

Composición bromatológica y degradabilidad ruminal *in situ* de residuos agroindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*)

Bromatological composition and *in situ* ruminal degradability of agroindustrial residues of passion fruit (*Passiflora edulis*) and banana (*Musa paradisiaca*)

Italo Espinoza Guerra¹, Marlene Medina Villacís², Alexandra Barrera-Alvarez¹, León Montenegro Vivas¹, Adolfo Sánchez Laiño¹, Miguel Romero Romero¹ y Antón García Martínez³

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarías. Carrera de Ingeniería Zootécnica. Campus Finca Experimental "La María". CP. 121250. Km. 7 ½ vía El Empalme, cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador.

²iespinoza@uteq.edu.ec, barreraalvarez@yahoo.com; lmontenegro@uteq.edu.ec; arsanchez@uteq.edu.ec; jromero@uteq.edu.ec

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Carrera de Ingeniería Agronómica. Campus Ing. Manuel Haz Alvarez, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. EC.120501. Quevedo, Ecuador. mmedina@uteq.edu.ec

³Universidad de Córdoba. Departamento de Producción Animal. Carretera Madrid-Cádiz, km. 395, 14071 Córdoba, España. palgamaa@uco.es

Rec.: 22.05.2017. Acept.: 20.09.2017.
Publicado el 1 de diciembre de 2017

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca, orgánica e inorgánica de residuos de cáscara de maracuyá, semillas de maracuyá y cáscara de plátano, provenientes de la industria de procesamientos de jugos y alimentos. Se tomaron muestras representativas para determinar la composición química y se utilizó la técnica de degradabilidad *in situ* a 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación ruminal. La cáscara y semilla de maracuyá, presentaron mayores valores de materia orgánica (89.46-97.21%), proteína (16.56-14.55%), cenizas (10.54-10.70%), fibra detergente neutra (70.75-63.24%), menor contenido de fibra detergente ácida (30.73-37.45%) y grasa bruta (2.98-4.91%), en relación a la semilla de maracuyá que presentaron valores inferiores de materia orgánica, proteína bruta, cenizas, fracciones detergente ácida (89.30, 8.16 y 38.87%), y valores superiores de grasa bruta y fibra detergente neutra (9.60 y 70.75%). En la degradabilidad *in situ* de la materia seca y materia orgánica la cáscara de plátano presentó la mayor ($p<0.05$) tasa de degradabilidad en todos los tiempos de incubación. La semilla de maracuyá fue inferior a los demás subproductos y su degradación fue relativamente estable en los diferentes tiempos. La degradabilidad *in situ* de la materia inorgánica no presentó una tendencia estable, se encontraron diferencias ($p<0.05$) solo hasta el periodo de incubación de 0-6 horas. En conclusión, los residuos de cáscara y de maracuyá y plátano presentaron mejor valor nutritivo que los residuos de semilla maracuyá.

Palabras clave: alimentos, frutas, residuos agroindustriales, composición química, digestibilidad de los nutrientes.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the *in situ* ruminal degradability of the dry, organic and inorganic matter of passion fruit peel residues, passion fruit seeds and banana peel, from the food and juice processing industry. Representative samples were taken to determine the chemical composition and the *in situ* degradability technique was used at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours of ruminal incubation. The passion fruit peel and seed, presented higher values of organic matter (89.46-97.21%), protein (16.56-14.55%), ash (10.54-10.70%), neutral detergent fiber (70.75-63.24%), lower fiber content acid detergent (30.73-37.45%) and crude fat (2.98-4.91%), in relation to the passion fruit seed that showed lower values of organic matter, crude protein, ash, acid detergent fractions (89.30, 8.16 and 38.87%), and higher values of crude fat and neutral detergent fiber (9.60 and 70.75%). In the *in situ* degradability of the dry matter and organic matter the banana peel had the highest ($p<0.05$) degradability rate in all the incubation times. The passion fruit seed was inferior to the other by-products and its degradation was relatively stable at different times. The *in situ* degradability of the inorganic matter did not show a stable tendency, differences were found ($p<0.05$) only until the incubation period of 0-6 hours. In conclusion, shell and passion fruit and banana residues presented better nutritional value than maracuyá seed residues.

Key words: food, fruits, agroindustrial waste, chemical composition, nutrient digestibility.

