



Ciencia, Docencia y Tecnología
ISSN: 0327-5566
ISSN: 1851-1716
cdyt@uner.edu.ar
Universidad Nacional de Entre Ríos
Argentina

Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne

Jenko, Carolina; Bonato, Patricia; Fabre, Romina; Perlo, Flavia; Tisocco, Osvaldo; Teira, Gustavo

Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 29, núm. 56, 2018

Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14559244011>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne

Tannin addition in ruminant diets and their effect on quality
and yield of meat

Adição de taninos às dietas de ruminantes e seu efeito na
qualidade e rendimento da carne

Carolina Jenko jenkoc@fcal.uner.edu.ar
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina
Patricia Bonato
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina
Romina Fabre
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina
Flavia Perlo
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina
Osvaldo Tisocco
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina
Gustavo Teira
Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. 29,
núm. 56, 2018

Universidad Nacional de Entre Ríos,
Argentina

Recepción: 25 Septiembre 2017
Aprobación: 02 Mayo 2018

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=14559244011](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14559244011)

Resumen: El objetivo del presente trabajo fue revisar la literatura referente al empleo de taninos en dietas de rumiantes y su incidencia sobre parámetros de calidad y rendimiento de carne. Los taninos son un grupo de compuestos fenólicos que cumplen un rol fundamental, aunque controversial, en la digestión y la performance animal. Además, podrían incidir sobre la calidad del producto. La bibliografía revela la existencia de numerosas investigaciones que evalúan los efectos de la incorporación de taninos en la dieta de pequeños rumiantes, orientadas fundamentalmente al desempeño productivo ovino. Si bien existe información sobre su efecto en la performance en bovinos, poco se sabe acerca de su influencia sobre parámetros físicos y químicos que definen atributos de calidad de la carne.

Palabras clave: Compuestos fenólicos, Calidad de carne, Desempeño productivo.

Abstract: The aim of the present work was to review the literature concerning the use of tannins in diets of ruminants and their incidence on parameters of meat quality and yield. Tannins are a group of phenolic compounds that play a fundamental role, although controversial, in animal digestion and performance. In addition they could affect product quality. The articles reveal the existence of numerous studies that evaluate the effects of the incorporation of tannins in the diet of small ruminants, oriented mainly to sheep productive response. Although there is information about its effect on cattle performance, there are not enough records related to its influence on physical and chemical parameters related with meat quality traits.

Keywords: Phenolic compounds, Meat quality, Animal response.

Resumo: O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura sobre o uso de taninos em dietas de ruminantes e sua incidência em parâmetros de qualidade e rendimento de carne. Os taninos são um grupo de compostos fenólicos que têm um papel

fundamental, embora controverso, na digestão e no desempenho animal. Além disso, eles poderiam ter impacto sobre a qualidade do produto. A bibliografia revela a existência de inúmeras investigações que avaliam os efeitos da incorporação de taninos na dieta de pequenos ruminantes, principalmente orientadas para o desempenho produtivo de ovinos. Embora haja informação sobre seu efeito no desempenho em bovinos, pouco se sabe sobre sua influência nos parâmetros físicos e químicos que definem atributos de qualidade da carne.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, Qualidade da carne, Desempenho produtivo.

I. Introducción

Los taninos constituyen un grupo muy heterogéneo de compuestos fenólicos, solubles en agua, sintetizados durante el metabolismo secundario de las plantas (Waghorn, 2008; Luciano et al., 2009; Pasinato, 2010), presentes en una gran variedad de especies consumidas por los rumiantes. Basándose en su estructura química, han sido divididos en dos grandes grupos: condensados (tc) e hidrolizables (th) (Buccioni et al., 2011). La heterogeneidad química y estructural de estos compuestos puede explicar las diferencias en su habilidad para unirse a otras moléculas y, por lo tanto, en su efecto sobre la utilización de la dieta por los rumiantes (Frutos et al., 2004a).

A pesar de haber sido considerados en el pasado como factores anti-nutricionales (Morales y Ungerfeld, 2015), se sabe que en la actualidad los efectos de taninos en la alimentación de rumiantes dependen de: la especie y fisiología del animal que los consume; la composición de la dieta; el tipo del tanino (estructura, peso molecular) y, principalmente, la dosis (Frutos et al., 2004b). En relación con esta última, si bien la respuesta a todos los tc no es la misma (Min et al., 2003; Mueller-Harvey, 2006), se puede decir que cuando están presentes en concentraciones elevadas (mayores de 5,0 % ms, materia seca) impactan negativamente sobre algunos aspectos de la productividad animal, como la reducción del consumo voluntario de alimento y del incremento de peso vivo (Frutos et al., 2004b). Por el contrario, se ha reportado que la ingesta de forrajes que contienen pequeñas o moderadas cantidades de tc (menores a 5,0 % ms) puede mejorar la utilización digestiva del alimento por los rumiantes, principalmente al actuar sobre el metabolismo proteico (Aerts et al., 1999; Min et al., 2003; Mueller-Harvey, 2006).

Relacionado con esto, todos los taninos comparten la propiedad de formar complejos con las proteínas de la dieta (Mueller-Harvey, 2006), lo que reduce su degradación ruminal (Min et al., 2003) e incrementa el by-pass o flujo de proteína pasante (Frutos et al., 2004b). Como consecuencia, existe mayor disponibilidad de aminoácidos absorbibles en el intestino delgado (Min et al., 2003; Mueller-Harvey, 2006). Esto ha sido asociado con una mejora en los índices productivos de los animales (Aerst et al., 1999); un aumento de la ganancia de peso vivo y de la producción de lana; un aumento de la eficiencia reproductiva (Min et al., 2003; Waghorn, 2008), mayor rendimiento de leche (Min et al., 2003; Mueller-Harvey, 2006) y tendería a incrementar también el contenido proteico de la carne. Por todo ello, los taninos han sido propuestos como

aditivos alimentarios mejoradores de la utilización digestiva de la proteína dietaria (Schwab, 1995). Además, por tratarse de compuestos naturales,

la inclusión de los mismos en las dietas de rumiantes resulta una estrategia alternativa de interés respecto del empleo de los cuestionados ionóforos (moduladores de fermentación ruminal), como la monensina (Selje et al., 2007), lo que permitiría usarlos como reemplazantes (Volpi-Lagreca et al., 2015).

Estos compuestos no solo cumplen un rol fundamental en la digestión y el comportamiento productivo del animal sino que además, inciden sobre la calidad del producto, por lo tanto existe un interés creciente en emplearlos como herramienta natural mejoradora de algunos aspectos de calidad de la carne (Vasta y Luciano, 2011). En este sentido, antecedentes demuestran que la suplementación con taninos reduce la biohidrogenación ruminal (bh), por lo que su utilización podría ser una estrategia conveniente para mejorar las propiedades saludables de la carne de rumiantes con respecto a su composición de ácidos grasos (Vasta et al., 2009a; Vasta et al., 2009b; Buccioni et al., 2011).

