





Composición nutricional y digestibilidad *in situ* del residuo industrial de té de jazmín

Nutritional composition and *in situ* digestibility of the industrial waste of jasmine tea

Fredy Vásquez-Sarabia¹ ,
 Juan Carlos Robles-Estrada¹ ,
 Jesús José Portillo-Loera¹ ,
 José Adrián Félix-Bernal¹ ,
 Mario Alejandro Mejía-Delgado² ,
 Alexis Emus-Medina¹ ,
 Jaime Noé Sánchez-Pérez¹ ,
 Jesús Rodríguez-Millán¹ ,
 Horacio Dávila-Ramos^{1*} 

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Boulevard San Ángel 3886, Colonia San Benito, CP. 80260, Culiacán, Sinaloa, México.

²Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Entronque Carretera Culiacan-eldorado 5, Km.17, CP. 80000. Culiacán, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia: davila-ramos@uas.edu.mx

Nota científica

Recibida: 27 de septiembre 2022

Aceptada: 21 de marzo 2023

Como citar: Vásquez-Sarabia F, Robles-Estrada JC, Portillo-Loera JJ, Félix-Bernal JA, Mejía-Delgado MA, Emus-Medina A, Sánchez-Pérez JN, Rodríguez-Millán J, Dávila-Ramos H (2023) Composición nutricional y digestibilidad *in situ* del residuo industrial de té de jazmín. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(1): e3497. DOI: 10.19136/era.a10n1.3497

RESUMEN. El objetivo fue determinar composición nutricional y digestibilidad *in situ* del residuo industrial de té de jazmín. Se realizó análisis químico proximal, se determinó fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA), energía metabolizable (EM), neta de mantenimiento (ENm) y ganancia (ENg) y taninos, digestibilidad *in situ* y cinética de degradación durante 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, y 72 h. Se observó 20.19% PC, 30.5% FC, 65.61% FDN, 49.01% FDA, 1.47 mg g⁻¹ y taninos condensados y 3.21 mg g⁻¹ de hidrolizables, 2.04 Mcal kg⁻¹ EM, 1.19 Mcal kg⁻¹ ENm y 0.74 Mcal kg⁻¹ ENg. La degradación de MS fue 50.63% a la hora 72, PC mostró degradación de 17.5%, los parámetros de cinética de degradación para la MS fueron a = 4.73, b = 48.66 y c = 0.05. El residuo de té de jazmín es una opción viable como fuente de fibra en la dieta de rumiantes.

Palabras clave: *Camellia sinensis*, degradación, desecho, taninos, rumiante.

ABSTRACT. The objective was to determine the nutritional composition and *in situ* digestibility of the industrial residue of jasmine tea. Proximal chemical analysis, neutral detergent fiber (NDF) and acid (ADF), metabolizable energy (ME), net maintenance (NEM) and gain (NEg) and tannins, digestibility *in situ* and degradation kinetics were determined during 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, and 72 h. 20.19% CP, 30.5% CF, 65.61% NDF, 49.01% ADF 1.47 mg g⁻¹ and condensed tannins and 3.21 mg g⁻¹ of hydrolyzables, 2.04 Mcal kg⁻¹ ME, 1.19 Mcal kg⁻¹ ENm and 0.74 Mcal kg⁻¹ NEg were observed. The DM degradation was 50.63% at 72 h, CP showed 17.5% degradation, the degradation kinetics parameters for DM were a = 4.73, b = 48.66 and c = 0.05. It is concluded that the jasmine tea residue is a viable option as a source of fiber in the ruminant diet.

Key words: *Camellia sinensis*, degradation, waste, tannins, ruminant.

