

EVALUACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD DE DOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES ENSILADOS, BRÓCOLI (*Brassica oleracea*, var. *Italica*) Y ALCACHOFA (*Cynara scolymus*), EMPLEANDO TÉCNICAS “IN VITRO”

MENESES, M.¹; ANDRADE, H. M.^{1,2}; MEGÍAS, M.D.¹; HERNÁNDEZ RUIPEREZ, F.¹; MADRID, J.¹

¹ Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, C. P. 30071 Murcia (España).

² Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Fac. Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, (México)

RESUMEN

El objeto de este estudio fue evaluar la degradabilidad de la MS y de la FND de subproductos de la conserva ensilados, como complementos alimenticios en la dieta de pequeños rumiantes. Las materias primas evaluadas fueron, Brócoli (*Brassica oleracea*, var *italica*) y Alcachofa (*Cynara scolymus*), se analizaron mediante pruebas *in vitro* utilizando un incubador comercial (Daisy II ^{200/220} ANKOM, tomando como tiempo de degradación (0, 3, 6, 12, 24, 36, 48 y 72h), Posteriormente las muestras se digirieron en un analizador de fibra ANKOM ^{200/220}. La cinética de degradación de la MS y de la FND es descrita por la ecuación $p = a + b (1 - e^{-ct})$; y en aquellos casos en los que la fracción **a** era menor de 0 (periodo de retardo (t_0)) se aplicó la ecuación $p = b (1 - e^{-c(t-t_0)})$. En cuanto a la cinética de DMS presentó una R^2 de 0,9603 en brócoli y 0,9508 en alcachofa; en DFND se obtuvo una R^2 de 0,8687 y 0,9564 respectivamente. Los resultados obtenidos del análisis de varianza demostraron que la cinética de degradación de FND, NH_3 y producción de ácido láctico presentaron una interacción significativa ($P < 0,001$); por otro lado la cinética de degradación de MS y pH mostraron una interacción significativa ($P < 0,01$), en ambos casos entre tiempos de degradación y tipo de subproducto.

Palabras clave: Degradabilidad *in vitro*, Líquido ruminal, ensilado.

INTRODUCCIÓN

En el siglo pasado y principios de este; ha tenido gran relevancia la utilización de subproductos agrícolas y/o residuos agroindustriales en la alimentación animal a nivel mundial. El mantenimiento tradicional en la Comunidad Autónoma de Murcia de una importante cabaña ovina y caprina ha llevado a la utilización de estos subproductos en la alimentación de rumiantes. Diversos autores (Martínez *et al.*, 1998, Megías *et al.*, 1999 y Garcés, 1998), han estudiado los principios inmediatos de diferentes subproductos, y su posible incorporación en la dieta animal. En la Región de Murcia, la alcachofa ocupa un 40% de la producción nacional con 69.298 Tm (1985) y 92.075 Tm (1998); y la producción de brócoli pasó de 600 Tm en 1985 a 76.412 Tm en 1998; según AMOPA (2000). De ahí el interés en la evaluación nutritiva de estos subproductos, en especial de sus características degradativas en estudios *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron dos subproductos procedentes de la industria conservera murciana brócoli (*Brassica oleracea*, var. *Itálica*) y alcachofa (*Cynara scolymus*); el primer subproducto constituido por inflorescencias y tallos de la planta; y el segundo constituido básicamente de brácteas, hojas y tallos; Ambos subproductos fueron ensilados sin aditivos ni conservantes en bolsas de plástico de 30 Kg. Después de 24 días de ensilaje las bolsas fueron abiertas tomando muestras para realizar los análisis químico bromatológicos. Una porción de la muestra se conservó a -20° C para análisis futuros y otra parte fue secada en estufa a 60° C hasta peso constante. El molido se realizó en un molino de martillos (culatti), con una luz de malla de 1mm de diámetro. Los principios inmediatos se realizaron según los métodos de la A.O.A.C. (1984), y los componentes celulares según Van Soest *et al.*, 1991, utilizando una versión simplificada del procedimiento ANKOM con bolsas de poliéster (PBT) por duplicado. La degradabilidad de la fibra neutro detergente (DFND) y de la materia seca (DMS) *in vitro* fue realizada en un incubador comercial (Daisy I^{200/220}), incubando a 39° C, bajo condiciones de anaerobiosis y agitación continua durante 72 h, tomando muestras a las 0, 3, 6, 12, 24, 36 48 y 72h.