Otros beneficios asociados a su empleo son: propiedades anti-parasitarias, prevención del timpanismo y disminución de la producción de emisiones con efecto invernadero (amoníaco y en especial metano) (Min et al., 2003; Frutos et al., 2004b; Mueller-Harvey, 2006; Waghorn, 2008).

El presente trabajo resume el estado del arte en relación con la incidencia de la adición de taninos en las dietas de rumiantes, bajo diferentes sistemas de producción, sobre la performance animal, parámetros de calidad y rendimiento de la carne obtenida.

II. Efectos sobre los parámetros de calidad y rendimiento de la carne

II.1. Resultados en producción animal. Efecto sobre el rendimiento

Los efectos de los taninos sobre la ingesta voluntaria de alimento y la utilización digestiva se ven reflejados en el rendimiento productivo de los rumiantes (Frutos et al., 2004b). Si bien hay estudios que señalan que el consumo de plantas que contienen tc puede afectar negativamente la ganancia de peso vivo en ovinos (Priolo et al., 2000), otros los han propuesto como aditivos alimentarios mejoradores de la utilización digestiva de la proteína dietaria (Schwab, 1995). Estudios recientes señalan que la incorporación de taninos resultaría una estrategia interesante para incrementar los niveles de producción de rumiantes alimentados a pasto (Min et al., 2015).

Pordomingo et al. (2013) evaluaron los efectos producidos sobre parámetros de producción y características de la res de vaquillonas alimentadas a corral con dos dosis de tc de quebracho (0,75 % y 1,5 % de la dieta diaria en base seca, ms), y dos niveles de granos de maíz entero (45 % y 70 %) frente a un control sin taninos (0 %). Los autores reportaron que el agregado de taninos

mejoró el aumento del peso vivo (apv, incremento de peso vivo en kg/día) de las vaquillonas, el índice de conversión de alimento (ic, kg ms consumida/kg de apv, para el mismo período), el rendimiento de res (peso en kg de la res en caliente/peso vivo desbastado en kg) y el peso de la res (suma del peso en kg de la media res izquierda y derecha, en caliente), el espesor de la grasa dorsal (egd, espesor de la grasa subcutánea medido en el músculo longissimus dorsi) y el veteado o marmorizado (grasa depositada intramuscularmente). La mejor respuesta se obtuvo con la menor dosis de taninos en el nivel de grano alto. A pesar de las diferencias encontradas en el peso de la res, estas no fueron verificadas en el área del ojo de bife (aob, área abarcada exclusivamente por el músculo longissimus dorsi), así como tampoco en el consumo de materia seca (cms, kg ms consumida/animal y día).

En otro estudio, Pordomingo et al. (2006) evaluaron los efectos de dos moduladores de fermentación (1 % taninos de quebracho y 0,02 % monensina) y tres niveles de poroto de soja crudo (0 %, 10 % y 18 %) incorporados en una dieta a base de maíz, sobre el comportamiento productivo de vaquillonas. La eficiencia de conversión de alimento y de energía resultaron similares para ambos moduladores. Mientras que el tratamiento con tc presentó un mayor apv y cms en comparación con el de monensina. Esta respuesta fue reproducida recientemente en la experiencia de Volpi-Lagrecia et al. (2015) empleando dosis moderadas de tc (0,5 % y 1,0 % ms), en dietas feedlot a base de granos de maíz. Estos autores además reportaron un mejor índice de conversión en el tratamiento con taninos versus el de monensina. Continuando con el estudio iniciado por Pordomingo et al. (2006), Volpi-Lagrecia et al. (2013) lograron un aumento significativo ($p < 0,01$) en el AOB de vaquillonas cuyas dietas habían sido adicionadas con taninos cuando se lo comparó con el tratamiento con monensina (59,95 versus 55,40 cm²).

Mapiye et al. (2010) obtuvieron novillos de mayor aumento diario de peso vivo (adpv), condición corporal a la faena, pv final y peso de res, cuando se suplementó una dieta a base de pastura con tc (*Acacia karroo*) versus la dieta control con pastura natural. Sin embargo, los autores no detectaron diferencias en el rendimiento de res.

En cambio, Larraín et al. (2009) consiguieron novillos más livianos luego de alimentarlos con una dieta de terminación con sorgo alto en taninos. Krueger et al. (2010) obtuvieron una respuesta similar en un estudio sobre los efectos de la suplementación de una dieta (con elevado porcentaje de grano) de terminación de novillos con dos fuentes de taninos (th de castaño y tc de mimosa; 1,49 % ms) versus un control. Los autores no reportaron cambios en la performance (cms, adpv, pv final) ni en la eficiencia de alimentación (ganancia

de peso/alimento consumido) e informaron que el peso de la res caliente fue menor en los tratamientos con taninos cuando se lo comparó con el control. Sin embargo, el rendimiento y el aob no fueron afectados por estos compuestos. Recientemente, Min et al. (2015), empleando las mismas fuentes de taninos (extractos comerciales de mimosa y castaño) y en bajas dosis (1,5 % del cms), pero como suplemento de una dieta pastoril

(forraje de trigo de invierno), lograron mejoras significativas en el adpv de vaquillas cuando se comparó con el control. Los autores sugieren que esta respuesta puede deberse a la disminución de infecciones parasitarias internas.

En corderos, Priolo et al. (2000) no sólo no verificaron una mejora en los índices productivos luego de la suplementación de la dieta con bajas dosis (2,5 % ms) de tc de pulpa de algarroba (*Ceratonia siliqua*), sino que estos produjeron un efecto deletéreo sobre los parámetros de rendimiento evaluados. Se obtuvieron menores tasas de crecimiento (menor apv, menor peso vivo a la faena), menor cms, bajas eficiencias de alimentación y menor rendimiento de res cuando se lo comparó con los otros tratamientos ensayados: polietilenglicol (peg) y maíz. Los autores atribuyen estos resultados, en parte, a la elevada astringencia que presentan estos compuestos, lo que ocasionó bajos niveles de ingesta voluntaria, baja digestibilidad (ms, n, fdn) y disponibilidad de nutrientes. Estas respuestas desfavorables no se observaron en el tratamiento con peg, probablemente debido a que este compuesto reacciona preferentemente con los taninos, previniendo la formación de complejos tanino-proteína (Jones y Mangan, 1977). Posteriormente, Priolo et al. (2005) también obtuvieron un menor rendimiento de res cuando alimentaron corderos con sulla (1,8 % ms) como fuente de tc. Sin embargo, no se registraron diferencias significativas en los pesos de res para los distintos tratamientos estudiados (control, sulla y peg). Por su parte, Vasta et al. (2007) no detectaron un efecto de la suplementación de la dieta de corderos con taninos de algarroba (2,7 % ms) sobre el rendimiento de res, aunque las reses eran más livianas en relación a los otros tratamientos estudiados debido al menor adpv.