Introducción

Con el aumento de la diversidad y de la oferta de productos para alimentación humana, el proceso de industrialización de esos alimentos resultó en diversos subproductos, que, por no ser utilizados directamente en la alimentación humana, acabaron convirtiéndose en residuos, como consecuencia de su inadecuada gestión pueden convertirse en productos contaminantes. Una alternativa ante esta problemática podría ser la utilización de estos subproductos en la alimentación animal, especialmente de rumiantes, de esta manera contribuyen a mitigar su acción contaminante y los costos de su gestión (Correia *et al.*, 2006). Una fuente importante de estos residuos agroindustriales lo genera la industria de frutas procesadas, aportando alrededor de un 40% de los residuos agroindustriales (Bartholo, 1994). La gestión de estos residuos es un gran problema económico, ya que las empresas tienen que asumir los altos costos por la disposición de éstos (Yépez *et al.*, 2008).

Para el uso de los residuos agroindustriales en alimentación animal es necesario el conocimiento de su valor nutritivo (Bertipaglia *et al.*, 2000), además de determinar la viabilidad de su inclusión como fuentes de alimentos alternativos, aunado de cuantificar la respuesta animal en términos de palatabilidad y desempeño productivo y económico; no obstante, la incorporación de estos residuos agroindustriales en la dieta para animales es escasa, debido principalmente al desconocimiento de su composición bromatológica y los niveles de utilización adecuados en la elaboración de dietas para animales, en especial de rumiantes, así como, su impacto económico y biológico sobre la producción animal (Lousada *et al.*, 2002).

Por lo tanto, los subproductos resultantes de las agroindustrias de gran importancia en nuestro medio (maracuyá y plátano) representan una alternativa interesante de uso en la alimentación de rumiantes, motivo por el cual se planteó el presente trabajo de investigación con el objetivo de determinar la composición química y la degradabilidad ruminal *in situ* de los residuos agroindustriales de maracuyá y plátano, lo que permitirá determinar su posible utilización en la elaboración de dietas para rumiantes.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), provincia de Los Ríos, Ecuador. Se utilizaron dos residuos agroindustriales de maracuyá *Passiflora edulis* (cáscara y semillas), obtenidos de la empresa TROPIFRUTAS S.A. (Quevedo, Ecuador), y residuos de plátano *Musa paradisiaca* (cáscara), aportado por

la planta de alimentos La Oriental S.A. (Quevedo, Ecuador).

Composición química

En la determinación de la composición química de los residuos agroindustriales se procedió a tomar muestras representativas de 500 g de cada residuo agroindustrial, en las que se determinaron los contenidos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos descritos por Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990), y de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology (Macedon, NY, EUA). Previo al análisis, la muestra de cada residuo agroindustrial se homogenizó y se colocó en una estufa a 65 °C por 48 horas, para luego ser molidas en un molino (Laboratorio Thomas Willy) con criba de 2 milímetros.

Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca (DISMS)

Se preparó una muestra correspondiente a cada residuo agroindustrial. La muestra se desecó en estufa (Memmert UN55, Memmert, Schwabach, Alemania) a 65 °C por 48 h. La DISMS se determinó utilizando la técnica de bolsa de nylon en tres bovinos castrados y fistulados del rumen de 400 kg±de peso vivo. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, que contenían cada una 10 g de muestra molida, seis bolsas se suspendieron en la parte ventral del rumen, con una secuencia de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. La desaparición del material en la hora cero, fue estimada en la séptima bolsa sin incubar en el rumen, lavándola de la misma manera que las demás. Durante la prueba los bovinos fueron alimentados con pasto saboya a libre acceso. Posteriormente las bolsas fueron secadas en una estufa a 60 °C durante 48 h; el residuo de cada bolsa en cada periodo de incubación se determinó su contenido de MS, cuyo porcentaje de desaparición se estimó por diferencia utilizando la ecuación de Orskov y McDonald (1980). Los parámetros no lineales, así como la desaparición DISMS, fueron calculados por medio del paquete computacional SAS (2004).

Resultados y discusión

Composición bromatológica

La composición bromatológica de los residuos agroindustriales de maracuyá y plátano (Cuadro 1) resultaron similares en el contenido de materia seca total, materia orgánica, materia inorgánica y fibra detergente ácida. La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrientes, mas no de su disponibilidad para el animal, y es necesario contar además con datos de digestibilidad (Shimada, 2003).