INTRODUCCIÓN

Algunos subproductos de la industria de bebidas que no son procesados apropiadamente producen problemas ambientales, sin embargo, existe un interés alimenticio por su contenido de compuestos nutricionales (Román *et al.* 2015). Actualmente se buscan fuentes alternativas de alimento para consumo animal que sean accesibles y de bajo costo, por lo anterior, se han realizado múltiples estudios sobre el potencial nutricional de subproductos alimenticios regionales (Pérez-Gil *et al.* 2015). Además de caracterizar y validar las propiedades nutricionales adecuadas para su utilización en los sistemas de producción ganadera para mejorar su eficiencia y hacerlos sustentables con el medio ambiente (Makkar *et al.* 2007), sin embargo, su digestibilidad puede verse afectada por la presencia de metabolitos secundarios (Kondo *et al.* 2022). El té verde es una bebida popular en el mundo, su principal materia prima es la planta *Camellia sinensis* que, dependiendo del proceso de fabricación se pueden obtener hojas para té negro, verde y Oolong (Ramdani *et al.* 2013); además, mediante la técnica de aromatización de las hojas de té verde se puede obtener el té de jazmín (Shen *et al.* 2017); al ser una bebida popular, la producción de residuos insolubles de hojas de té ha aumentado un 31% durante el periodo de (2011-2020), (FAOSTAT 2020), en un estudio realizado en Japón se reportaron 100 000 t de residuos al año (Kondo *et al.* 2004). En este sentido, se han realizado investigaciones del valor nutritivo en residuos de hojas de té verde con valores de proteína cruda en un rango de 27.4 a 33.2% (Nishida *et al.* 2006, Wang *et al.* 2011), superando así, a la alfalfa que es usado actualmente en la alimentación animal (Ghadami *et al.* 2019), combinado con avena ensilada en la alimentación de cabras (Kondo *et al.* 2004, Xu *et al.* 2007) evaluaron la sustitución parcial de granos de cervecera por residuo de té verde en dietas para ovinos, mientras que Kondo *et al.* (2007) sustituyeron parcialmente la harina de soya con heno de alfalfa por residuos de té en alimentación para cabras. La adición de residuo de té ensilado en dietas mostró la posibilidad de su uso como sustituto proteico, sin

afectar negativamente los parámetros productivos de los animales, las características de alto contenido de proteína y su bajo costo podrían disminuir la dependencia en cierta medida de los productos de proteína de alto valor económico (Wang y Xu 2013). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición nutricional y digestibilidad *in situ* del residuo industrial de té de jazmín.

MATERIALES Y MÉTODOS

El residuo de té se obtuvo de una empresa productora de bebidas ubicada en Culiacán, Sinaloa. Las muestras se llevaron al Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, la prueba de digestibilidad *in situ* se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal, la Posta Zootécnica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa y la determinación de taninos se realizó en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD-Culiacán).

Recolección de muestras

Se realizaron 6 muestreos directamente de un contenedor en la empresa, una muestra por semana en horario de 10:00 am a 12:00 pm durante los meses noviembre y diciembre de 2020. Para determinar la masa de la muestra se utilizó una báscula marca Metaltex® con capacidad para 5 kg, la selección de la muestra se obtuvo de diferentes secciones del contenedor (arriba, medio y abajo), se identificaron y se trasladaron en bolsas de polietileno con cierre al Laboratorio de Análisis de Alimentos para su procesamiento; donde se homogeneizó y obtuvo una submuestra mediante la técnica del cuarteo (Montiel 2020). Se realizó un análisis químico proximal para cada muestra recolectada ese día y se reportó un promedio de las 6 muestras.

Composición nutricional

La muestra se secó a 80 °C por 24 h en una estufa (Fisher, 00034, México), una porción se utilizó para determinar la humedad inicial, mientras que otra porción se molió en un molino Wiley T4276M con tamaño de partícula de 2 mm y se tamizó en un tamiz

con malla de 2 mm. La muestra tamizada se empleó para realizar el análisis químico proximal: cenizas, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda (AOAC 1990), fibra detergente neutra y ácida (Van-Soest 1963, ANKOM 2005), y taninos (Castro *et al.* 2002, Heil *et al.* 2002). Con el software AriesTM se determinó el total de nutrientes digestibles, las energías: digestible, metabolizable, neta de mantenimiento y ganancia (Aries 2007).