También existen controversias respecto del efecto de los taninos sobre la digestión de los lípidos y el grado de terminación de rumiantes. Se ha sugerido que las mismas pueden ser causadas por alteraciones en la relación lipólisis/lipogénesis (Barry et al., 1986; Mueller-Harvey y McAllan, 1992, citados en Mueller-Harvey, 2006). Las variaciones en el contenido de grasa de la res también se han vinculado con la concentración plasmática de la hormona de crecimiento en rumiantes (Muir et al., 1983). En ese sentido, Barry et al. (1986) señalaron un menor grado de terminación en ovejas cuando se las alimentó con una dieta que contenía 9,5 % ms de tc (*Lotus pedunculatus*). Los autores observaron una mayor relación lipólisis/lipogénesis, debida al incremento de la lipólisis, percibida como un incremento en la tasa de liberación de glicerol (procedente del tejido adiposo). Es probable que la mayor lipólisis haya estado vinculada con el aumento de la concentración plasmática de la hormona de crecimiento registrada en el tratamiento con taninos. Ambos efectos se redujeron cuando se adicionó peg. En cambio, Waghorn et al. (1994) no encontraron un efecto sobre el nivel plasmático de la hormona de crecimiento en ovejas alimentadas con 5,5 % ms de tc (*Lotus pedunculatus*), con o sin peg.

En otro estudio, Priolo et al. (2000) también reportaron una respuesta negativa sobre el grado de terminación de las reses de corderos cuando emplearon menores dosis de tc de algarroba en la dieta. Larraín et al.

(2009) obtuvieron novillos más magros cuando se les suministró una dieta de terminación con sorgo alto en taninos.

Krueger et al. (2010) no verificaron un efecto de los taninos (1,49 % ms) sobre el egd ni el grado de marmorizado en la carne de novillos. Volpi-Lagrecia et al. (2013) obtuvieron una respuesta similar en el egd de vaquillonas. En cambio, el marmorizado fue mayor cuando se emplearon taninos, en comparación con el de monensina.

II.2. Resultados en calidad de carne

II.2.1. Efectos sobre parámetros físicos de la carne

En general, se puede decir que los alimentos empleados para la alimentación de pequeños rumiantes que contienen taninos dan como resultado carnes de color más claro (Vasta et al., 2008). Esta respuesta se ha presentado empleando taninos de distinta procedencia en ovinos (Priolo y Vasta, 2007).

En este sentido, Priolo et al. (2000) encontraron que la calidad de la carne (M. longissimus dorsi) de corderos alimentados con una dieta suplementada con tc resultó afectada negativamente. Si bien las coordenadas cromáticas (a^* y b^*) no se vieron afectadas, la carne presentó una luminosidad (L^*) mayor ($p < 0,01$) a la del tratamiento con peg, a pesar de tener un pH final elevado (6,08). Los autores atribuyeron esta característica a la menor concentración de hemoglobina en sangre registrada previa a la faena. Este efecto se debería a la disminución de la biosíntesis microbiana de vitamina B12, la cual es un precursor para la síntesis de pigmentos hemínicos (Priolo y Vasta, 2007). En un ensayo posterior, Priolo et al. (2005) obtuvieron resultados similares en el color de la carne (mayor L^*) cuando se agregaron tc en las dietas de corderos y se comparó con las otras dietas ensayadas. Sin embargo, no se registraron diferencias en el pH final, obteniéndose valores normales. Liu et al. (2016) estudiaron el efecto del agregado de tc de castaño en la dieta de corderos y detectaron un incremento en los valores de b^* y L^* de la carne.

Por su parte, Luciano et al. (2009) consiguieron mejorar la estabilidad del color de carne picada (músculo semimembranoso) envasada en atmósfera modificada (80 % O₂ y 20 % CO₂), durante su almacenamiento en refrigeración cuando alimentaron corderos con una dieta a base de concentrado con incorporación de tc (8,9 % ms) de quebracho (*Schinopsis lorentzii*). Los autores informaron una menor formación de metamioglobina durante el período de almacenamiento.

Pordomingo et al. (2013) encontraron que el agregado de tc de quebracho en las dietas feedlot de vaquillonas no produjo diferencias estadísticamente significativas en el color objetivo (L^* , a^* , b^*) ni en el pH de la carne, registrándose valores normales en ambos casos. En cambio, Mapiye et al. (2010) obtuvieron valores mayores de a^* en la carne de novillos alimentados con pastura y suplementados con tc versus los otros tratamientos ensayados, efecto atribuido probablemente al mayor contenido de hierro en esa dieta. Volpi-Lagrecia et al. (2013) no

reportaron cambios significativos en el pH ni en la luminosidad (L^*) de la carne de vaquillonas. Sin embargo, cuando se incluyó soja en la ración (10 y 18 %), la incorporación de taninos (como moduladores de la fermentación ruminal) redujo los valores de las coordenadas cromáticas a^* y b^* .

Con respecto a las mermas, Priolo et al. (2000) encontraron que la capacidad de retención de agua (cra), medida como pérdidas por cocción, no resultó afectada por los tratamientos ensayados. Los autores tampoco hallaron diferencias significativas en los valores de esfuerzo de corte Warner-Bratzler (wb) de la carne de corderos alimentados con taninos versus el tratamiento con peg. Sin embargo, ambos dieron carnes significativamente más tiernas que las procedentes de la alimentación con maíz.

Larraín et al. (2009) no hallaron un efecto de la dieta sobre la terneza instrumental (wb), en novillos terminados con maíz, sorgo alto en taninos o una mezcla 1:1 de ambos granos. En coincidencia, Volpi-Lagreca et al. (2013) tampoco registraron modificaciones significativas en la resistencia al corte de la carne de vaquillonas suplementadas con taninos o monensina en feedlot. Del mismo modo, en novillos (*Bos taurus*), Mapiye et al. (2010) no encontraron un efecto de la dieta sobre la terneza wb, pérdidas por goteo, cra y mermas por cocción de carne madurada durante 2 y 21 días, luego de suplementar una dieta a base de pastura natural con tc, respecto del control (pasto natural). Por su parte, Pordomingo et al. (2013) reportaron que el agregado de tc de quebracho en las dietas feedlot de vaquillonas no produjo diferencias

estadísticamente significativas en la cra y mermas por cocción. En cambio, se registró una reducción de la fuerza de corte wb de la carne (aumento de la terneza). Los autores atribuyen este efecto probablemente a una mayor oferta energética neta, lo que habría resultado en un mayor contenido de grasa intramuscular (i.m.).

