

Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana

Effect of ensiling on chemical composition and rumen degradability of apple pomace

RENE ANRIQUE G.¹, Ing. Agr. Ph.D; MARIA PAZ VIVEROS²

¹ Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

² Tesista, Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias.

SUMMARY

The effect of ensiling on the degradation dynamics of dry matter (DM) and chemical composition of apple pomace was evaluated. Rumen degradability was determined *in situ* by the nylon bag technique at 2, 6, 12, 24 and 36 hrs fermentation with 6 replicates per time and apple pomace type. Ensiling increased the relative contents of DM, crude protein (CP), crude fiber (CF) and acid detergent fiber (ADF) (43.7, 13.0, 14.3 and 18.4% respectively) and reduced the metabolizable energy content (4.9%). Degradability was greater in fresh compared to ensiled apple pomace ($p < 0.05$), however, the advantage decreased from 26% at 2 hrs to 3.3% at 36 hrs fermentation (84.9 vs 82.2 %), 93-95% of the potential degradability was obtained at 36 hrs fermentation.

Values for soluble, slowly degradable and undegradable fractions of fresh and ensiled pomace, respectively were: 26.5 and 13.8%; 62.3 and 75.7%; 11.2 and 10.5%; potential degradability and degradation rates were: 88.8 and 89.5%; 0.076 and 0.065 hr⁻¹, respectively. In ensiled pomace the insoluble fraction contributed more to DM degraded at 36 hrs (73.4 vs 92.1%) suggesting a greater fiber degradability and a more uniform degradation pattern with time. Due to its higher fiber and insoluble fraction content, effective degradability was lower in ensiled apple pomace.

Palabras clave: Pomasa de manzana, ensilaje, degradabilidad, composición química.

Key words: Apple pomace, silage, degradability, chemical composition.

INTRODUCCION

La pomasa de manzana es un subproducto del procesamiento del fruto para extracción de jugo e incluye cáscaras, semillas, restos fibrosos de pulpa y jugo agotado pobre en azúcares, generándose a razón de 15-19 kg/100 kg de manzana. La pomasa es pobre en proteína, siendo la energía su principal aporte, proveniente de un contenido importante de fibra digestible y de carbohidratos solubles, y se considera un recurso altamente palatable para bovinos. De las 32.034 hárs plantadas a nivel nacional, en el año 2000

se produjeron 1.080.000 ton. de manzanas, de las cuales 330.000 ton. (31%) se destinaron a industrialización para jugo, generando aproximadamente 50-60 mil toneladas de pomasa, con una disponibilidad marcadamente estacional, que obliga a recurrir al ensilado para ampliar el período de uso (Manterola y col., 1999).

Los componentes más variables de la pomasa son la materia seca (MS, 14-26%), la fibra cruda (FC, 14-23% base MS) y la proteína cruda (PC, 4-8% base MS), variación influida por el tipo de manzana, su estado de madurez y diferencias en el procesamiento (Hardy, 1992). Este autor encontró que a pesar del bajo pH inicial de la pomasa fresca, el ensilado

permite una acidificación adicional con formación de ácido láctico y alcoholes, asociado a incrementos en PC y FC del orden de 20% y 30%, respectivamente, y a una reducción del contenido de energía metabolizable (EM, 14%), explicable principalmente por una concentración de la fibra y por la pérdida de nutrientes solubles en los líquidos escurridos. La pomasa es un producto resistente a la descomposición aeróbica, que se atribuye a un pH bajo y estable, y a una consistencia pastosa que limita el ingreso de aire, situación que se acentúa con el ensilado. Esto representa una ventaja en la conservación, ya que un llenado lento, que es frecuente debido a entrega de volúmenes limitados por las plantas en período de elaboración, no tendría efectos negativos (Anrique, 1992).

La degradabilidad potencial de la pomasa fresca en el rumen es elevada (Valderrama, 1993; Gasa y col., 1988), sin embargo, la degradabilidad efectiva, que es dependiente de la tasa de pasaje, puede disminuir entre 16 y 40% debido al escape de partículas parcialmente fermentadas. Los cambios de composición que experimenta la pomasa al ser ensilada, particularmente el aumento de fibra, debiera influir en una menor degradabilidad y también debiera reflejarse en cambios en la dinámica fermentativa, información que es necesaria para orientar un eficiente uso de estos recursos que han sido poco estudiados desde esta perspectiva.