Digestibilidad *in situ*

Los procedimientos experimentales se llevaron a cabo observando los estándares de ética, bioseguridad y bienestar animal de Comité Institucional para el cuidado y uso de los animales "CICUA" de la Universidad Autónoma de Sinaloa (Protocolo FMVZ-173/02-02-2021). Se estimó bajo la metodología descrita por Ørskov *et al.* (1980); para lo cual se utilizaron dos toros de encaste racial *Bos taurus* × *Bos indicus*, con peso vivo (PV) de 573.5 ± 40.31 kg. Los toros estaban habilitados con cánula ruminal permanente, se alimentaron con una dieta a base de forraje (Tabla 1), se alojaron en corrales individuales y se les proporcionó agua *ad libitum* y alimento en cantidad correspondiente al 3% de su peso vivo durante el periodo de adaptación (12 días) y 2% en los días de prueba para facilitar el manejo de las bolsas de nylon en el rumen. En cada bolsa se agregaron 10 g de residuo de té de jazmín secado en estufa y molido en criba de 2 mm, se colocaron en la parte ventral del rumen para evaluar los tiempos 0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48 y 72 h, por triplicado de cada tiempo. Las muestras se introdujeron en orden inverso al tiempo de incubación para ser retiradas posteriormente todas en conjunto. Para la introducción de las bolsas al rumen se alojaron dentro de un morral provisto de jareta y rafia guía, además por cada triplicado se colocaba un contrapeso para ayudar a que permanezcan en la parte ventral del rumen. Luego de las 72 h se retiraron las bolsas, se lavaron con agua corriente al igual que las muestras del tiempo 0, se secaron en estufa a 60 °C de temperatura hasta obtener peso constante para evaluar la digestibilidad.

Tabla 1. Dieta suministrada a los toros durante la prueba de digestibilidad *in situ*.

Ingrediente	% de inclusión
Alfalfa	10
Rastrojo de maíz	45
Residuo de té de jazmín	30
Maíz molido	10
Aceite de cocina usado	5
Aporte nutricional	
Energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹)	Proteína cruda %
2.27	14.6

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada variable se sometieron a una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), para luego realizar un análisis descriptivo utilizando a la media como medida de tendencia central, la desviación estándar como medida de variabilidad, además, se presentan los valores mínimos y máximos obtenidos mediante el paquete estadístico Minitab 18 (Minitab 2018). Los parámetros de degradación *in situ* se estimaron mediante un proceso iterativo de mínimos cuadrados, con el modelo de regresión no lineal propuesto por Ørskov y McDonald (1979): $\rho = a + b * (1 - \exp^{-c*t})$ donde ρ = degradabilidad potencial, t = tiempo de incubación, a = fracción soluble y completamente degradable; b = fracción insoluble pero potencialmente degradable, c = tasa de degradación de b y $1 - (a + b)$ = fracción no degradable.

Los valores de degradación a tiempo se obtuvieron calculando la media de las 6 bolsas de nylon de ambos toros, los parámetros de digestibilidad fueron obtenidos con el software R (R Development Core Team 2014) con los comandos PLOT, NLS y la función PREDICT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de la composición nutricional del residuo de té de jazmín se muestran en la Tabla 2. El porcentaje de humedad del residuo del té fue del 80.22%. El valor de humedad es similar al 77.7% en residuos de té verde reportado por Kondo *et al.* (2004), Kondo *et al.* (2007) en té verde ensilado 80.6%, 84.9% de humedad (Wang *et al.* 2011) y (Xu *et al.* 2007) en residuo de té verde con 75%

Tabla 2. Composición nutricional de residuos de té de jazmín.

Variable	Media	DE ¹	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	80.22	0.83	77.77	81.84
Cenizas (%)	5.34	0.36	4.54	5.91
Extracto etéreo (%)	2.42	0.18	2.16	2.76
Proteína cruda (%)	20.19	0.49	19.6	21.18
Fibra cruda (%)	30.5	1.69	27.37	33.49
Fibra detergente neutra (%)	65.61	2.7	61.11	71.41
Fibra detergente ácida (%)	49.01	2.47	44.09	51.69
Taninos condensados (mg g ⁻¹)	1.47	0.06	1.37	1.57
Taninos hidrolizables* (mg g ⁻¹)	3.21	1.08	2.05	5.30
TND ² (%)	56.54			
ED ³ (Mcal kg ⁻¹)	2.49			
EM ⁴ (Mcal kg ⁻¹)	2.04			
ENm ⁵ (Mcal kg ⁻¹)	1.19			
ENg ⁶ (Mcal kg ⁻¹)	0.74			