II.2.2. Efectos sobre la composición química y funcional de la carne

En cuanto a la composición química, Priolo et al. (2005) no encontraron diferencias en el contenido de humedad, extracto etéreo, cenizas y proteína del *M. longissimus dorsi* de corderos cuando se asignaron a tres tratamientos distintos (control, tc y peg). Volpi-Lagreca et al. (2013) tampoco verificaron un efecto de los taninos ni de la monensina en el contenido de grasa i.m. de la carne de vaquillonas engordadas a corral. Por el contrario, Pordomingo et al. (2013) hallaron un incremento lineal del contenido de grasa i.m. en la carne de vaquillonas con el nivel de taninos de quebracho empleado. Mapiye et al. (2010) registraron un mayor contenido de proteína en la carne de novillos cuando estudiaron el efecto de la suplementación de una dieta a base de pastura con tc respecto de la dieta control (pastura natural solamente). En cambio, no reportaron diferencias en el contenido de humedad, grasa y cenizas. Tampoco hallaron un efecto sobre la concentración de colesterol en la carne.

En relación con el perfil y el contenido lipídico, Priolo et al. (2005) no detectaron un efecto de los taninos sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa i.m. de la carne de corderos, a excepción de una mayor concentración de ácido α -linolénico (lna), cuando se ofreció como única dieta una leguminosa fresca con tc (Sulla) o la misma dieta con el agregado de peg. Sin embargo, los tratamientos con taninos duplicaron el contenido de ácido linoleico conjugado (cla), elevaron el nivel de ácido docosapentaenoico (dpa, C20:5 n-3) y mufa y redujeron el de ácido palmítico (C16:0), ácido oleico (C18:1) y sfa en la grasa i.m. en comparación con la dieta control (concentrado comercial). Además, el balance n-6/n-3 fue mayor en este último caso. Consecuentemente, los perfiles de ácidos grasos de la carne de los tratamientos con taninos resultaron ser más beneficiosos para la salud humana versus el control. En concordancia con estos autores, Vasta et al. (2009b) demostraron que los taninos podrían ser una estrategia útil para mejorar las propiedades saludables de la carne en cuanto al perfil lipídico. Los autores reportaron que el empleo de un extracto de taninos de quebracho (4 % ms) en la dieta de ovejas, a base de concentrado o hierba fresca, redujo la bh ruminal lo que se puso de manifiesto en la menor concentración de sfa y un incremento de isómeros intermediarios trans C18:1, lo que tiene importancia ya que el ácido vaccénico (va, trans-11

C18:1) es un precursor del ácido ruménico (ra, cis-9, trans-11 C18:2 cla), que ha demostrado poseer propiedades anti-carcinogénicas e hipolipidémicas en cultivos celulares y modelos animales (Vahmani et al., 2015). La carne de los corderos alimentados con una dieta suplementada con taninos presentó un mayor porcentaje de pufa y una menor concentración de sfa en comparación con los tratamientos control, sin taninos. El efecto de los taninos sobre la BH fue más marcado en la dieta concentrada, la cual duplicó el contenido de ácido ruménico (ra) en la carne versus el control sin taninos.

En la misma línea, Vasta et al. (2009c) no detectaron diferencias significativas en la relación n-6/n-3 en la grasa i.m. de carne de cordero cuando se emplearon dos sistemas de alimentación (pastura o concentrado) suplementados con una dosis mayor de taninos de quebracho (8,93 % ms). La incorporación de estos compuestos resultó en un mayor contenido total de pufa y C18:2 n-6 y menor concentración de C18:0 (ácido esteárico) cuando se compararon los resultados con el control. Además, se obtuvieron mayores niveles de trans-11 C18:1. En cambio, Brogna et al. (2014) no encontraron un efecto de los taninos sobre el perfil lipídico de la carne luego de incorporar una dosis similar de extracto de tc de quebracho (8,0 % ms) en las dietas de corderos.

En un estudio previo, Vasta et al. (2007) observaron un efecto deletéreo sobre el valor nutricional de la carne luego de agregar tc de algarroba en una dieta concentrada suministrada a corderos, en comparación con los otros tratamientos ensayados (maíz y peg). En este caso, los tratamientos con taninos produjeron carnes con mayor contenido de sfa y mufa y menor nivel de pufa y n-6 versus las carnes de los animales alimentados con la dieta a base de maíz. No obstante, no hubo diferencias en el

balance n-6/n-3. Respecto a los tratamientos con taninos, se consiguieron mayores niveles de cla (ra) y ácido vaccénico (va) en la grasa i.m. de la carne cuando las dietas de los animales se suplementaron con peg.

Kronberg et al. (2007) evaluaron la capacidad de los tc de quebracho para proteger al lna de semillas de lino de la bh ruminal en novillos. Para ello, alimentaron un grupo de novillos con una dieta a base de granos y otro con una dieta a base de forraje, incorporando en ambos casos semillas de lino molidas con y sin protección de tc de quebracho. Los resultados mostraron que la ingestión de semilla de lino tratada con tanino elevó el contenido, aunque no de manera significativa, de lna y el total de ácidos grasos n-3 (lna, 18:3 y epa, 20:5) en los lípidos neutros del plasma sanguíneo solamente cuando los novillos se alimentaron con forraje. En tanto que Jerónimo et al. (2010) informaron que la suplementación de la dieta de corderos con tc (*Cistus ladanifer*) y una mezcla de aceite de girasol y lino afectó notablemente el perfil de ácidos grasos de los

lípidos neutros del músculo, incrementando el contenido de va y ra, cuando se lo comparó con el perfil de la carne de corderos que recibieron el aceite pero no los taninos.

En bovinos, Larraín et al. (2008) no registraron cambios en la composición de los ácidos grasos del músculo cuando emplearon una dieta a base de sorgo alto en taninos (1,7 y 3,5 % ms). Volpi-Lagrecia et al. (2013) indicaron que la composición lipídica de la carne de vaquillonas se vio levemente afectada cuando se emplearon diferentes reguladores de la fermentación ruminal (taninos o monensina) en dietas feedlot a base de granos de maíz y distintos niveles de poroto de soja. La concentración de sfa no resultó afectada por los taninos mientras que estos sí incrementaron el porcentaje de pufa y n-6 pufa. Tampoco se registraron diferencias en el balance n-6/n-3 pufa. Pordomingo et al. (2013) obtuvieron resultados similares, no hallando cambios significativos en el perfil lipídico de la grasa i.m. de la carne de vaquillonas cuando fueron alimentadas con distintos niveles de grano de maíz y agregado de taninos de quebracho en distintas dosis.

En una revisión reciente, Morales y Ungerfeld (2015) llevaron a cabo un análisis de regresión a fin de evaluar la respuesta de los ácidos grasos en la grasa de la carne frente a la suplementación con taninos. Los autores encontraron, en todos los experimentos evaluados (12), una relación inversa significativa ($p < 0,05$) entre el contenido de taninos y el de ácido esteárico en la grasa de la carne, mientras que estos compuestos no estuvieron significativamente asociados con el contenido de lna, ra o va.