Cuadro 1. Composición química de residuos agroindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*)

Contenido	Cáscara de maracuyá	Cáscara de plátano	Semilla de maracuyá
MSP	15.10	13.50	90.00
MST	98.86	99.56	93.88
MO	89.46	89.30	97.21
MI	10.54	10.70	2.79
PB	14.55	8.16	16.56
GB	2.98	4.91	9.60
FDN	63.24	45.11	70.75
FDA	37.45	38.87	30.73

MSP: Materia seca parcial; MST: Materia seca total; MO: Materia orgánica; MI: Materia inorgánica ; PB: Proteína bruta; GB: grasa bruta; FB: fibra bruta; FDN: Fibra detergente neutra fiber); FDA: Fibra detergente ácido

Degradabilidad *in situ* de la materia seca

La degradabilidad *in situ* de la materia seca de los residuos agroindustriales de maracuyá y plátano se presentan en el Cuadro 2. El porcentaje de degradabilidad *in situ* de la MS del residuo agroindustrial de plátano fue superior ($P<0.05$), en todos los tiempos de incubación, logrando valores superiores al 80% a las 72 h de incubación, le sigue la cáscara de maracuyá que alcanzó el 78% de degradabilidad al mismo tiempo de incubación, respuesta contraria se observó en la semilla de maracuyá, residuo que no logró superar el 50% de degradabilidad a las 72 h de incubación (Cuadro 2). Estos resultados observados en la cáscara de

plátano pueden deberse principalmente al bajo contenido de FDN, un indicador indirecto de la digestibilidad (Gallardo y Gaggiotti, 2004). Los resultados obtenidos con la cáscara de maracuyá, fueron superiores a los reportados por Moncao *et al.* (2014), quienes reportan 76.01% a las 72 h de incubación, respuesta contradictoria con lo señalado por Gallardo y Gaggiotti (2004), ya que este residuo posee altos niveles de FDN.

Degradabilidad *in situ* de la materia orgánica

La digestibilidad *in situ* en porcentaje de la MO de la cáscara de plátano difiere significativamente ($p<0.05$)

Cuadro 2. Degradabilidad *in situ* de los residuos agroindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*)

Incubación ruminal (horas)	Cáscara de maracuyá	Cáscara de plátano	Semilla de maracuyá	EEM	CV	P<
0	35.46 b	45.76 a	23.67 c	0.83	7.12	0.001
3	38.22 b	50.12 a	32.38 c	0.56	4.17	0.001
6	41.12 b	53.92 a	36.00 c	0.51	3.58	0.000
12	57.24 b	68.52 a	38.16 c	0.87	4.77	0.000
24	74.09 b	80.15 a	39.65 c	0.13	0.61	<.0001
48	74.94 b	87.50 a	40.64 c	0.09	0.43	<.0001
72	78.75 b	89.05 a	41.09 c	0.99	4.27	<.0001

EEM: Error Estándar de la Media, P<: Probabilidad, CV: Coeficiente de Variación, abc Medias en la fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p>0.05$).

Cuadro 3. Degradabilidad *in situ* de la materia orgánica de los residuos agroindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa paradisiaca*)

Incubación Ruminal (horas)	Cáscara de Maracuyá	Cáscara de Plátano	Semilla de Maracuyá	EEM	CV	P<
0	30.06 b	40.47 a	21.86 c	0.88	8.66	0.003
3	33.80 b	45.08 a	30.67 b	0.60	5.03	0.001
6	36.36 b	48.08 a	34.33 b	0.53	4.07	0.001
12	53.61 b	65.51 a	36.59 c	0.86	4.99	0.000
24	71.22 b	78.45 a	38.01 c	0.09	0.46	<.0001
48	72.26 b	86.66 a	38.59 c	0.12	0.56	<.0001
72	76.58 b	88.33 a	39.20 c	1.10	4.88	0.000

EEM: Error Estándar de la Media, P<: Probabilidad, CV: Coeficiente de Variación, abc Medias en la fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p>0.05$).

en todas las horas de incubación, comparada con la degradabilidad de la cáscara y semilla de maracuyá (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos de la cáscara de plátano (Cuadro 3) en la degradabilidad de la MO (88.33%) a las 72 h de incubación ($p<0.05$) puede deberse al menor contenido de FDN (expuesto en el Cuadro 1), en comparación con los residuos de maracuyá, así, la FDN favorece la actividad de las bacterias celulíticas del rumen, promoviendo un aumento en la digestibilidad de los nutrientes (Bueno *et al.* 2000); Sin embargo, Bandeira (1995), reporta menor porcentaje (62.99%) de digestibilidad *in situ* de la MO de residuos de piña, empleados como única dieta en ovinos.

Degradabilidad *in situ* de la materia inorgánica

La proporción de materia inorgánica, se considera

representativa de los componentes inorgánicos del alimento, sin embargo, pueden incluir productos de origen orgánico como azufre y fósforo de las proteínas, en tanto, pueden producirse pérdidas de sustancias volátiles durante la combustión, como sodio, cloruros, potasio, fósforo y azufre. Entonces, este indicador no es totalmente representativo del material inorgánico de los alimentos, lo cual, su medida es solo aproximada (McDonald *et al.*, 2006).