1: Desviación estándar; 2: total de nutrientes digestibles; 3: energía digestible; 4: energía metabolizable; 5: energía neta de mantenimiento; 6: energía neta de ganancia; n = 18, * n = 9.

de humedad aproximadamente. El alto contenido de humedad se debe a que es un subproducto industrial para la elaboración de una bebida y el proceso implica que las hojas de té verde que fueron secadas hasta un 95% de materia seca sufren un proceso de rehidratación (Ramdani *et al.* 2013).

La cantidad de cenizas fue de 5.34%, este valor es mayor al 3.2% reportado por otros autores en residuos de té verde (Nishida *et al.* 2006, Kondo *et al.* 2007). El extracto etéreo se presentó en un 2.42%, menor que el 4.9% reportado por Kono (2000), Nishida *et al.* (2006) y Xu *et al.* (2007), pero fue similar al 2.3% reportado en residuos de té verde por Wang *et al.* (2011), la menor concentración de extracto etéreo en el té, probablemente se debió a la degradación de estos componentes durante la fermentación oxidativa de la fabricación del té (Ramdani *et al.* 2013).

Por otra parte, el porcentaje de proteína cruda del 20.19%, fue superior a 17.24% en heno de alfalfa (Kondo *et al.* 2007, Ghadami *et al.* 2019), en cambio, fue inferior al 30.2% reportado en residuos de té verde en diferentes estudios (Kono 2000, Kondo *et al.* 2004, Wang *et al.* 2011, Xu *et al.* 2007, Nishida *et al.* 2006). En cuanto a la fibra cruda, se encontró un 30.5%, la fibra detergente neutra fue del 65.61%, mientras que la fibra detergente ácida fue del 49.01%. La fibra cruda supera el valor de 17.8% reportado por Kono (2000) y Nishida *et al.* (2006), sin embargo,

al analizar sus principales fracciones, la fibra detergente neutra obtenida es superior al 36.2% reportado en residuos de té verde (Kondo *et al.* 2004, Nishida *et al.* 2006, Kondo *et al.* 2007, Wang *et al.* 2011), con una diferencia de 29.41% al compararlo con este resultado en los residuos de té de jazmín. La fibra detergente ácida también fue mayor al 27.9% reportado por Kondo *et al.* (2004), Nishida *et al.* (2006), Xu *et al.* (2007) y Wang *et al.* (2011), con una diferencia de 21% comparado al valor encontrado en este estudio. Con relación a la calidad encontrada en algunos subproductos de plantas que son procesadas por la industria alimenticia se han reportado resultados heterogéneos debido a que su composición nutricional depende del método de recolección y procesamiento, además, puede haber variación en la proporción de hoja-tallo, además de que el grosor del tallo en los residuos de té afectan la proporción fibrosa, y la concentraciones de compuestos antinutricionales, lo que afecta la digestibilidad y la palatabilidad del residuo (Zahedifar *et al.* 2019).

Los taninos condensados se encontraron en 1.47 mg g⁻¹. Por otra parte, los taninos hidrolizables estuvieron en una concentración de 3.21 mg g⁻¹. El total de nutrientes digestibles (TND) fue del 56.54%. En este sentido, el valor de taninos condensados encontrado es inferior al 1.35% (Kondo *et al.* 2007) y superior al 0.91% (Kondo *et al.* 2004) reportados de residuos de té verde, mientras que el contenido