II.2.3. Efectos sobre la estabilidad oxidativa y las características sensoriales de la carne

Los procesos oxidativos que tienen lugar en la carne generan efectos negativos sobre su calidad, ocasionando una pérdida de valor nutricional y afectando sus atributos sensoriales (Shah et al., 2014). Mientras que la oxidación de la mioglobina lleva a la decoloración de la carne, los productos de la oxidación lipídica contribuyen al desarrollo de off-flavors

(Faustman et al., 2010). Si bien hasta hace poco tiempo se han empleado antioxidantes sintéticos, actualmente existe un mayor interés en el empleo de compuestos naturales (Shah et al., 2014).

Debido a que los taninos podrían modificar la composición de ácidos grasos de la carne, su susceptibilidad a sufrir procesos oxidativos se vería indirectamente afectada (Luciano et al., 2009). En este sentido, existe evidencia acerca de que estos compuestos pueden mejorar la estabilidad oxidativa de la carne y previenen su decoloración, extendiendo así su vida útil (Luciano et al., 2009; Vasta y Luciano, 2011). No obstante, aún no se conoce completamente cual es la dosis necesaria ni sus mecanismos de acción antioxidante (Vasta y Luciano, 2011). Además, se debe tener en cuenta que no todos los taninos presentan la misma efectividad, probablemente a causa de las diferencias estructurales.

Maqsood y Benjakul (2010) registraron efectos positivos del ácido tánico (200ppm) sobre la estabilidad del color rojo (a^*) de carne vacuna picada, medida instrumentalmente, envasada en atmósfera modificada rica en oxígeno, durante el almacenamiento refrigerado. Sin embargo, bajo las mismas condiciones de almacenamiento, no encontraron un efecto del ácido tánico sobre el puntaje de color asignado a la carne por panelistas. Con respecto al olor, detectaron una menor aceptación de las muestras sin ácido tánico, quizá debido a la mayor concentración de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (tbars). Además, los panelistas percibieron off-flavors en la muestra almacenada en atmósfera rica en oxígeno, debido principalmente a la rancidez oxidativa. En cambio, los autores reportaron un retardo en la oxidación lipídica de muestras tratadas con ácido tánico, independientemente de las condiciones de envasado.

Asimismo, Luciano et al. (2009) encontraron que la suplementación de una dieta concentrada con tc de quebracho mejoró la estabilidad oxidativa del color de la carne de cordero durante el almacenamiento refrigerado, aunque no detectaron diferencias en la oxidación lipídica (tbars). En cambio, Liu et al. (2016) en un estudio reciente obtuvieron menores valores de tbars en la carne de corderos sometidos a estrés térmico y suplementados con tc de castaño (0,5 y 1,0 % ms). Por su parte, Barragán González et al. (2014) suplementaron la dieta basal de terminación de novillos con extracto de tc de quebracho (3 % ms) y 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 contraste con los estudios antes mencionados, Larraín et al. (2008) informaron tanto una menor estabilidad oxidativa de los lípidos como del color de la carne de novillos almacenada aeróbicamente luego de alimentarlos con sorgo alto en taninos cuando se compararon los resultados con los obtenidos en la dieta control a base de maíz.

Por otro lado, se ha sugerido que los taninos podrían incluirse en las dietas de rumiantes como posibles atenuantes del pastoral flavour (Priolo y Vasta, 2007). El escatol y el indol son los compuestos volátiles responsables de conferir las notas desagradables a la carne, siendo el primero el principal contribuyente (Schreurs et al., 2008). Estos

compuestos se encuentran en la grasa de la carne y su concentración es mayor en animales alimentados a

pasto en comparación con los alimentados con granos (Young et al., 2003). Elevadas concentraciones de escatol en la carne reducen la aceptación de los consumidores (Vasta y Luciano, 2011).

Relacionado con esto, se sabe que la biosíntesis ruminal de compuestos activos responsables del aroma podría resultar afectada por los taninos (Priolo y Vasta, 2007). Los tc reducen la degradación de la proteína del forraje limitando la disponibilidad de aminoácidos en el rumen para su conversión a estos y otros compuestos responsables del flavor (Schreurs et al., 2008). Como consecuencia, la inclusión de taninos en la dieta de rumiantes podría mejorar el flavor de sus productos. Sin embargo, hasta el momento los resultados solo parecen prometedores cuando se emplean extractos de taninos en lugar de forrajes ricos en ellos (Vasta y Luciano, 2011). En este sentido, 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. 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. Además, se obtuvo un mejor resultado cuando la dieta fue concentrada versus pastura.

Por otro lado, Priolo et al. (2000) señalaron una menor aceptabilidad de la carne de corderos durante la evaluación sensorial cuando emplearon tc. Sin embargo, los autores atribuyeron esta respuesta al elevado pH final en combinación con un menor contenido de grasa (menor grado de terminación de los animales) alcanzados en este tratamiento. Además, las muestras del tratamiento con taninos fueron juzgadas por presentar flavors extraños. En cambio, los panelistas no percibieron diferencias en la jugosidad y la terneza de la carne en ninguno de los tratamientos ensayados.

En vaquillonas engordadas a corral, Pordomingo et al. (2013) mostraron que la incorporación de un extracto de taninos de quebracho a la dieta no afectó la jugosidad, el flavor y el nivel de tejido conectivo de la carne, determinados sensorialmente por un panel entrenado. Además, mejoró la terneza inicial y sostenida, determinada de la misma forma. 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, como se mencionó anteriormente, esta diferencia no fue detectada en la medición de terneza instrumental.

III. Conclusiones

La bibliografía consultada revela la existencia de numerosas investigaciones que evalúan, in vitro e in vivo, los efectos de la incorporación de taninos a la dieta de pequeños rumiantes, orientadas fundamentalmente a aspectos relacionados con la nutrición y al desempeño productivo en ovinos. Sin embargo, si bien existe información sobre la influencia de los taninos en la nutrición y performance productiva

del ganado bovino en feedlot, solo unos pocos estudios han abordado aspectos vinculados a la calidad y el rendimiento de la carne obtenida, tanto en confinamiento como con pasturas. Además, en la mayoría de estos ensayos se han empleado plantas que contienen taninos (Sulla, algarroba, castaño, acacia, etc.), en lugar de extractos de los mismos en la dieta animal. Consecuentemente, este sería un nicho en el conocimiento que requiere ser explorado.