El presente estudio se diseñó con el objetivo de evaluar el efecto del proceso de ensilado en la composición química y la dinámica degradativa ruminal de la pomasa de manzana.

MATERIAL Y METODOS

Se ensilaron aproximadamente 27 toneladas de pomasa de manzana en forma directa, sin uso de aditivos, para realizar la presente investigación, además de un estudio paralelo en producción de leche. Se utilizó una estructura con paredes de madera y piso de tierra, revistiéndose con plástico el piso y paredes; luego de finalizar el llenado, se selló también la superficie y se dispusieron dos termocuplas para registrar la evolución de la temperatura de fermentación.

Una muestra representativa de la pomasa fresca se mantuvo congelada, hasta la obtención de la muestra de ensilaje, luego de transcurridos 45 días. La degradabilidad ruminal se determinó por el método *in situ*, de acuerdo con la metodología descrita por Orskov y MacDonald (1979). Ambas pomasa se evaluaron en tres series de determinaciones sucesivas, con cinco tiempos de fermentación (2, 6, 12, 24 y 36 horas) y dos repeticiones por serie, totalizando seis repeticiones por horario y tipo de pomasa. Para las incubaciones se utilizó una vaca adulta con fístula ruminal que fue alimentada con una ración mixta de ensilaje-concentrado a nivel de mantención. Se prepararon muestras compuestas de ambas pomasa, a partir de tres submuestras de cada una. El análisis proximal se determinó según Cundiff (1995), la fibra detergente ácido (FDA) según Van Soest y col. (1991) y la EM se estimó por regresión a partir del valor D (materia orgánica digestible/MS x 100) determinado *in vitro* según la ecuación $EM = 0.0325 D\% + 0.279$ (Garrido y Mann, 1981) y el ácido láctico se determinó en jugo del ensilaje (Jackson y col., 1985). Se emplearon bolsas de poliéster de porosidad controlada (40-60 μm) de 9x14 cm (Nocek, 1988; Orskov y col., 1980). Las bolsas (Ankom, Turk Hill, N.Y., USA) fueron modificadas con doble costura, dejando los bordes redondeados y sellando todo el contorno con producto sintético a base de silicona. Se incorporaron 4 g de muestra por bolsita, para lograr una relación de 16 mg/cm²; el tamaño de partícula de la pomasa, previamente secada a 60 C por 48 horas, se homogenizó en molino de martillo con criba de 5 mm. Las bolsas con las muestras se incorporaron al rumen, previamente remojadas en agua tibia, fijadas a un tubo flexible de plástico de 0.7 mm de diámetro y aproximadamente 50 cm de largo, en un máximo de 8 bolsas por tubo. Cada tubo llevaba internamente un cordón de nylon que lo sobrepasaba en 50-60 cm y que por el extremo libre se fijaba a la cánula para favorecer la movilidad en el rumen. A cada tubo se le incorporó una bolsa similar a las experimentales, con un lastre para favorecer la inmersión en el saco ventral del rumen. Siempre se cauteló que

la bolsa más externa se ubicara a más de 30 cm de la cara interna de la cánula. La incorporación de las bolsas se efectuó en orden inverso al tiempo de incubación y se extrajeron todas al mismo tiempo. Luego de la extracción, sin separarlas del tubo, se procedió a un lavado por 5 min en agua fría en un recipiente de 30 litros con agitación suave hasta que el agua saliera limpia. Luego de dejarlas escurrir, se secaron a 60° C por 48 horas para calcular la MS degradada por diferencia respecto del peso inicial (Valderrama, 1993).

Se determinó la dinámica degradativa por el siguiente modelo (Orskov y McDonald, 1979):

$$p = a + b(1 - e^{-ct}), \text{ donde:}$$

- p = % de degradación de la MS a tiempo t
- a = fracción soluble o rápidamente degradable
- b = fracción lentamente degradable en el tiempo t
- c = constante de degradación de "b"
- t = tiempo de incubación.

