores extraños. De acuerdo a la clasificación propuesta por estos autores, la carne madurada de ambos tratamientos de suplementación se corresponde con la de un producto de calidad tolerable, lo que se relaciona con las bajas valoraciones de los jueces para este atributo.

La ausencia de un efecto de los taninos sobre la jugosidad de la carne podría estar relacionada con la falta de efecto detectada en las mermas totales por cocción (Tabla 3). En este sentido, se ha reportado un alto grado de correlación entre estos atributos sensoriales (Warner, 2023). En carne bovina madurada por dos semanas, Jiang et al. (2010) obtuvieron puntajes promedio para sabor, jugosidad y off-flavor de 5,8, 6,4 y 1,4, respectivamente, medidos en una escala lineal no estructurada de 10 cm. Urbani et al. (2017) no hallaron modificaciones en el perfil sensorial del m. semitendinoso cocido *sous vide* proveniente de vacas de refugio alimentadas a campo natural y suplementadas con taninos de quebracho (2%). Los autores indicaron que los jueces valoraron el aroma, el sabor, la jugosidad y el off-flavor con una intensidad intermedia. Al igual que en el presente estudio, hubo una baja percepción del tejido conectivo por parte del panel. Otros autores reportaron una misma respuesta a la aquí obtenida cuando emplearon taninos de quebracho en la dieta de bovinos (Pordomingo et al., 2013; Ortiz-López et al., 2016). En la literatura científica son escasos los estudios que abordan esta temática en bovinos, estando la mayoría de ellos enfocados en rumiantes de pequeño tamaño.

**Tabla 4. Aroma, sabor, jugosidad, presencia de tejido conectivo y off-flavor en carne madurada de vacas de refugio alimentadas con pasto nativo y suplementadas, sin (ST) y con (CT) adición de taninos (promedio  $\pm$  desvío estándar)**

Atributos sensoriales	ST	CT	p-valor
Aroma	5,3 $\pm$ 0,9	5,1 $\pm$ 0,5	0,5467
Sabor	6,3 $\pm$ 0,7	6,2 $\pm$ 0,7	0,6946
Jugosidad	5,5 $\pm$ 0,8	5,3 $\pm$ 0,3	0,3642
Tejido conectivo	1,8 $\pm$ 0,3	1,8 $\pm$ 0,2	0,7015
Off-flavor	2,3 $\pm$ 0,7	1,9 $\pm$ 0,4	0,1543

Escala: 1: muy débil, muy baja, inexistente; a 10: muy intenso, muy alta, fuerte presencia

De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial las carnes obtenidas podrían ser consideradas aceptables, independientemente de los tratamientos ensayados. Además, sensorialmente no se percibió una menor palatabilidad debida a la astringencia generada por la unión entre los taninos y las proteínas salivales (McLeod, 1974; Molino *et al.*, 2019), por lo que o bien estos compuestos fenólicos o sus derivados de menor peso molecular pudieron no estar presentes en el producto final o lo estuvieron en muy bajas concentraciones, imperceptibles para los jueces que realizaron la evaluación.

## **Conclusiones**

Los resultados indican que la adición de taninos condensados de quebracho a la dieta de vacas de refugio terminadas en pastura nativa mejoró la terneza de la carne madurada. La composición de aminoácidos esenciales no se vio afectada, aunque se produjo una disminución en el contenido de dos aminoácidos no esenciales (tirosina y prolina).

Las restantes características de calidad evaluadas, como el color, aroma, sabor, jugosidad, presencia de tejido conectivo, off-flavor, pérdidas de peso por cocción, así como la estabilidad a la oxidación medida mediante TBARS, no se vieron afectadas por la incorporación de estos compuestos. Esto estaría indicando un mayor nivel de calidad comestible de la carne de vaca que no se ajustaría a la apreciación tradicional de la carne de esta categoría, normalmente infravalorada por el consumidor. De acuerdo con estos resultados, la inclusión de taninos en la dieta de vacas de refugio no solo no comprometería la calidad de la carne madurada, sino que realzaría uno de los parámetros más importantes para el consumidor, como es la terneza.

