

L
L320
1953
9410

ACIDO FORMICO COMO ADITIVO EN ENSILAJE
DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.)
Y NIVELES DE CONCENTRADO PARA LA
PRODUCCION DE LECHE. I. CONSERVACION
DEL FORRAJE

Patricio Yanés F. ^{1/} y Claudio Wernli K. ^{2/}

Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Estación Experimental La Platina, Casilla 5427
Santiago, Chile.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la aplicación de ácido fórmico (90%) al 0,5% en la materia verde de alfalfa cosechada al estado de pre-botón, sobre las características del proceso de fermentación y las pérdidas de forraje.

La adición de ácido fórmico resultó en una mayor concentración de carbohidratos no estructurales y en menores niveles de nitrógeno amoniacal y ácidos totales, en comparación con el ensilaje sin aditivo. Esto implica un efecto inhibitorio del ácido fórmico sobre la fermentación del material ensilado. La agregación de ácido fórmico mejoró la fermentación del forraje, resultando un menor pH y mayor contenido de ácido láctico como porcentaje del total de ácidos.

En el ensilaje tratado con ácido fórmico, las pérdidas de materia seca por concepto de respiración-fermentación y las pérdidas totales de materia seca fueron menores en 31,7 y 29,0%, respectivamente, en comparación al ensilaje testigo. Las pérdidas putrefactivas fueron similares en ambos silos.

SUMMARY

This investigation studied the effect of adding 0.5% formic acid in the fresh weight of lucerne harvested at the pre-bud stage and ensiled in bunker silos upon the characteristics of the fermentation process and forage losses.

The addition of formic acid gave rise to higher concentration of non-structural carbohydrates and lower levels of ammonia nitrogen and total acids than in the untreated silage. Consequently, formic acid inhibited forage fermentation. The acid-preserved silage had lower pH and higher concentration of lactic acid as a proportion of total acids compared to the control silage.

Losses of dry matter by respiration and fermentation, and total losses of dry matter in the acid-preserved silage were 31.7 and 29.0% lower than in the untreated silage, respectively. Losses by waste material were similar in both types of silage.

INTRODUCCION

La adición de ácido fórmico en cantidades de aproximadamente 0,5% sobre la materia verde en alfalfa ensilada ha resultado en menores temperaturas de fermentación y una mejor preservación y estabilidad del forraje ensilado, con respecto al ensilaje no tratado (Waldo *et al.*, 1969; Castle y Watson, 1970a; Wilkins y Wilson,

^{1/} Ing. Agr. Mg. Sci., Area de Ganadería y Producción Pratense, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. Posición actual: Investigador, Instituto de Investigaciones Agrícolas, México.

^{2/} Ing. Agr., Ph. D., Investigador, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor Area Ganadería y Producción Pratense, Universidad de Chile y Departamento de Producción Animal, Universidad Católica de Valparaíso.

1971). Con niveles de ácido fórmico crecientes entre 0,11 y 0,91^o/o sobre la materia verde se ha observado una correlación negativa entre el nivel de ácido aplicado y el contenido de ácidos orgánicos producto de la fermentación del forraje (Wilson y Wilkins, 1973). Esto revela una inhibición cada vez mayor en la fermentación del forraje, en la medida en que se eleva el nivel de ácido agregado.

Investigaciones realizadas en la zona sur del país (Emhart y Wernli, no publicado) revelan que la adición de 0,5^o/o de ácido fórmico en trébol rosado resultó en menores pérdidas totales de materia seca en el ensilaje cosechado al estado vegetativo. En cambio, trabajando con gramíneas, Henderson *et al.* (1972) encontraron que la adición de ácido fórmico resultó en mayores pérdidas putrefactivas y fermentativas en comparación al ensilaje testigo.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el uso de ácido fórmico como aditivo para ensilaje de alfalfa, analizando su efecto sobre la composición química del forraje ensilado, características del proceso de fermentación del forraje y pérdidas del material ensilado.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental "La Platina" del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), provincia de Santiago.

Entre el 28 y 31 de octubre de 1974 se cosechó aproximadamente 116 ton de alfalfa var. Ligüen, con un contenido de materia seca (MS) de 18,8^o/o y rendimiento al corte de 3,63 ton de MS por hectárea. El cultivo se encontraba en un 77^o/o al estado vegetativo y en un 23^o/o al estado de botón, y el porcentaje de maleza alcanzó a 7,5^o/o. El material cosechado fue pesado y descargado alternativamente por cargas de carro (coloso) en dos silos tipo canadiense con paredes de madera recubiertas con polietileno. Se colectó una muestra representativa de forraje de cada carga de carro para análisis químico. A uno de los silos se agregó en cada descarga 5 l de ácido fórmico 90^o/o (SINTEX) por tonelada de material verde ensilado. El ácido se diluyó en igual cantidad de agua y se aplicó con una regadera manual de jardín. Al otro silo se le agregó agua en igual cantidad que el ensilaje con aditivo. Ambos ensilajes se compactaron con

tractor y se cubrieron finalmente con carpa de polietileno y una capa de tierra de aproximadamente 20 centímetros. Ambos silos se abrieron al cabo de 7 meses y hasta su completa utilización se procedió a medir las pérdidas putrefactivas pesando el material descompuesto de los lados y superficie de los silos y obteniendo una muestra para determinación de MS al horno. Las pérdidas totales se calcularon como la diferencia entre la MS total ensilada y la MS total útil extraída del silo.