La degradación efectiva, que corresponde a la degradación potencial (a + b) ajustada por efecto de la tasa de pasaje (k), se calculó por la relación $P = a + (b \cdot c / c + k)$ para valores de "k" de 2, 5, y 8 %/h, correspondientes a mantención y niveles productivos moderado y alto, respectivamente (ARC, 1984).

Para la comparación de ambas pomasa (fresca y ensilada) se desarrolló un experimento bifactorial con arreglo combinatorio y distribución al azar de 2 x 5 (tipo de pomasa x tiempo de incubación) de acuerdo al siguiente modelo:

- $Y_{ijk} = u + p_i + t_j + (p \times t)_{ij} + e_{ijk}$, donde:
- Y_{ijk} = degradabilidad de la MS
- u = media poblacional
- p_i = efecto de tratamiento
- t_j = efecto del tiempo de fermentación
- $(p \times t)_{ij}$ = interacción tratamiento x tiempo de fermentación
- e_{ijk} = error experimental

RESULTADOS

Composición química. Como se aprecia en el cuadro 1, el ensilado de la pomasa produjo un aumento en la concentración de MS, PC, FC y FDA respecto de la pomasa no ensilada de 43.7, 13.0, 14.3 y 18.4% respectivamente, y una disminución en el contenido de EM de 4.9%. A pesar de que el pH inicial fue bajo, se produjo una intensa fermentación durante la primera semana, que provocó un descenso del pH, coincidiendo con producción de ácido láctico.

CUADRO 1. Composición química de la pomasa fresca y ensilada.
Chemical composition of fresh and ensiled apple pomace.

Componente		Pomasa Fresca	Pomasa Ensilada
Base al cual			
Materia seca	%	9.7	13.9
pH		4.0	3.4
Acido láctico	g/kg		10.1
Base Materia Seca			
Proteína cruda	%	6.2	7.0
Fibra cruda	%	28.7	32.8
Fibra detergente ácido	%	40.4	47.9
Energía mtabolizable	Mcal/kg	2.65	2.52
Cenizas totales	%	2.2	1.4

Degradabilidad ruminal. La degradabilidad de la MS, así como la observada en los distintos horarios (cuadro 2), fue mayor en pomasa fresca que en pomasa ensilada ($p > 0.05$), aunque esta ventaja que fue de 26% a las 2 horas, se redujo a sólo 3.3% a las 36 horas.

La aplicación del modelo de Orskov y Mac Donald (1979) a los valores de degradabilidad observados demostró un alto grado de ajuste ($r^2=0.95-0.97$); los parámetros de ajuste al modelo indican que hubo, para las fracciones soluble (a), lentamente degradable (b) y no degradable (C) y para (c) la constante de degradación de "b", un claro efecto del ensilado en el comportamiento degradativo. Comparativamente, la pomasa ensilada tuvo una menor fracción soluble, mayor fracción lentamente degradable y similar fracción no degradable (cuadro 3; figura 1). En pomasa fresca y ensilada, respectivamente, la fracción

lentamente degradable explicó un 70.1% y 84.5% de la degradación potencial y 73.4% y 92.1% de la degradación a las 36 horas.

La degradabilidad potencial (a + b) alcanzó niveles cercanos al 89% en ambos tipos de pomasa, siendo la degradabilidad a las 36 horas ligeramente inferior. La constante de degradación (c) de la fracción "b", fue mayor en pomasa fresca. La degradación efectiva, que refleja la reducción de la degradabilidad potencial por efecto de la tasa de pasaje, muestra un efecto más marcado en la pomasa ensilada (figura 3).

DISCUSION

Composición química. Con la excepción del contenido de MS, que fue más bajo de lo normal, la composición base seca de la pomasa estudiada se encuentra dentro de los rangos esperados para

CUADRO 2. Degradabilidad de la materia seca observada en diferentes tiempos de fermentación.
Dry matter degradability observed at different fermentation times.