## Referencias bibliográficas

- AMSA, American Meat Science Association (1995). *Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat*. Illinois: American Meat Science Association en colaboración con National Livestock and Meat Board.
- ANKOM (MÉTODOS 5 Y 6); Ankom Technology Corp., Macedon, Nueva York, Estados Unidos. [www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200](http://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-a200).
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1995). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International* (16a ed.). Washington, DC: AOAC.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International* (18a ed.). Gaithersburg: AOAC International.
- BARRAGÁN GONZÁLEZ, H.; Hernández Mendo, O.; Hernández Sánchez, D.; Saturnino Mora, J.; Aranda Osorio, G. y Ponce Alquicira, E. (2014). Estabilidad oxidativa de la carne de bovino en respuesta a suplementación con taninos en la dieta (pp. 241-244). *XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria AC (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles*. México.
- BASCOM, S. S. y Young, A. J. (1998). A summary of the reasons why farmers cull cows. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2299-2305. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75810-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75810-2)
- BIOLATTO, A.; Molto, G.; Araujo, S.; Vittone, S.; Otero, G.; Monje, A., ... y Bonato, P. (2010, August). Nutritional quality of cull cows with very early weaned calves in Argentina. En *Proceedings 56th International Congress of Meat Science and Technology* (p. 117). Corea.
- BOLEMAN, S. J.; Boleman, S. L.; Miller, R. K.; Taylor, J. F.; Cross, H. R.; Wheeler, T. L. y Savell, J. W. (1997). Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(6), 1521-1524. <https://doi.org/10.2527/1997.7561521x>
- BUCCIONI, A.; Minieri, S.; Rapaccini, S.; Antoniovanni, M. y Mele, M. (2011). Effect of chestnut and quebracho tannins on fatty acid profile in rumen liquid-and solid-associated bacteria: an in vitro study. *Animal*, 5(10), 1521-1530. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000759>
- CARREÑO, D.; Hervás, G.; Toral, P. G.; Belenguer, A. y Frutos, P. (2015). Ability of different types and doses of tannin extracts to modulate in vitro ruminal biohydrogenation in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 202, 42-51. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.02.003>
- CIE - COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE (1976). *Recommendations on uniform colour spaces, colour difference equations, psychometric colour terms*. Supplement n.º 2 to CIE publication n.º 15 (E-1.3.1) 1978, 1971/ (TC-1-3). París: Bureau Central de la CIE.
- COETZEE, G. J. M. y Hoffman, L. C. (2001). Effect of dietary vitamin E on the performance of broilers and quality of broiler meat during refrigerated and frozen storage. *South African Journal of Animal Science*, 31(3), 158-173. <https://doi.org/10.4314/sajas.v31i3.3799>

- CRANWELL, C. D.; Unruh, J. A.; Brethour, J. R. y Simms, D. D. (1996). Influence of steroid implants and concentrate feeding on carcass and longissimus muscle sensory and collagen characteristics of cull beef cows. *Journal of Animal Science*, 74(8), 1777-1783. <https://doi.org/10.2527/1996.7481777x>
- DE LA ROZA-DELGADO, B.; Fernández, A. M. y Gutiérrez, A. A. (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos: Revista de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 32(1), 91-104.
- DE SMET, S. y Vossen, E. (2016). Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, 120, 145-156. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.008>
- DEPREZ, S.; Mila, I.; Huneau, J. F.; Tome, D. y Scalbert, A. (2001). Transport of proanthocyanidin dimer, trimer, and polymer across monolayers of human intestinal epithelial Caco-2 cells. *Antioxidants and Redox Signaling*, 3(6), 957-967. <https://doi.org/10.1089/152308601317203503>
- FABRE, R.; Dalzotto, G.; Perlo, F.; Bonato, P.; Teira, G. y Tisocco, O. (2018). Cooking method effect on Warner-Bratzler shear force of different beef muscles. *Meat Science*, 138, 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.12.005>
- FIELD, R. A.; Riley, M. L. y Chang, Y. O. (1971). Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. *Journal of Food Science*, 36(4), 611-612. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb15141.x>
- FRANCO, D.; Bispo, E.; González, L.; Vázquez, J. A. y Moreno, T. (2009). Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Friesian cull cows. *Meat Science*, 83(3), 484-491. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.030>
- FRUTOS, P.; Hervas, G.; Giráldez, F. J. y Mantecón, A. R. (2004). Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2), 191-202. <https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73>
- GOERING, H. K. y Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications) (n.º 379). US Agricultural Research Service.
- HERD, D. B. y Sprott, L. R. (1986). Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. *Texas FARMER Collection*. <https://hdl.handle.net/1969.1/129135>
- Ji, X.; Luo, X.; Zhu, L.; Mao, Y.; Lu, X.; Chen, X., y Zhang, Y. (2021). Effect of medium voltage electrical stimulation and prior ageing on beef shear force during superchilled storage. *Meat Science*, 172, 108320. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108320>
- JIANG, T.; Busboom, J. R.; Nelson, M. L.; O'Fallon, J.; Ringkob, T. P.; Rogers-Klette, K. R. ... y Piper, K. (2010). The influence of forage diets and aging on beef palatability. *Meat Science*, 86(3), 642-650. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.016>
- KOOHMARAIE, M., Kent, M. P., Shackelford, S. D., Veiseth, E. y Wheeler, T. L. (2002). Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science*, 62(3), 345-352. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00127-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00127-4)
- LANA, A. y Zolla, L. (2016). Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. *Journal of Proteomics*, 147, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.02.011>