La producción de ácido láctico, amoniaco y evolución del pH, se obtuvo mediante la incubación de las muestras *in vitro* con líquido ruminal empleando viales de vidrio ambar (200 ml de capacidad), y 500mg de muestra de cada subproducto, incubados a 39° C y retirados a las 0, 3, 6,12, 24, 36, 48 y 72h de cultivo. El líquido ruminal provenía de dos cabras machos, adultos y castrados, alimentados con heno de alfalfa admimistrado *ad libitum*. Se realizó un análisis de varianza. Se ha utilizado el modelo propuesto por Orskov y McDonald, (1979), para la interpretación de las cinéticas de DFND y DMS.

$$P = a + b (1 - e^{-ct})$$

En donde: **P**) Degradabilidad de la materia seca o fibra neutro detergente, **a**) Fracción inmediatamente soluble, **b**) Fracción insoluble potencialmente degradable **c**) Velocidad de degradación de la fracción b.

En nuestra experiencia obtuvimos valores que no tienen sentido biológico y que no pueden ser descritas por la ecuación anterior; para este caso, cuando las constantes obtenidas (valores negativos o b mayores de 100), entonces se utilizó la ecuación descrita por McDonald (1981):

$$P = b (1 - e^{-c(t-t_0)})$$

Siendo en este caso: $a = 0$ (cero) y t_0 el tiempo de retardo ó tiempo que tarda en iniciarse la degradación de la fracción b.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la calidad químico nutricional de los ensilados de ambos subproductos agrícolas queda reflejada en la Tabla 1, donde el porcentaje de materia seca (%MS) del ensilado de alcachofa sufre una pérdida mínima después del ensilaje con valores de 16,59 a 14,7 %, el subproducto del brócoli no presenta cambios significativos de % MS, ya que inicia con 11,23 y 10,48% después del ensilaje. Respecto a la evolución del pH en el brócoli, este desciende de 7,01 a 4,52, característico de un buen ensilado (Watson y Smith, 1984); sin embargo, el subproducto de la alcachofa inicia con un valor de 6,63 y finaliza con 5,65; aunque no es un valor óptimo de un buen ensilaje para este contenido de MS. La producción de ácido láctico en ambos subproductos se encuentra dentro de los valores de referencia citados por Catchpoole y Henzell (1971). En cuanto al contenido de proteína destacar que el subproducto del brócoli tiene una alta cantidad de proteína bruta con valores de 36%, dos veces mayor que la proteína contenida en el subproducto de alcachofa 14,14%.

Tabla 1. Análisis químico nutricional y fermentativo del ensilado de Alcachofa y Brócoli.

ANALISIS	Alcachofa Día 0	Alcachofa Día 24	Brócoli Día 0	Brócoli Día 24
Temperatura	21° C	21,5° C	20,1	21,5
pH	6,63	5,65	7,01	4,52
Ácido láctico (%)	0,00	4,75	0,18	9,32
Amoníaco (%)	0,008	0,37	0,03	0,01
Materia seca (%)	16,59	14,70	11,23	10,48
Materia Orgánica (%)	94,31	92,61	93,68	92,91
Ceniza (%)	5,69	7,39	6,32	7,09
Grasa (%)	2,08	1,88	3,08	4,75
Proteína (%)	11,51	14,14	31,13	36,06
FND (%)	43,09	58,73	20,18	36,76
FAD (%)	31,12	40,59	13,05	20,62
Lignina (%)	10,83	6,51	1,81	4,24
Hemicelulosa (%)	11,96	18,14	7,36	16,13
Celulosa (%)	20,65	34,08	11,24	16,38

La Tabla 2 muestra la degradabilidad de la MS, FND, y la evolución de pH, NH_3 y ácido láctico evaluados hasta 72 h de incubación por duplicado. Del análisis de varianza, destacar que tanto la DFND, NH_3 , y producción de ácido láctico existen diferencias significativas ($p < 0,001$), entre el tipo de subproducto, tiempo e interacción de ambos. En el caso de la DMS existe diferencia significativa ($p < 0,001$) entre tipo de subproducto y tiempo

de cada uno, sin embargo la interacción proporciona una ($p < 0,01$). Por último, valores de pH entre tipo de subproductos no son significativos ($p > 0,05$), sin embargo el factor tiempo es significativo con un valor ($p < 0,001$) y la interacción de ambos proporciona un valor ($p < 0,01$).