	Tiempo de fermentación (hr)					Promedio
	2	6	12	24	36	
P. Fresca	36.7 a	47.0 a	63.9 a	81.7 a	84.7 a	62.5 a
P. Ensilada	27.0 b	30.9 b	56.8 b	78.1 b	79.2 b	54.3 b
Promedios	31.8	38.9	60.4	79.9	81.1	

Letras diferentes en sentido vertical indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

CUADRO 3. Parámetros de degradación de la materia seca de pomasa fresca y ensilada.
Degradability parameters of fresh and ensiled apple pomace.

			Pomasa Fresca	Pomasa Ensilada
Fracción soluble	a	%	26.5	13.8
Fracción lentamente degr.	b	%	62.3	75.7
Fracción no degradable	C	%	11.2	10.5
Degradabilidad a las 36 h	p 36 h	%	84.9	82.2
Degradabilidad potencial	a+b	%	88.8	89.5
Constante de degradación	c	(hr ⁻¹)	0.076	0.065
Degrad. efectiva (P, %/h)	k=0,02 ⁻¹	%	75.9	71.9
	k=0,05 ⁻¹	%	64.1	56.6
	k=0,08 ⁻¹	%	56.9	47.7

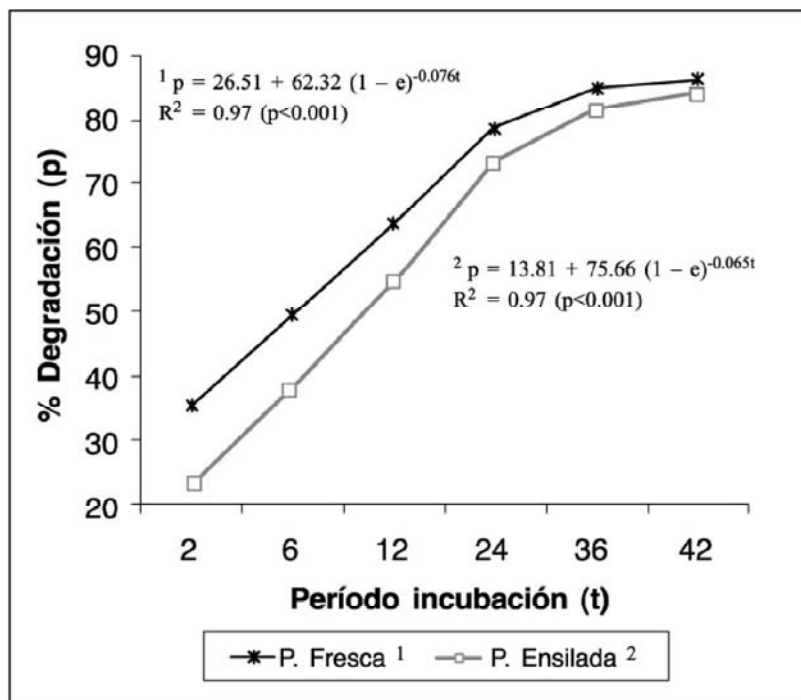


FIGURA 1. Degradación *in situ* de la materia seca de pomasa fresca y ensilada.
In situ degradation of dry matter of fresh and ensiled apple pomace.

PC (5.8–8.0%), FC (17–28%) y FDA (40–44%), de acuerdo a Hardy (1993). El bajo pH del producto fresco, es coincidente con lo encontrado en otros estudios, que citan niveles similares e incluso inferiores (Hardy, 1992; Valderrama, 1993; Jewell y Cummings, 1983; NAS, 1983). El bajo pH, en general, es atribuible a un contenido normal de ácidos orgánicos del producto, influido por el tipo de manzana, y además a la formación de ácido láctico, que si bien no es constituyente de la manzana, se produce por fermentación durante el período entre la producción y el ensilado de la pomasa. Esta condición química protege de la proliferación de bacterias indeseables, principalmente del género clostridium, e inhibe la respiración. Si se suma a la situación descrita, la riqueza de sustrato fermentable y la consistencia pastosa de la pomasa que limita el ingreso de aire aunque el producto esté expuesto, se dan óptimas condiciones para una fermentación anaeróbica.