de taninos hidrolizables es similar al 0.30% reportado por Kondo *et al.* (2007). Debido a la naturaleza del proceso de elaboración de bebidas de té, las hojas utilizadas se recolectan como residuos insolubles o productos de desecho, la mayoría de los componentes solubles se liberan en la bebida, pero se sabe que el desecho retiene cantidades razonables de proteína, fibra, lípidos, minerales y compuestos fenólicos, es por ello que se ha estudiado desde hace tiempo su uso potencial como ingrediente en la alimentación de rumiantes (Kondo *et al.* 2004, Kondo *et al.* 2007, Xu *et al.* 2007). También la proporción de agua puede cambiar significativamente la mayoría de los componentes solubles de las hojas de té al preparar la bebida, la ceniza se reduce en 26.5%, los taninos totales en 38.2% y los taninos condensados un 40.3%, también incrementa en un 5% la proteína cruda, 10.6% el extracto etéreo, 49.8% la fibra detergente neutra y 36.4% la fibra detergente ácida (Ramdani *et al.* 2013).

La energía digestible (ED) tuvo un valor de 2.49 Mcal kg⁻¹, la energía metabolizable (EM) de 2.04 Mcal kg⁻¹, y las energías netas (ENm y ENg) fue de 1.19 y 0.74 Mcal kg⁻¹, respectivamente. Siendo el valor de la energía digestible (2.49 Mcal kg⁻¹) similar al que presentan los forrajes frescos como el sudán (2.47 Mcal kg⁻¹), alfalfa (2.56 Mcal kg⁻¹) y a ensilados de maíz y de sudán (2.43 Mcal kg⁻¹) (NRC 2001). La digestibilidad *in situ* de materia seca y proteína cruda del residuo de té de jazmín y parámetros de degradación se presentan en la Tabla 3. Donde se observa cómo la degradación de la materia seca aumentó con el tiempo, a las 72 horas se obtuvo un 50.63% de materia seca degradada. Mientras que la digestibilidad para la proteína cruda se ve reflejada hasta las 36 h con 4.8% llegando a 17.5% a las 72 h. Considerando que las fracciones digestibles de proteína cruda y fibra detergente neutra se encuentran relacionadas con el contenido de energía disponible en los alimentos, los valores obtenidos de energía pueden ser sobreestimados ya que la proteína mostró una digestibilidad baja (NRC 2001), esto puede indicar, que la actividad enzimática microbiana responsable de la degradación de la proteína cruda presente en el residuo de té de jazmín no es efectiva en el

rumen, o bien, puede tratarse de proteínas de sobrepaso (Gojón-Báez *et al.* 1998) y que su absorción post-ruminal sea eficiente (Kondo *et al.* 2004). También se ha reportado que la presencia de taninos en el residuo de té verde puede influir en la degradación a nivel ruminal, ya que al evaluar de manera *in vitro* el residuo de té verde, hay una degradación de 43.5% del total de la proteína cruda cuando contiene 1% de taninos condensados, al sumar la digestibilidad post-ruminal de proteína cruda se incrementa a 83.5% lo que indica que aproximadamente el 50% de la proteína total del residuo de té verde se degrada después de su paso por el rumen (Kondo *et al.* 2004). Al respecto, se infiere que el contenido de taninos condensados de 5 a 10%, reducen la palatabilidad, el consumo, la ganancia de peso vivo y la digestibilidad de los alimentos, lo que repercute en la disminución del rendimiento productivo, además, puede provocar efectos de toxicidad (Kamalak *et al.* 2005), por lo que no se observó efecto con 0.15% de taninos condensados en este estudio (1.47 mg g⁻¹).

Al agregar los datos a la ecuación para obtener los parámetros de la cinética de degradación, la materia seca muestra una degradación del 53.40% con una tasa de degradación de 0.05% por hora; mientras que los datos de la proteína cruda no fueron adecuados en el proceso iterativo realizado. Se han utilizado los residuos de té verde en la alimentación de rumiantes donde se muestran mejoras ($p < 0.05$) o que no hay diferencia significativa en la digestibilidad de la ración totalmente mixta respecto a la dieta testigo ($p > 0.05$) con valores que van desde 67 a 91% para la materia seca, 43.5 a 96% para la proteína cruda y 58 a 92% para fibra detergente neutra con porcentajes de inclusión de 5 a 30 y 100% (Kondo *et al.* 2004, Xu *et al.* 2008, Kondo *et al.* 2007, Suto *et al.* 2007). Además, forrajes de uso común en la alimentación de rumiantes como ensilado de maíz muestran digestibilidades *in situ* de 55 a 82% para la materia seca, 54% para rastrojo de maíz y 58 a 73% para el heno de alfalfa, y para la proteína cruda el rastrojo de maíz tiene una degradación de 37% mientras que la alfalfa puede tener una degradación desde 53 a 64%. Pero la digestibilidad de proteína cruda de la alfalfa puede aumentar 38% después de su paso