Las inconsistencias que arrojan los resultados de las investigaciones respecto a las bondades o perjuicios que estos compuestos ocasionan tanto en la performance como en la calidad de la carne de rumiantes, se interpretan como consecuencia de una serie de factores más que de uno en particular. Por lo que no es conveniente realizar generalizaciones y se sugiere analizar cada caso individualmente. Además, los mecanismos de acción mediante los cuales estos compuestos afectan el desempeño animal y la calidad de la carne aún no están completamente dilucidados.

Existen antecedentes que señalan a los taninos como mejoradores de las propiedades saludables de la carne, con respecto a su composición de ácidos grasos, así como por incrementar su contenido proteico. Otros estudios reportan que los taninos presentan propiedades antioxidantes. Esto permitiría colocar estos productos, naturalmente mejorados en los mercados actuales a un precio diferencial. Por lo tanto, resulta de gran interés identificar cuáles de las numerosas fuentes de taninos existentes y las dosis que podrían ser potencialmente más beneficiosos para un propósito particular. Estos hechos denotan la necesidad de profundizar más en este campo.

Referencias bibliográficas

- Aerts R.J.; Barry T.N.; McNabb W.C. (1999). Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages, en: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 75:1-12.
- Barragán González, H.; Hernández Mendo, O.; Hernández Sánchez, D.; Saturnino Mora, J.; Aranda Osorio, G.; 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 A.C. (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. México.
- Barry, T. N.; Allsop, T. F.; Redekopp, C. (1986). The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep: *5. Effects on the endocrine system and on adipose tissue metabolism, en: *British Journal of Nutrition*, 56(3):607-614.
- Brogna, D.M.R.; Tansawat, R.; Cornforth, D.; Ward, R.; Bella, M.; Luciano, G. et al. (2014). The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control, en: *Meat Science*, 96:744-749.
- Buccioni, A.; Minieri, S.; Rapaccini, S.; Antongiovanni, M.; Mele, M. (2011). Effect of chestnut and quebracho tannins on fatty acid profile in rumen

- liquid- and solid-associated bacteria: an in vitro study, en: *Animal*, 5(10):1521-1530.
- Faustman, C.; Sun, Q.; Mancini, R.; Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control, en: *Meat Science*, 86(1): 86-94.
- Frutos, P.; Hervás, G.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R. (2004a). An in vitro study on the ability of polyethylene glycol to inhibit the effect of quebracho tannins and tannic acid on rumen fermentation in sheep, goats, cows, and deer, en: *Australian Journal of Agricultural Research*, 55:1125-1132.
- Frutos, P.; Hervás, G.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R. (2004b). Review: Tannins and ruminant nutrition, en: *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2):191-202.
- Jeronimo, E.; Alves, A.P.; Dentinho, M.T.P.; Martins, S.V.; Prates, J.A.M.; Vasta, V. et al. (2010). The effect of grape seed extract, *Cistus ladanifer* L. and vegetable oil supplementation on fatty acid composition of abomasal digesta and intramuscular fat of lambs, en: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:10710-10721.
- Jones, E. T.; Mangan, J. L. (1977). Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH, en: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28:126-136.
- Kronberg, S. L.; Scholljegerdes, E. J.; Barceló-Coblijn, G.; Murphy, E. J. (2007). Flaxseed Treatments to Reduce Biohydrogenation of α -Linolenic Acid by Rumen Microbes in Cattle, en: *Lipids*, 42:1105-1111.
- Krueger, W. K.; Gutierrez-Bañuelos, H.; Carstens, G. E.; Min, B.R.; Pinchak, W.E.; Gomez, R.R. et al. (2010). Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet, en: *Animal Feed Science and Technology*, 159:1-9.
- Larraín, R.E.; Schaefer, D.M.; Richards, M.P.; 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, en: *Meat Science*, 79:656-665.
- Larraín, R.E.; Schaefer, D.M.; Arp, S.C.; Claus, J.R.; 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, en: *Journal of Animal Science*, 87(6):2089-95.
- Liu, H.; Li, K.; Mingbinc, L.; Zhao, J.; Xiong, B. (2016). Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs, en: *Meat Science*, 116:236-242.
- Luciano, G.; Monahan, F.J.; Vasta, V.; Biondi, L.; Lanza, M.; Priolo, A. (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability, en: *Meat Science*, 81:120-125.
- Mapiye, C.; Chimonyo, M.; Dzama, K.; Muchenje, V.; Strydom, P.E. (2010). Meat quality of Nguni steers supplemented with *Acacia karroo* leaf-meal, en: *Meat Science*, 84:621- 627.
- Maqsood, S.; Benjakul, S. (2010). Preventive effect of tannic acid in combination with modified atmospheric packaging on the quality losses of the refrigerated ground beef, en: *Food Control*, 21:1282-1290.
- Min, B.R.; Barry, T.N.; Attwood, G.T.; McNabb, W.C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh

- temperate forages: a review, en: *Animal Feed Science and Technology*, 106:3-19.
- Min, B.R.; Hernandez, K.; Pinchak, W.E.; Anderson, R.C.; Miller, J.E.; Valencia, E. (2015). Effects of Plant Tannin Extracts Supplementation on Animal Performance and Gastrointestinal Parasites Infestation in Steers Grazing Winter Wheat, en: *Open Journal of Animal Sciences*, 5:343-350.
- Morales, R.; Ungerfeld, E.M (2015). Use of tannins to improve fatty acids profile of meat and milk quality in ruminants: A review, en: *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(2):239-248.
- Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health, en: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13):2010-2037.
- Muir, L. A.; Wien, S.; Duquette, P. F.; Rickes, E. L.; Cordes, E. H. (1983). Effect of exogenous growth hormone and diethylstilbestrol on growth and carcass composition of growing lambs, en: *Journal of Animal Science*, 56:1315-1323.
- Pasinato, A. (2010). Utilización de taninos condensados en rumiantes. (pp.25-32). En Pasinato, A.; Santini, F.; Geraci, J. (Eds.). *Jornadas proyecto nacional de nutrición animal. Concepción del Uruguay: inta-eea Concepción del Uruguay*.
- Pordomingo, A. J.; Volpi Lagreca, G.; Stefanazzi, I. N.; Pordomingo, A. B. (2006). Efecto de la inclusión de taninos versus monensina y de soja cruda en dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, en engorde de vaquillonas a corral, en: *Boletín de Divulgación Técnica*, 90:67-73.
- Pordomingo, A.J.; Volpi Lagreca, G.; García, P.T.; 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). En: Pordomingo, A.J. (Ed.). *Avances en calidad de carne bovina-Implicancias de la alimentación, genética y el manejo*.
- Priolo, A.; Waghorn, G.C.; Lanza, M.; Biondi, L.; 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, en: *Journal of Animal Science*, 78:810-816.
- Priolo, A., Bella, M., Lanza, M., Galofaro, V., Biondi, L., Barbagallo, D. et al. (2005). Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate, en: *Small Ruminant Research*, 59:281-288.
- Priolo, A.; Vasta, V. (2007). Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality, en: *Italian Journal of Animal Science*, 6(1):527-530.
- Priolo, A.; Vasta, V.; Fasone, V.; Lanza, C.M.; Scerra, M.; Biondi, L. et al. (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, en: *Animal*, 3:454-460.
- Schreurs, N.M.; Lane, G.A.; Tavendale, M.H.; Barry, T.N.; McNabba, W.C. (2008). Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins, en: *Animal Feed Science and Technology*, 146(3):193-221.