- LARRAÍN, R. E.; Schaefer, D. M.; Arp, S. C.; Claus, J. R. y Reed, J. D. (2009). Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both: Feedlot performance, carcass characteristics, and beef sensory attributes. *Journal of Animal Science*, 87(6), 2089-2095. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0433>
- LARRAÍN, R. E.; Schaefer, D. M.; Richards, M. P. y Reed, J. D. (2008). Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Science*, 79(4), 656-665. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.032>
- LIU, H.; Li, K.; Mingbin, L.; Zhao, J. y Xiong, B. (2016). Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat Science*, 116, 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.024>
- LOBÓN, S.; Sanz, A.; Blanco, M.; Ripoll, G. y Joy, M. (2017). The type of forage and condensed tannins in dams' diet: Influence on meat shelf life of their suckling lambs. *Small Ruminant Research*, 154, 115-122. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.005>
- LONERGAN, E. H.; Zhang, W. y Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle-Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- LUCIANO, G.; Monahan, F. J.; Vasta, V.; Biondi, L.; Lanza, M. y Priolo, A. (2009a). Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science*, 81(1), 120-125. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.006>
- LUCIANO, G.; Monahan, F.; Vasta, V.; Biondi, L.; Lanza, M.; Pennisi, P. y Priolo, A. (2009b). Lamb meat colour stability as affected by dietary tannins. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (sup. 2), 507-509. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.507>
- MAPIYE, C.; Chimonyo, M.; Dzama, K.; Muchenje, V. y Strydom, P. E. (2010). Meat quality of Nguni steers supplemented with Acacia karroo leaf-meal. *Meat Science*, 84(4), 621-627. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.021>
- MAUGHAN, B.; Provenza, F. D.; Tansawat, R.; Maughan, C.; Martini, S.; Ward, R., ... y Villalba, J. J. (2014). Importance of grass-legume choices on cattle grazing behavior, performance, and meat characteristics. *Journal of Animal Science*, 92(5), 2309-2324. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7297>
- MCLEOD, M. N. (1974). Plant tannins-their role in forage quality. *Nutrition Abstracts and Reviews (UK)*. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Plant%20tannins-Their%20role%20in%20forage%20quality&publication\\_year=1974&author=M.N.%20Mcleod](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Plant%20tannins-Their%20role%20in%20forage%20quality&publication_year=1974&author=M.N.%20Mcleod)
- MILLER, M. F.; Carr, M. A.; Ramsey, C. B.; Crockett, K. L. y Hoover, L. C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3062-3068. <https://doi.org/10.2527/2001.79123062x>
- MIN, B. R.; Barry, T. N.; Attwood, G. T. y McNabb, W. C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 106(1-4), 3-19. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00041-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00041-5)
- MOLINO, S.; Casanova, N. A.; Rufián Henares, J. A. y Fernandez Miyakawa, M. E. (2019). Natural tannin wood extracts as a potential food ingredient in the food industry. *Jour-*