Al monitorear el proceso fermentativo de la pomasa, se detectó un aumento de temperatura que alcanzó un máximo al término de la primera semana, y del contenido de ácido láctico que alcanzó 11.3 g/kg. Posteriormente se mantuvo alrededor de este nivel hasta la tercera semana, para luego descender levemente al nivel indicado en el cuadro 1 (10 g/kg), lo que sería explicable por una leve fermentación secundaria del ácido láctico a ácidos orgánicos más débiles favorecida por el alto contenido de humedad de la pomasa. (McDonald, 1981).

Los mayores contenidos de MS, PC, FC y FDA de la pomasa ensilada son similares a los observados en otros estudios y son concordantes con la respuesta observada al ensilar forrajes, especialmente si no han sido premarchitados. La reducción experimentada en la EM, es concordante con los cambios en la composición, descritos, siendo destacable que la magnitud de ésta (5%) es baja si se considera el notorio aumento de la FDA (18%). Esta respuesta se

puede atribuir a una alta digestibilidad de la fibra de la pomasa, que supera el 65% (NAS, 1983), citándose valores superiores a 80% (Alibes y col., 1984; Egaña, 1988).

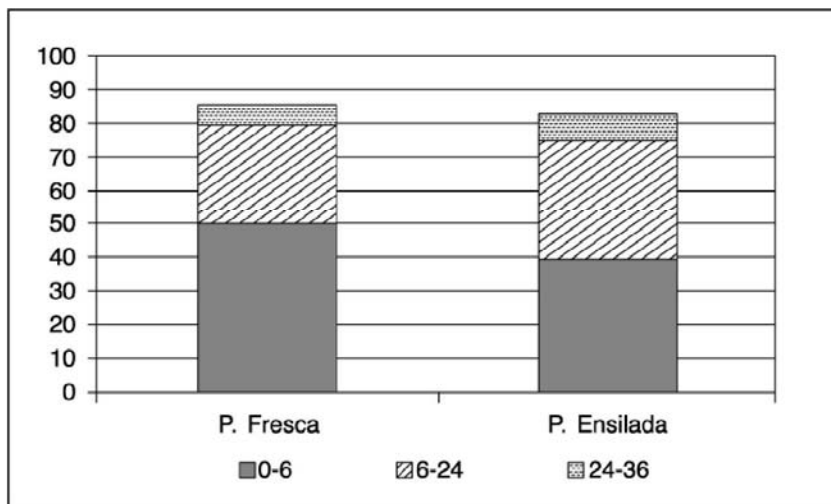
Degradabilidad ruminal. La degradabilidad de la MS de ambos recursos (cuadro 2) se puede considerar alta y comparable a la reportada por Anrique y col. (1992) y Valderrama (1993). Es destacable que 96% y 92% de la degradabilidad potencial de la pomasa fresca y ensilada, respectivamente, se obtuvo a las 36 h de fermentación, lo cual demuestra la existencia de componentes altamente digestibles en ambos recursos, siendo escasa la contribución de períodos de fermentación más prolongados. Niveles inferiores de degradabilidad, cercanos a 84%, se han encontrado al suministrar altos niveles de pomasa (Gasa y col., 1988), que los autores asocian con una disminución del pH ruminal producido por la pomasa atribuible a una menor actividad celulolítica.

Manterola y col. (1999) encontraron niveles de degradabilidad ruminal sensiblemente más bajos (MS <50% y PC <30%, respectivamente) que no son concordantes con los niveles esperados. Si se considera que la composición de la pomasa empleada por Manterola y col. (1999), (PC 6%; EM 2,4 Mcal/kg MS) fue la de un producto de buena calidad, y que los niveles de degradabilidad citados son inferiores a la digestibilidad de la fibra (65-80%), referida anteriormente, los resultados encontrados por Manterola y col. (1999) no se deben considerar representativos. Sin embargo, los patrones de respuesta observados para la degradabilidad por Manterola y col. (1999), tanto de la ración base como de la pomasa a niveles crecientes de inclusión en dietas de novillos son concordantes con otros estudios, apreciándose que al aumentar el nivel de pomasa de 40 a 80%, la degradabilidad de la ración base tendió a bajar sin que se afecte la degradabilidad de la pomasa, que tendió a aumentar en los niveles de suplementación más altos. Estos resultados, coincidentes con Gasa y col. (1988), aconsejan que al utilizar pomasa de manzana se debe cautelar el nivel de suministro, la frecuencia de

alimentación o el mezclado de alimentos para evitar descensos de pH que afecten negativamente la fermentación celulolítica ruminal y el aprovechamiento de la ración total.