- Schwab, C.G. (1995). Protected proteins and amino acids for ruminants. (pp.115-141). En: Wallace, R.J.; Chesson, A. (Eds.). *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. Weinheim (Germany): V.C.H. Press.
- Selje, N.; Hoffmann, E. M.; Muetzel, S.; Ningrat, R.; Wallace, R. J.; Becker, K. (2007). Results of a screening programme to identify plants or plant extracts that inhibit ruminal protein degradation, en: *British Journal of Nutrition*, 98:45-53.
- Shah, M.A; Don Bosco, S.J.; Mir, S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products, en: *Meat Science*, 98:21-33.
- Vahmani, P.; Mapiye, C.; Prieto, N.; Rolland, D.C.; Mcallister, T.A.; Aalhus, J.L. et al.(2015). The scope for manipulating the polyunsaturated fatty acid content of beef: A review, en: *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6:29.
- Vasta, V.; Pennisi, P.; Lanza, M.; Barbagallo, D.; Bella, M.; Priolo, A. (2007). Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation, en: *Meat Science*, 76:739-745.
- Vasta, V.; Nudda, A.; Cannas, A.; Lanza, M.; Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and small ruminants meat and milk quality, en: *Animal Feed Science and Technology*, 147:223-246.
- Vasta, V.; Makkar, H.P.S.; Mele, M.; Priolo, A. (2009a). Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro, en: *British Journal of Nutrition*, 102:82-92.
- Vasta, V.; Mele, M.; Serra, A.; Scerra, M.; Luciano, G.; Lanza, M. et al. (2009b). Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins, en: *Journal of Animal Science*, 87:2674-2684.
- Vasta, V.; Priolo, A.; Scerra, M.; Hallett, K.G.; Wood, J.D.; Doran, O. (2009c). $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins, en: *Meat Science*, 82:357-364.
- Vasta, V.; Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality, en: *Small Ruminant Research*, 101:150-159.
- Volpi-Lagreca, G.; Pordomingo, A. J.; Alende, M.; Pordomingo, A. B.; Grigioni, G.; Carduza, F. et al. (2013). Efecto de la inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas basadas en grano de maíz entero sobre la composición lipídica y las características físicas de la carne. (pp.91-96). En: Pordomingo, A.J. (Ed.). *Avances en calidad de carne bovina, Implicancias de la alimentación, genética y el manejo*.
- Volpi-Lagreca, G.; Alende, M.; Pordomingo, A.J.; Babinec, F.; Ceron, M. (2015). Engorde de bovinos a corral: Efectos de monensina y de dos niveles de taninos condensados de quebracho sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal y la degradabilidad in situ de la materia seca y de la proteína, en: *Revista Argentina de Producción Animal*, 33(2):65-77.
- Waghorn, G.C.; Shelton, I.D.; McNabb, W.C.; Mccutcheon, S.N. (1994). Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects, en: *Journal of Agricultural Science*, 123:109-119.

Waghorn, G. (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-Progress and challenges, en: *Animal Feed Science and Technology*, 147:116-139.

Young, O.A.; Lane, G.A.; Priolo, A.; Fraser, K. (2003). Pastoral and species flavour in lambs raised on pasture, lucerne or maize, en: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83:93-104.

Notas

1. Aerts R.J.; Barry T.N.; McNabb W.C. (1999). Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages, en: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 75:1-12.
2. Barragán González, H.; Hernández Mendo, O.; Hernández Sánchez, D.; Saturnino Mora, J.; Aranda Osorio, G.; 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 A.C. (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. México.
3. Barry, T. N.; Allsop, T. F.; Redekopp, C. (1986). The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep: *5. Effects on the endocrine system and on adipose tissue metabolism, en: *British Journal of Nutrition*, 56(3):607-614.
4. Brogna, D.M.R.; Tansawat, R.; Cornforth, D.; Ward, R.; Bella, M.; Luciano, G. et al. (2014). The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control, en: *Meat Science*, 96:744-749.
5. Buccioni, A.; Minieri, S.; Rapaccini, S.; Antongiovanni, M.; Mele, M. (2011). Effect of chestnut and quebracho tannins on fatty acid profile in rumen liquid- and solid-associated bacteria: an in vitro study, en: *Animal*, 5(10):1521-1530.
6. Faustman, C.; Sun, Q.; Mancini, R.; Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control, en: *Meat Science*, 86(1): 86-94.
7. Frutos, P.; Hervás, G.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R. (2004a). An in vitro study on the ability of polyethylene glycol to inhibit the effect of quebracho tannins and tannic acid on rumen fermentation in sheep, goats, cows, and deer, en: *Australian Journal of Agricultural Research*, 55:1125-1132.
8. Frutos, P.; Hervás, G.; Giráldez, F. J.; Mantecón, A. R. (2004b). Review: Tannins and ruminant nutrition, en: *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2):191-202.
9. Jeronimo, E.; Alves, A.P.; Dentinho, M.T.P.; Martins, S.V.; Prates, J.A.M.; Vasta, V. et al. (2010). The effect of grape seed extract, *Cistus ladanifer* L. and vegetable oil supplementation on fatty acid composition of abomasal digesta and intramuscular fat of lambs, en: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:10710-10721.
10. Jones, E. T.; Mangan, J. L. (1977). Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH, en: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28:126-136.
11. Kronberg, S. L.; Scholljegerdes, E. J.; Barceló-Coblijn, G.; Murphy, E. J. (2007). Flaxseed Treatments to Reduce Biohydrogenation of α -Linolenic Acid by Rumen Microbes in Cattle, en: *Lipids*, 42:1105-1111.
12. Krueger, W. K.; Gutierrez-Bañuelos, H.; Carstens, G. E.; Min, B.R.; Pinchak, W.E.; Gomez, R.R. et al. (2010). Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet, en: *Animal Feed Science and Technology*, 159:1-9.