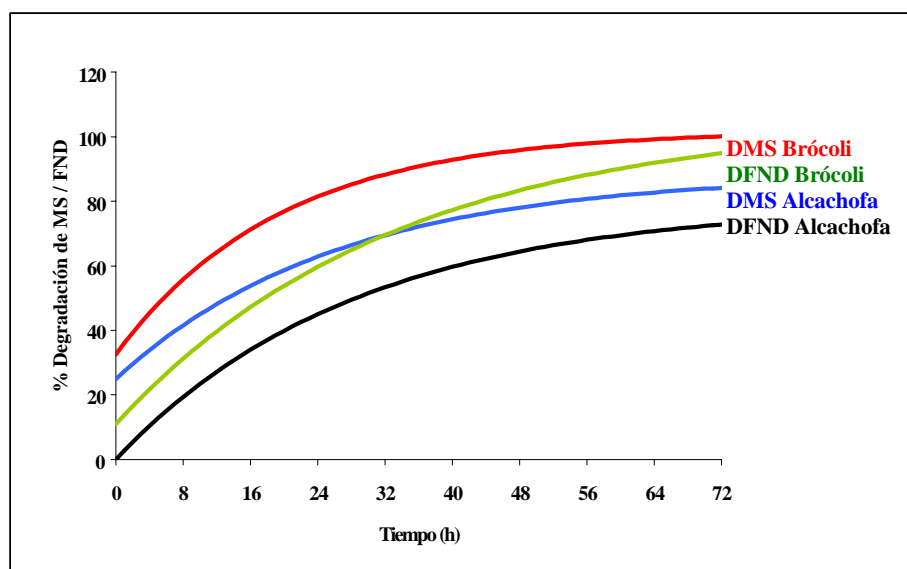
Tabla 2. Cinética de digestión y análisis de varianza (bifactorial) de los subproductos del brócoli y alcachofa.

	Tiempo (h)										Análisis Bifactorial			
	0	3	6	12	24	36	48	72	NS	SE	A	B	AxB	SE
Brócoli														
DMS (%)	37,33 ^a	41,30 ^{ab}	47,01 ^b	58,82 ^c	88,57 ^d	94,53 ^e	95,68 ^e	96,77 ^e	***	0,62	***	***	**	0,40
DFND (%)	25,10 ^{ab}	19,60 ^a	18,64 ^a	30,08 ^b	84,52 ^c	91,54 ^{cd}	90,17 ^d	93,70 ^d	***	0,75	***	***	***	0,46
pH	6,77 ^e	6,66 ^d	6,58 ^{ab}	6,64 ^{cd}	6,57 ^{ab}	6,60 ^{bc}	6,53 ^a	6,54 ^a	***	0,00	ns	***	**	0,00
NH ₃ (mg/100ml)	7,65 ^a	11,64 ^{ab}	16,47 ^b	14,05 ^{ab}	16,48 ^b	24,79 ^c	25,79 ^c	42,90 ^d	***	0,81	***	***	***	0,43
Ác. Láctico (?l/ml)	577,42 ^e	408,39 ^c	483,6 ^d	372,44 ^b	8,23 ^a	7,87 ^a	8,08 ^a	7,58 ^a	***	1,95	***	***	***	1,02
Alcachofa														
DMS (%)	31,57 ^a	29,05 ^a	31,30 ^a	47,14 ^b	68,83 ^c	71,78 ^c	80,93 ^d	82,12 ^d	***	0,51	A= Tipo subproducto			
DFND (%)	-0,08 ^a	-1,17 ^a	-0,46 ^a	20,11 ^b	50,21 ^c	57,52 ^d	67,35 ^e	69,57 ^e	***	0,54	B= Tiempo			
pH	6,72 ^d	6,71 ^{cd}	6,66 ^c	6,71 ^{cd}	6,54 ^b	6,48 ^{ab}	6,47 ^{ab}	6,41 ^a	***	0,01	AxB= Interacción			
NH ₃ (mg/100ml)	7,80 ^{bc}	10,15 ^{cd}	9,84 ^{cd}	10,84 ^d	7,16 ^{ab}	5,00 ^a	9,50 ^{abcd}	11,91 ^d	**	0,28				
Ác. Láctico (?l/ml)	232,32 ^e	146,64 ^d	83,72 ^c	9,87 ^a	8,68 ^a	15,36 ^b	12,92 ^{ab}	11,96 ^{ab}	***	0,58				

NS (Nivel de significación): *** ($P < 0,001$); ** ($P < 0,01$); ns ($P > 0,05$)