La fracción soluble o rápidamente degradable (a) de la pomasa fresca, fue mayor que en pomasa ensilada y muy similar al nivel de 26% reportado por Valderrama (1993), siendo también concordante con contenido de carbohidratos no estructurales típico (>30%) que posee este recurso (Chase y Overton, 1999). En el ensilaje, el nivel de esta fracción se redujo prácticamente a la mitad (14%), lo cual se puede atribuir al arrastre de material soluble por lixiviación vía efluentes y al uso de carbohidratos solubles en la fermentación. El aumento de fracción insoluble, es también esperable ya que en el proceso de conservación, por las razones descritas, aumenta la concentración de la fibra lo cual condiciona un producto de degradación más lenta. Consecuentemente, la constante de degradación en pomasa ensilada (0.065 h^{-1}) fue un 14% inferior que en pomasa fresca (0.76 h^{-1}).

Una mejor perspectiva del efecto del ensilado en el comportamiento degradativo se tiene al comparar las proporciones de MS degradadas (a + b) en diferentes períodos de fermentación (figura 2). Se aprecia que en pomasa fresca, entre 0 y 6 horas de fermentación se degradó cerca del 49% de la MS total, en cambio, en pomasa ensilada sólo se degradó un 38% en el mismo lapso, diferencia que es explicable porque en pomasa fresca el contenido de fracción soluble fue más alto (cuadro 2). Sin embargo, pasadas las seis horas, la degradación fue mayor en la pomasa ensilada, lo cual sugiere que en este recurso la degradación de la MS, y en consecuencia la entrega de energía al rumen debió ser más regular en el tiempo, por una mayor degradación de la fracción insoluble (b), principalmente al avanzar el tiempo de fermentación, con la mayor diferencia respecto de la pomasa fresca en el período de 6-24 horas (figura 2). Dado el mayor contenido de fibra de este recurso, la respuesta observada sugiere que la fermentación debió ejercer cambios en la fibra que favorecieron una mayor degradación de la misma.



**FIGURA 2. Materia seca degradada (a + b) en diferentes períodos de fermentación (h).
Dry matter degraded (a + b) in different fermentation periods.**

Este patrón degradativo, es característico de recursos energéticos de degradación lenta, como la coseta de remolacha, rica en fibra digestible, o el grano de maíz, rico en almidón de degradación lenta, aunque el nivel de degradabilidad de estos recursos sea mayor. Al respecto, Valderrama (1993) encontró que en las primeras 6 horas de fermentación, se degradó sólo el 50% y 45% del total de la MS degradable de la coseta de remolacha y del grano de maíz, respectivamente.

El efecto depresor de la tasa de pasaje sobre la degradabilidad, que fue de mayor magnitud en pomasa ensilada (figura 3), es concordante con las diferencias de composición existentes entre ambos recursos. Respecto de la degradación potencial (a + b), la disminución experimentada a la mayor tasa de pasaje, correspondió a 36% en pomasa fresca y a 43% en pomasa ensilada. Este recurso posee una mayor proporción de MS insoluble, ligada a una mayor fibrosidad, por lo cual requiere de mayor tiempo de permanencia en el rumen para ser bien degradada. En general, el efecto depresor de la tasa de pasaje sobre la degradabilidad es menor en el caso de alimentos ricos en fracción soluble, normalmente de desaparición muy rápida, o que

poseen una fracción insoluble pequeña y rápidamente degradable; en ambos casos la permanencia requerida en el rumen es corta. Los alimentos más afectados por la tasa de pasaje son aquellos ricos en fracción insoluble, de mediana a lenta degradabilidad, como ocurre con la pomasa, siendo este efecto poco relevante en el caso de alimentos que poseen una baja degradabilidad intrínseca, ya que una mayor permanencia en el rumen tendrá poco efecto sobre la degradabilidad, como ocurre con varias fuentes proteicas de origen animal (Valderrama, 1993; Orskov, 1990).