En el periodo de incubación, la degradabilidad de la materia inorgánica fue similar ($p>0.05$) en los tres subproductos (Cuadro 4) a partir de las 12 a 72 horas de incubación con 98.16, 95.08 y 97.06% para cáscara de maracuyá, cáscara de plátano y semilla de maracuyá, en su orden.

Cuadro 4. Degradabilidad *in situ* de la materia inorgánica de los residuos agriindustriales de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa AAB*)

Incubación Ruminal (horas)	Cáscara de Maracuyá	Cáscara de Plátano	Semilla de Maracuyá	EEM	CV	P<
0	79.16 b	87.59 a	78.65 b	0.87	3.19	0.023
3	80.64 b	90.68 a	83.50 b	0.8	2.85	0.016
6	82.98 c	93.47 a	89.10 b	0.47	1.61	0.002
12	90.09 a	94.35 a	92.66 a	1.06	3.44	0.354
24	95.92 a	94.58 a	93.92 a	0.53	1.67	0.384
48	97.25 a	94.74 a	94.46 a	0.49	1.47	0.128
72	98.16 a	95.08 b	97.06 ab	0.23	0.73	0.015

EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p>0.05$)

Conclusiones

En la composición química, los subproductos de maracujá, presentaron los valores más altos de materia orgánica, proteína bruta y fibra detergente neutra, además menor contenido de fibra detergente ácida. En la degradabilidad *in situ* de la materia seca y materia orgánica los residuos de cáscara de plátano tuvieron la mayor tasa de degradación en todos los tiempos de incubación. Mientras, la degradabilidad *in situ* de la materia inorgánica fue para la cáscara de maracujá.

Bibliografía

- ANKOM Technology (2008). *In vitro* True Digestibility with DAISY II Incubator. ANKOM Technology, Macedon, NY.
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis (13ra ed.). Washington, EUA: Association of Official Analytical Chemists.
- Bandeira, A. (1995). Valor nutritivo do feno de resíduo agroindustrial do abacaxi (*Ananas comonus* L. Mer.) na alimentação de ovinos. Areia: Universidade Federal da Paraíba, 1995. 59p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal da Paraíba.
- Bártholo, F. (1994). Perdas e qualidade preocupam. Informe Agropecuario, Belo Horizonte, 17(179), 3.
- Bertipaglia, L., Alcalde, C., Siqueira, G., Melo, G. y Andrade, P. (2000). Degradación *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra emdetergente neutro de silagens de milho e do resíduo da extração do suco de maracujá Acta Scientiarum 22(3), 765-769.
- Bueno, MS., Biachini, D., Leinz, FF., Carvalho, CF., Ferrari, E. (2000). Polpa cítrica deshidratada como substituto do milho em dietas para caprinos em crescimento (Dehydrated citric pulp as corn replace in goats growing diets). In: Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, SBZ, Vicosa-MG, (37), 471.
- Ceballos, A., Noguera, R., Bolívar, D., & Posada, S. (2008). Comparación de las técnicas *in situ* de los sacos de nylon e *in vitro* (DaisyII) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. 20(108).
- Correia, M., Costa, R., Silva, J., Carvalho, F. y Medeiros, A. (2006). Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(4, Suppl.), 1822-1828.
- Gallardo, M., & Gaggiotti, M. (2004). Examen a los índices: Diagnóstico de la calidad los forrajes conservados y cómo interpretar los análisis. Sitio Argentino de Producción Animal, 1-3.
- Lousada, JE., Correia da Costa, JM., Miranda, JN. & Rodriguez, NM. (2006). Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. Revista Ciência Agrônômica, 37(1). 70-76
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalf, J., & Morgan, C. (2006). Nutrición Animal (Sexta ed.). (R. Sanz, Trans.) Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Monçao, F., Reis, S., Rigueira, J., Sales, E., Antunes, A., Oliveira, E., & Carvalho, Z. (2014). Degradabilidade ruminal da matéria seca e da FND da casca de banana tratada com cal virgem. Revista de Ciências Agrárias, 37(1), 42-49.
- Orskov, E., & Deb Hovell, F. M. (1980). Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical 5: 213-233. Producción Animal tropical, 5, 213-233.
- SAS. Versión 9.0. (2004). User's guide. Cary, Estados Unidos.
- Togashi, C., Fonseca, J., Soares, R., Gaspar, A., & Detmanm, E. (2007). Composição em ácidos graxos dos tecidos de frangos de corte alimentados com subprodutos de maracujá. Revista Brasileira de Zootecnia, 36(6), 2063-2068.
- Shimada, A. (2003). Nutrición Animal (Primera ed.). México: Trillas, S.A.
- Yépez, S., Naranjo, L. y Sánchez, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales frutas en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional Agraria Medellín 61(1), 4422-4431.