La Figura 1, muestra la degradabilidad de la MS y FND de los subproductos valorados, según el modelo de Orskov y McDonald, (1979). La ecuación de DMS de brócoli fue $32,54 + 69,30 (1 - e^{-0,051 t})$, presentando una R^2 de 0,9603; para el subproducto de la alcachofa $24,93 + 63,64 (1 - e^{-0,038 t})$ y una R^2 de 0,9508. La degradabilidad potencial (a+b) fue 101,84 y 88,57 respectivamente. En cuanto a la DFND del brócoli se encontró la ecuación que no tiene sentido biológico $P = b (1 - e^{-c(t-t_0)})$; sustituyendo la degradabilidad potencial de a + b por el valor de (c), quedando la ecuación de la siguiente forma: $11,01 + 94,81 (1 - e^{-0,03 t})$, con una R^2 de 0,8687. Para alcachofa la ecuación fue $79,16 (1 - e^{-0,035 (t-t_0)})$ y una R^2 de 0,9564. Estos resultados muestran una mayor velocidad de degradabilidad en el subproducto de la alcachofa que en el subproducto del brócoli. Sin embargo la degradabilidad es más acusada en el subproducto del brócoli.

Figura 1. Degradabilidad de la MS y FND de los subproductos de brócoli y alcachofa.



AGRADECIMIENTOS

- ? Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), por el otorgamiento de beca para estudios doctorales del 1er autor, con número de registro 94669/122276.
- ? Al la Facultad de Ciencias Naturales, y la Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootécnia de la Universidad Autónoma de Querétaro (México), por el otorgamiento de beca para estudios doctorales del 2do autor

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMOPA (2000). Estudio General de la estructura y balance agronómico y económico de las explotaciones agrícolas de la Región de Murcia. 597pp.
- A. O. A. C. (1984). Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists, 15th edn, 1141 pp. Washington, DC (USA).
- CATCHPOOLE, V. R Y HENZELL, E. F. (1971). Silage and silage-marking from tropical herbage species. *Herb. Abs.* 41 (3), 213 –221.
- GARCÉS, N. C. (1998). Un estudio sobre la utilización de subproductos agrícolas y agroindustriales Valencianos para la alimentación animal. *Tesis Doctoral*. Departamento de Ciencia Animal. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- MARTÍNEZ TERUEL, A; MADRID SÁNCHEZ, J; MEGÍAS RIVAS, M. D; GALLEGO BARRERA, J.A; ROUCO YÁNEZ, A (1998). Uso de forrajes y subproductos en las explotaciones de vacuno de leche de la región de Murcia. *Arch. Zootec*, (44), 33 - 42.
- McDONALD, I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*, (96), 251 –252.
- MEGÍAS RIVAS, M. D; MADRID SÁNCHEZ, J; MENESES MAYO, M; MARTÍNEZ TERUEL, A Y HERNÁNDEZ RUIPÉREZ, F. (1999). Estudio de la calidad

- fermentativa del ensilado de dos subproductos del brócoli (*Brassica oleracea*, var. *Itálica*). Producción ovina y caprina No XXIV. SEOC. 243 – 245. Soria (España).
- ORSKOV, E. R Y McDONALD, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*, (92), 499 – 503.
- VAN SOEST, P. J; ROBERTSON, J. B AND LEWIS, B. A. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* (74), 3583 – 3597.
- WATSON, J. S Y SMITH, M. A. (1984). El ensilaje, Novena impresión. *Editorial Continental, S. A. de C. V.* México.

EVALUATION OF THE DEGRADABILITY OF TWO BY- PRODUCTS SILAGES FROM CANNING INDUSTRY BROCOLI (*Brassica oleracea*, var. *Itálica*) AND ARTICHOKE (*Cynara scolymus*) USING *IN VITRO* TECHNIQUES.

SUMMARY

The object of this study was to evaluate the behavior of degradability of by-product silages from canning industry, as nutritional complements in the diet of small ruminants. The raw materials brocoli (*Brassica oleracea*, *italic var*), and artichoke (*Cynara scolymus*) were analyzed by in vitro test using a commercial incubator (Daisy II ^{200/220} ANKOM). With the degradation time (0,3,6,12,24,36,48 and 72h).The samples were digested in a fiber analyzer ANKOM ^{200/220}; the kinetics were described by the equation $p = a + b (1 - e^{-ct})$; in those cases in which it gave a negative coefficient had determined the period of retardation (lag time), by the equation $p = b (1 - e^{-c(t-t_0)})$; the DMD the R² were 0.9603 for brocoli and 0.9508 for artichoke. 0.8687 and 0.9564 were the R² for NDFD respectively. Bifactorial analysis the results demonstrated that the kinetic of degradation of NDFD, NH₃ a lactic acid production had a significant interaction (p<0.001); on the other hand kinetic of degradation of DMD and pH showed a significant interaction (p<0.01), between times of degradation and type of by-product for both.

key words: in vitro degradability, ruminal, goat liquid, stored in silage.