13. Larraín, R.E.; Schaefer, D.M.; Richards, M.P.; 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, en: *Meat Science*, 79:656-665.
14. Larraín, R.E.; Schaefer, D.M.; Arp, S.C.; Claus, J.R.; 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, en: *Journal of Animal Science*, 87(6):2089-95.
15. Liu, H.; Li, K.; Mingbinc, L.; Zhao, J.; Xiong, B. (2016). Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs, en: *Meat Science*, 116:236-242.
16. Luciano, G.; Monahan, F.J.; Vasta, V.; Biondi, L.; Lanza, M.; Priolo, A. (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability, en: *Meat Science*, 81:120-125.
17. Mapiye, C.; Chimonyo, M.; Dzama, K.; Muchenje, V.; Strydom, P.E. (2010). Meat quality of Nguni steers supplemented with Acacia karroo leaf-meal, en: *Meat Science*, 84:621- 627.
18. Maqsood, S.; Benjakul, S. (2010). Preventive effect of tannic acid in combination with modified atmospheric packaging on the quality losses of the refrigerated ground beef, en: *Food Control*, 21:1282-1290.
19. Min, B.R.; Barry, T.N.; Attwood, G.T.; McNabb, W.C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review, en: *Animal Feed Science and Technology*, 106:3-19.
20. Min, B.R.; Hernandez, K.; Pinchak, W.E.; Anderson, R.C.; Miller, J.E.; Valencia, E. (2015). Effects of Plant Tannin Extracts Supplementation on Animal Performance and Gastrointestinal Parasites Infestation in Steers Grazing Winter Wheat, en: *Open Journal of Animal Sciences*, 5:343-350.
21. Morales, R.; Ungerfeld, E.M (2015). Use of tannins to improve fatty acids profile of meat and milk quality in ruminants: A review, en: *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(2):239-248.
22. Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health, en: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13):2010-2037.
23. Muir, L. A.; Wien, S.; Duquette, P. F.; Rickes, E. L.; Cordes, E. H. (1983). Effect of exogenous growth hormone and diethylstilbestrol on growth and carcass composition of growing lambs, en: *Journal of Animal Science*, 56:1315-1323.
24. Pasinato, A. (2010). Utilización de taninos condensados en rumiantes. (pp.25-32). En Pasinato, A.; Santini, F.; Geraci, J. (Eds.). *Jornadas proyecto nacional de nutrición animal. Concepción del Uruguay: inta-eea Concepción del Uruguay*.
25. Pordomingo, A. J.; Volpi Lagreca, G.; Stefanazzi, I. N.; Pordomingo, A. B. (2006). Efecto de la inclusión de taninos versus monensina y de soja cruda en dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, en engorde de vaquillonas a corral, en: *Boletín de Divulgación Técnica*, 90:67-73.
26. Pordomingo, A.J.; Volpi Lagreca, G.; García, P.T.; 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). En: Pordomingo, A.J. (Ed.). *Avances en calidad de carne bovina-Implicancias de la alimentación, genética y el manejo*.
27. Priolo, A.; Waghorn, G.C.; Lanza, M.; Biondi, L.; 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, en: *Journal of Animal Science*, 78:810-816.
28. Priolo, A., Bella, M., Lanza, M., Galofaro, V., Biondi, L., Barbagallo, D. et al. (2005). Carcass and meat quality of lambs fed fresh sullia (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate, en: *Small Ruminant Research*, 59:281-288.

29. Priolo, A.; Vasta, V. (2007). Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality, en: *Italian Journal of Animal Science*, 6(1):527-530.
30. Priolo, A.; Vasta, V.; Fasone, V.; Lanza, C.M.; Scerra, M.; Biondi, L. et al. (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, en: *Animal*, 3:454-460.
31. Schreurs, N.M.; Lane, G.A.; Tavendale, M.H.; Barry, T.N.; McNabba, W.C. (2008). Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins, en: *Animal Feed Science and Technology*, 146(3):193-221.
32. Schwab, C.G. (1995). Protected proteins and amino acids for ruminants. (pp.115-141). En: Wallace, R.J.; Chesson, A. (Eds.). *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. Weinheim (Germany): V.C.H. Press.
33. Selje, N.; Hoffmann, E. M.; Muetzel, S.; Ningrat, R.; Wallace, R. J.; Becker, K. (2007). Results of a screening programme to identify plants or plant extracts that inhibit ruminal protein degradation, en: *British Journal of Nutrition*, 98:45-53.
34. Shah, M.A; Don Bosco, S.J.; Mir, S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products, en: *Meat Science*, 98:21-33.
35. Vahmani, P.; Mapiye, C.; Prieto, N.; Rolland, D.C.; Mcallister, T.A.; Aalhus, J.L. et al.(2015). The scope for manipulating the polyunsaturated fatty acid content of beef: A review, en: *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6:29.
36. Vasta, V.; Pennisi, P.; Lanza, M.; Barbagallo, D.; Bella, M.; Priolo, A. (2007). Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation, en: *Meat Science*, 76:739-745.
37. Vasta, V.; Nudda, A.; Cannas, A.; Lanza, M.; Priolo, A. (2008). Alternative feed resources and small ruminants meat and milk quality, en: *Animal Feed Science and Technology*, 147:223-246.
38. Vasta, V.; Makkar, H.P.S.; Mele, M.; Priolo, A. (2009a). Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro, en: *British Journal of Nutrition*, 102:82-92.
39. Vasta, V.; Mele, M.; Serra, A.; Scerra, M.; Luciano, G.; Lanza, M. et al. (2009b). Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins, en: *Journal of Animal Science*, 87:2674-2684.
40. Vasta, V.; Priolo, A.; Scerra, M.; Hallett, K.G.; Wood, J.D.; Doran, O. (2009c). $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins, en: *Meat Science*, 82:357-364.
41. Vasta, V.; Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality, en: *Small Ruminant Research*, 101:150-159.
42. Volpi-Lagreca, G.; Pordomingo, A. J.; Alende, M.; Pordomingo, A. B.; Grigioni, G.; Carduza, F. et al. (2013). Efecto de la inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas basadas en grano de maíz entero sobre la composición lipídica y las características físicas de la carne. (pp.91-96). En: Pordomingo, A.J. (Ed.). *Avances en calidad de carne bovina, Implicancias de la alimentación, genética y el manejo*.
43. Volpi-Lagreca, G.; Alende, M.; Pordomingo, A.J.; Babinec, F.; Ceron, M. (2015). Engorde de bovinos a corral: Efectos de monensina y de dos niveles de taninos condensados de quebracho sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal y la degradabilidad in situ de la materia seca y de la proteína, en: *Revista Argentina de Producción Animal*, 33(2):65-77.
44. Waghorn, G.C.; Shelton, I.D.; McNabb, W.C.; Mccutcheon, S.N. (1994). Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value

- for sheep. 2. Nitrogenous aspects, en: Journal of Agricultural Science, 123:109-119.
45. Waghorn, G. (2008). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-Progress and challenges, en: Animal Feed Science and Technology, 147:116-139.
46. Young, O.A.; Lane, G.A.; Priolo, A.; Fraser, K. (2003). Pastoral and species flavour in lambs raised on pasture, lucerne or maize, en: Journal of the Science of Food and Agriculture, 83:93-104.