Se concluye que el ensilado de la pomasa ejerce cambios significativos sobre la composición, que se traducen en una disminución de la fracción soluble aumentando el material insoluble y el contenido de fibra, lo que condiciona un comportamiento degradativo diferente comparado con la pomasa fresca. El producto fresco experimenta una mayor degradabilidad, principalmente en las primeras horas de fermentación, ventaja que se reduce con el tiempo para tornarse mínima al alcanzar la degradabilidad potencial. Esta mayor degradabilidad de la pomasa fresca también se asocia con una tasa de fermentación más rápida,

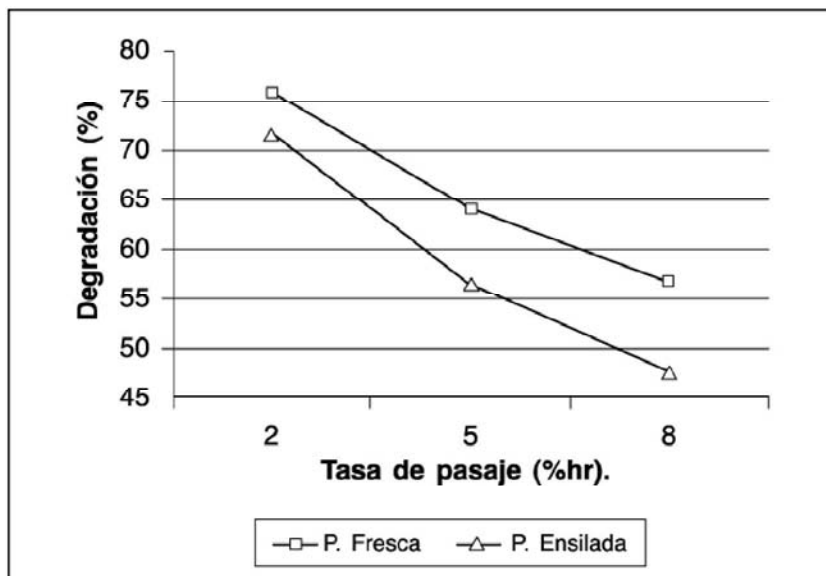


FIGURA 3. Degradabilidad efectiva de la MS de pomasa fresca y ensilada.
Effective degradability of DM in fresh and ensiled apple pomace.

y con menor efecto de la tasa de pasaje sobre la degradabilidad. Sin embargo, es interesante constatar que en la pomasa ensilada, la fracción insoluble, constituida principalmente por fibra, contribuyó más en el total de MS degradada que en la pomasa fresca y se degradó en mayor proporción, resultado que es interesante y sugiere un efecto positivo del ensilado sobre el aprovechamiento de la fibra de la pomasa. Por este motivo, la pomasa ensilada experimentó un patrón más uniforme de degradación y en consecuencia de entrega de energía al avanzar el tiempo de fermentación comparado con la pomasa fresca, resultados que son orientativos respecto de los recursos más apropiados para combinar con cada tipo de pomasa en función de optimizar el balance proteína-energía de la dieta.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del ensilado en la dinámica de degradación de la materia seca (MS) y composición química de pomasa de manzana fresca y ensilada. La degradabilidad ruminal se determinó por fermentación *in situ*, empleando

bolsas de nylon, a tiempos de fermentación de 2, 6, 12, 24 y 36 horas, con seis repeticiones por horario y por tipo de pomasa. El ensilado produjo un aumento del contenido relativo de MS, proteína cruda (PC), fibra cruda (FC) y fibra detergente ácido (FDA) (43.7, 13.0, 14.3 y 18.4% respectivamente) y una reducción del contenido de energía metabolizable (4.9%). La degradabilidad de la materia seca fue mayor en pomasa fresca que ensilada ($p < 0.05$) sin embargo, la ventaja que correspondió a 26% a las 2 horas luego se redujo a 3.3% a las 36 horas (84.9 y 82.2%). 93-95% de la degradabilidad potencial (a + b) se obtuvo a las 36 horas de fermentación. Los valores de la fracción soluble (a), lentamente degradable (b) y no degradable (C) de pomasa fresca y ensilada, respectivamente fueron: 26.5 y 13.8; 62.3 y 75.7, 11.2 y 10.5%; la degradabilidad potencial y la constante de degradación (c) para pomasa fresca y ensilada fueron respectivamente: 88.8 y 89.5%, 0.076 y 0.065 hr^{-1} . En pomasa ensilada la fracción insoluble contribuyó más al total de MS degradada a las 36 horas (73.4 vs 92.1%) sugiriendo una mayor degradabilidad de la fibra y un patrón degradativo más uniforme a través del tiempo.