- nal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(10), 2836-2848. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00590>
- MUELLER-HARVEY, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2010-2037. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2577>
- OBUZ, E.; Akkaya, L.; Gök, V. y Dikeman, M. E. (2014). Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of Longissimus lumborum steaks from cull Holstein cows. *Meat Science*, 96(3), 1227-1232. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.015>
- ORTIZ-LÓPEZ, B.; Mariezcurrena-Berasaín, M. A.; Barajas-Cruz, R.; López-Perea, P.; Escalona-Buendía, H. B.; Borquez-Gastelum, J. L. y Mariezcurrena-Berasaín, M. D. (2016). Influencia de taninos sobre características físicas y sensoriales de carne de bovinos en engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3), 309-320.
- PATRA, A. K. y Saxena, J. (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 24-37. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4152>
- PORDOMINGO, A. J.; Volpi Lagreca, G.; García, P. T. y Grigioni, G. (2013). Agregado de taninos de quebracho en dietas con 50 o 70% de grano de maíz sobre la producción individual, características de la res y la carne de vaquillonas de engorde a corral (pp. 125-139). *Avances en calidad de carne bovina-Implicancias de la alimentación, genética y el manejo*. [www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/148-Carne\\_bovina.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/148-Carne_bovina.pdf)
- PORTER, L. J.; Hrstich, L. N. y Chan, B. G. (1985). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25(1), 223-230. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)94533-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94533-3)
- PRIOLO, A.; Vasta, V.; Fasone, V.; Lanza, C. M.; Scerra, M.; Biondi, L., ... y Whittington, F. M. (2009). Meat odour and flavour and indoles concentration in ruminal fluid and adipose tissue of lambs fed green herbage or concentrates with or without tannins. *Animal*, 3(3), 454-460. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003662>
- PRIOLO, A.; Waghorn, G. C.; Lanza, M.; Biondi, L. y Pennisi, P. (2000). Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *Journal of Animal Science*, 78(4), 810-816. <https://doi.org/10.2527/2000.784810x>
- PURCHAS, R. W.; Wilkinson, B. H.; Carruthers, F. y Jackson, F. (2014). A comparison of the nutrient content of uncooked and cooked lean from New Zealand beef and lamb. *Journal of Food Composition and Analysis*, 35(2), 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.008>
- REED, J. D. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*, 73(5), 1516-1528. <https://doi.org/10.2527/1995.7351516x>
- ROSMINI, M. R.; Perlo, F.; Pérez-Alvarez, J. A.; Pagán-Moreno, M. J.; Gago-Gago, A.; López-Santoveña, F. y Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by an extractive method applied to «paté». *Meat Science*, 42(1), 103-110. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00010-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00010-0)

- SCOLLAN, N.; Hocquette, J. F.; Nuernberg, K.; Dannenberger, D.; Richardson, I. y Moliney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17-33. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.002>
- SHACKELFORD, S. D.; Wheeler, T. L.; Meade, M. K.; Reagan, J. O.; Byrnes, B. L. y Koohmaraie, M. (2001). Consumer impressions of tender select beef. *Journal of Animal Science*, 79(10), 2605-2614. <https://doi.org/10.2527/2001.79102605x>
- TEIRA, G.; Perlo, F.; Bonato, P.; Tisocco, O.; Monje, A.; Geraci, J. et al. (2012). Impacto del destete hiperprecoz y destete convencional sobre el rendimiento y la calidad de la carne de vacas de descarte. *Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento*, 2(2). [www.revistacdyt.uner.edu.ar/suplemento/impacto-del-destete-hiperprecoz-y-destete-convencional-sobre-el-rendimiento-y-la-calidad-de-la-carne-de-vacas-de-descarte/](http://www.revistacdyt.uner.edu.ar/suplemento/impacto-del-destete-hiperprecoz-y-destete-convencional-sobre-el-rendimiento-y-la-calidad-de-la-carne-de-vacas-de-descarte/)
- TILLEY, J. M. A. y Terry, D. R. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, 18(2), 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- URBANI, V.; Biolatto, A.; Vittone, J.; Carduza, F.; Soteras, T. y Leiton, R. (2017). Evaluación sensorial del músculo *longissimus dorsi* de vacas alimentadas con diferentes dietas y suplementadas con taninos. *XVI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CYTAL)*. Argentina.
- VASTA, V. y Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 101 (1-3), 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.035>
- WARNER, R. D. (2023). The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. En *Lawrie's Meat Science* (pp. 457-508). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X>
- XIONG, Y. L.; Mullins, O. E.; Stika, J. F.; Chen, J.; Blanchard, S. P. y Moody, W. G. (2007). Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Science*, 77(1), 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.012>
- YANG, A.; Lanari, M. C.; Brewster, M. y Tume, R. K. (2002). Lipid stability and meat colour of beef from pasture-and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60(1), 41-50. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00103-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00103-6)
- ZOU, X.; He, J.; Zhao, D.; Zhang, M.; Xie, Y.; Dai, C., ... y Li, C. (2020). Structural changes and evolution of peptides during chill storage of pork. *Frontiers in Nutrition*, 7(151). <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00151>