Tabla 3. Digestibilidad *in situ* de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del residuo de té de jazmín y parámetros de degradación, n = 6 / tiempo (%).

Tiempo (horas)	Degradación MS	Degradación PC
0	7.64	0
3	9.7	0
6	14.06	0
12	24.49	0
18	33.55	0
24	39.26	0
36	45.97	4.8
48	48.03	6.6
72	50.63	17.5
Parámetros de digestibilidad		
Fracción soluble (a)	4.73	-
Fracción insoluble (b)	48.66	-
Fracción no degradable (a + b)	53.4	-
Tasa de degradación (c)	0.05	-

por el rumen (Kondo *et al.* 2007). De acuerdo con la clasificación de los alimentos propuesta por Cramp-ton y Harris (1979) este residuo se puede considerar en la categoría de forrajes secos y alimentos toscos.

El contenido de proteína cruda del residuo de té es de 20.19%, fibra detergente neutra 65.61%, taninos condensados es de 1.47 mg g⁻¹, la digestibilidad de la materia seca es de 50.63% y de la proteína cruda 17.5%, el residuo de té de jazmín es una opción viable como fuente de fibra. Se recomienda realizar más estudios de digestibilidad post

ruminal para realizar una propuesta para su uso en la alimentación de rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México, por la beca de apoyo (CVU 998977) a Fredy Vázquez Sarabia. Los autores agradecen el apoyo recibido por parte del Corporativo FOPA, S.A. de C.V. para el desarrollo de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- ANKOM (2005) Neutral detergent fiber and Acid detergent fiber in feeds - Filter bag technique (for A2000 and A2000I). Method 5 and 6. ANKOM Technology. <https://www.ankom.com/>. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2022.
- AOAC (1990) Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemistry. 15 th edición. Washington, USA. 69p.
- Aries (2007) Ration Programs for Sheep. University of California Davis. CA, USA. 6p.
- Castro A, Marrero LI, Valdivié M, Gabel M, Steingass H (2002) Contenido de factores antinutricionales del grano de sorgo de cuatro variedades cultivadas en Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 36: 31-35.
- Crampton EW, Harris LE (1979) Nutrición animal aplicada. Segunda edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 224p.
- FAOSTAT (2020) Organización para la Agricultura y la Alimentación. Cultivos y productos de ganadería. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>. Fecha de consulta: 5 de enero de 2022.
- Ghadami M, Teimouri Yansari A, Chashnidel Y (2019) Effect of cut and irrigation water quality on chemical composition and *in situ* rumen degradability of alfalfa. Iranian Journal of Applied Animal Science 9: 609-615.