Dado un mayor tenor de fibra y de fracción insoluble, la pomasa ensilada experimentó una menor degradabilidad efectiva.

BIBLIOGRAFIA

- ALIBES, X., F. MUÑOZ, S. RODRIGUEZ. 1984. Feeding value of apple pomace silage for sheep. *Animal Feed Science and Technology* 11: 189-197.
- ANRIQUE, R. 1992. Caracterización nutritiva y uso de algunos subproductos para la alimentación de rumiantes. Latrille (ed.). Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-16. 295-329.
- ANRIQUE, R., X. VALDERRAMA, D. ALOMAR. 1992. Dinámica de degradación de la proteína y fracción energética de alimentos para rumiantes. Proyecto Fondecyt. pp 90 – 101. (Informe final).
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). 1984. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal. England. 345 p.
- CUNDIFF, P. (ed.) 1995. Official methods of Analysis of AOAC-International. 16th ed. Arlington, Virginia 22201, USA.
- EGAÑA, J. 1988. Jornadas de postgrado en alimentación invernal del ganado bovino. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 292 p.
- CHASE, L. E., T. R. OVERTON. 1999. Alternative feeds for dairy rations. Dairy Nutrition Fact sheet. 99-01. Cornell University. September, 1999.
- GARRIDO, O., E. MANN. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. Tesis Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 63 p.
- GASA, J., CASTRILLO, C., L. GUADA. 1988. Valor nutritivo para los rumiantes de los principales subproductos de la industria conservera de hortalizas y frutas: pulpa de manzana. *Investigación Agrícola*. (Chile) 3: 93-108.
- HARDY, G. 1992. Fermentación anaeróbica y resistencia a la descomposición aeróbica de pomasa de manzana, bagazo de tomate y colillas de remolacha. Tesis, Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 70 p.
- JACKSON, E., C. FARRINGTON, J. HENDERSON. 1985. The analysis of agricultural materials. A manual of the analytical methods used by the agricultural development and advisory service. London, England. Her Majesty's Stationery office. 248 p.
- JEWELL, W., R. CUMMINGS. 1983. Apple pomace resource recovery-processed apples research report. N.Y., Cornell University 50:23-26.
- McDONALD, P. 1981. The biochemistry of silage. John Wiley, Chichester, U.K. 226 p.
- MANTEROLA, H., D. CERDA, J. MIRA, E. PORTE, L. SHIRAN, G. CASANOVA. 1999. Efecto de incluir pomasa de manzana ensilada sobre la degradabilidad de la materia seca y proteína bruta y sobre parámetros ruminales y sanguíneos. *Avances en Producción Animal* (ene-dic), pp. 31-39.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE (NAS). 1983. Atlas of nutritional uptake on United States and Canadian Feeds. Washington D.C. 75 p.
- NOCEK, J. E. 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.* 71: 2051-2069.
- ORSKOV, E. R., I. McDONALD. 1979. The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
- ORSKOV, E. R., F. D. HOVELL, F. MOULD. 1980. The use of the Nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Ani. Prod.* 5: 195-213.
- ORSKOV, E. R., M. RYLE. 1990. Energy Nutrition in ruminants. Elsevier Science Publishers. England. 149 p.
- VALDERRAMA, X. 1993. Dinámica de degradación ruminal de alimentos para rumiantes. Tesis Magíster en Ciencias, Mención Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 135 p.
- VAN SOEST, P. J., J. B. ROBERTSON, B. A. LEWIS. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