- Gojón-Báez H, Beltrones DAS, Contreras HH (1998) Digestibilidad ruminal y degradabilidad *in situ* de macrocystis pirifera y sargassum spp. en ganado bovino. *Ciencias Marinas* 24: 463-481.
- Heil M, Baumann B, Andary C, Linsenmair KE, McKey D (2002) Extraction and cuantification of “condensed tannins” as a measure of plant anti-herbivore defence? Revisiting an old problem. *Naturwissenschaften* 89: 519-524.
- Kamalak A, Canbolat O, Gurbuz Y, Ozay O, Ozkose E (2005) Chemical composition and its relationship to *in vitro* gas production of several tannin containing trees and shrub leaves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 18: 203-208.
- Kondo M, Kita K, Yokota HO (2004) Feeding value to goats of whole-crop oat ensiled with green tea waste. *Animal Feed Science and Technology* 113: 71-81.
- Kondo M, Kita K, Yokota HO (2007) Ensiled or oven-dried green tea By-product as protein feedstuffs: Effects of tannin on nutritive value in goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20: 880-886.
- Kondo M, Hidaka M, Hirano Y, Kita K, Jayanegara A, Yokota HO (2022) Nutrient digestibility, fecal output of fractionated proteins, and ruminal fermentation parameters of goats fed a diet supplemented with spent green tea and black tea leaf silage. *Animal Science Journal* 93: e13681. DOI: 10.1111/asj.13681.
- Kono M, Furukawa K, Sagesaka YM, Nakagawa K, Fujimoto K (2000) Effect of green tea extracts and green tea grounds as dietary supplements on cultured Yellowtail and Ayu. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 47: 932-937.
- Makkar HPS, Francis G, Becker K (2007) Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal* 1: 1371-1391.
- Minitab (2018) Minitab. <https://www.minitab.com/en-us/>. Fecha de consulta: 5 de enero de 2022.
- Montiel MD (2020) ¿Cómo muestrear los alimentos que enviaremos a analizar? *Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. INTA* 132: 35-37.
- Nishida T, Eruden B, Hosoda K, Matsuyama H, Nakagawa K, Miyazawa T, Shioya S (2006) Effects of green tea (*Camellia sinensis*) waste silage and polyethylene glycol on ruminal fermentation and blood components in cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 19: 1728-1736.
- NRC (2001) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition, 2001*. National Academy Press. Washington, DC. 13p.
- Ørskov ER, Hovell FDD, Mould F (1980) The use of nylon bag technique in the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* 5: 195-213.
- Ørskov ER, Mcdonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science* 92: 499-503.
- Pérez-Gil RF, Carranco-Jáuregui ME, Calvo-Carrillo MDC, Solano L, Martínez-Iturbe TJ (2015) Caracterización química de panojas y vainas con semillas nativas del estado de Guerrero, México, para uso en la alimentación animal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5: 307-319.
- R Development Core Team (2014) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021.
- Ramdani D, Chaudhry AS, Seal CJ (2013) Chemical composition, plant secondary metabolites, and minerals of green and black teas and the effect of different tea-to-water ratios during their extraction on the composition

- of their spent leaves as potential additives for ruminants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 4961-4967.
- Román Y, Techeira N, Yamarte J, Ibarra Y, Fasendo M (2015) Caracterización físico-química y funcional de los subproductos obtenidos durante la extracción del almidón de musáceas, raíces y tubérculos. *Interciencia* 40: 350-356.
- Shen JX, Rana MM, Liu GF, Ling TJ, Gruber MY, Wei S (2017) Differential contribution of jasmine floral volatiles to the aroma of scented green tea. *Journal of Food Quality* 2017: ID Article 5849501. DOI: 10.1155/2017/5849501.
- Suto R, Horiguchi K, Takahashi T, Toyokawa K (2007) Effect of mixing proportion of green tea [*Thea sinensis*] waste and moisture content on the fermentation quality and the rate of *in situ* degradation of TMR silage. *Japanese Journal of Grassland Science* 53: 127-132
- Van-Soest PJ (1963) Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. Preparation of Fiber Residues of Low Nitrogen Content. *Journal of AOAC International* 46: 825-829.
- Wang H, Xu C (2013) Utilization of tea grounds as feedstuff for ruminant. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 4: 1-6.
- Wang RR, Wang HL, Liu X, Xu CC (2011) Effects of different additives on fermentation characteristics and protein degradation of green tea grounds silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24: 616-622.
- Xu C, Cai Y, Moriya N, Ogawa M (2007) Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. *Animal Feed Science and Technology* 138: 228-238.
- Xu C, Cai Y, Zhang J, Fukasawa M, Moriya N (2008) Ensiling and subsequent ruminal degradation characteristics of barley tea grounds treated with contrasting additives. *Animal Feed Science and Technology* 141: 368-374.
- Zahedifar M, Fazaeli H, Safaei AR, Alavi SM (2019) Chemical Composition and *in vitro* and *in vivo* Digestibility of Tea Waste in Sheep. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 9: 87-93.