El ensilaje de ambos silos fue utilizado dentro de un período aproximado de tres meses y medio. Se colectaron muestras de ensilaje tres veces por semana, las que se preservaron a -4^oC para su análisis químico. Una submuestra de éstas se secó en horno de ventilación forzada para determinación de materia seca.

Análisis químicos. Las muestras de forraje al ensilar y de ensilaje liofilizado fueron analizadas en cuanto a su contenido de cenizas por calcinación total (AOAC, 1970), contenido de fibra cruda, energía bruta y nitrógeno total según AOAC (1970) y carbohidratos no estructurales por determinación del poder reductor de glucosa (Smith, 1969). En muestras de ensilaje fresco se midió pH sobre el extracto de ensilaje, se determinó su contenido de humedad verdadera por destilación con tolueno (Dewar y Mc Donald, 1961) y la concentración de ácido láctico utilizando dehidrogenasa láctica (Hohorst, 1959). El contenido de ácidos grasos volátiles en extracto de ensilaje se determinó por cromatografía gas-líquido utilizando un cromatógrafo Perkin-Elmer 990. Se midió el contenido de N amoniacal en ensilaje fresco por destilación con óxido de magnesio en forma similar al método Kjeldahl (AOAC, 1970).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como es habitual en el proceso de ensilado, la fermentación del forraje se tradujo en una marcada disminución en la proporción de carbohidratos no estructurales del material original en ambos ensilajes, observándose un aumento general en la proporción de los demás nutrientes (Cuadro 1). El contenido de proteína cruda, excluido el N amoniacal, fue menor en los ensilajes con ácido (18,4^o/o) y sin ácido (16,6^o/o) con respecto al forraje original

(23,1^o/o). Los carbohidratos no estructurales y la proteína bruta representan el sustrato del cual derivan los productos finales de la fermentación microbiana, especialmente ácido láctico, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal.

Cuadro 1. Composición química del forraje original y de los ensilajes (base 100^o/o M.S.)

Componentes	Forraje original	ENSILAJES	
		Sin ácido	Con ácido
		----- ^o /o-----	
Materia seca	21,2	21,6	18,6
Proteína cruda	23,1	23,5	27,0
Fibra cruda	24,2	30,4	34,9
Extracto etéreo	3,3	5,6	5,7
Cenizas	12,2	12,5	14,5
Carbohidratos no estructurales	11,7	3,9	1,8

Se pudo constatar un efecto inhibitor tanto de la respiración como de la actividad microbiana por efecto de la adición de ácido fórmico en los ensilajes de alfalfa. Esto se refleja en una mejor conservación de los carbohidratos no estructurales del material original (Cuadro 1) y en la menor acidez total del ensilaje preservado con ácido (Cuadro 2) en relación al testigo. El efecto inhibitor del ácido fórmico se observa también por una mayor protección de la proteína al ataque de clostridios proteolíticos, reflejado por un menor contenido de N amoniacal en el forraje o expresado como porcentaje del total de nitrógeno del ensilaje (Cuadro 2). Este efecto del ácido fórmico sobre el proceso fermentativo del ensilaje de alfalfa ha sido descrito también por Carpintero y Suárez (1973) y Davidson y Stevenson (1973).

Los valores de pH son también menores en los ensilajes con aditivo (Cuadro 2) lo que podría atribuirse, en parte, al efecto directo del ácido fórmico agregado, junto con el nivel más alto de ácido láctico y menor contenido de amoníaco del ensilaje tratado. El pH del ensilaje puede considerarse demasiado elevado para lo que se califica como ensilaje de buena calidad. Al parecer el ácido fórmico, si bien acidificó la alfalfa, no consiguió llevar el pH a cifras adecuadas, probablemente debido a la alta capacidad buffer de la

vegetación original. Esto podría explicar también la concentración relativamente alta de ácido butírico y N amoniacal detectada en ambos ensilajes, sugiriendo la ocurrencia de fermentaciones por acción de *Clostridium* sacarolíticos y proteolíticos, respectivamente. La aplicación de ácido fórmico también modificó en forma notoria el tipo de fermentación producida, tendiendo a favorecer el desarrollo y actividad de cepas bacterianas más beneficiosas, como por ejemplo *Lactobacillus plantarum*, y a inhibir en cierto grado la acción de microorganismos no deseables como *Clostridium*. Esto se refleja en el mayor contenido de ácido láctico total o expresado como porcentaje del total de ácidos y en la menor proporción de ácidos butírico y propiónico en el ensilaje preservado con ácido en comparación al testigo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Compuestos químicos derivados de la fermentación de ensilajes de alfalfa con y sin ácido fórmico (base 100^o/o M.S.)

Componentes	ENSILAJE	
	Con ácido	Sin ácido
pH	5,2	5,7
	----- ^o /o-----	
N - amoniacal	0,82	1,67
N - amoniacal como ^o /o del N total	21,8	38,6
Acido láctico	2,15	1,63
Acido acético	2,09	2,23
Acido propiónico	0,63	1,55
Acido butírico	1,50	3,50
Acidos totales	6,37	8,91
Acido láctico como ^o /o del total de ácidos	34,4	19,4

Las pérdidas totales registradas en el ensilaje sin aditivo fueron superiores en un 41^o/o con respecto al ensilaje tratado (Cuadro 3). Las pérdidas putrefactivas no difirieron mayormente entre tipos de ensilaje, de lo que se deduce que los procesos de respiración, fermentación, o ambos, ocurrieron en mayor grado en el ensilaje sin aditivo que en el ensilaje preservado con ácido. De acuerdo a lo descrito anteriormente, los cambios en la composición química de cada ensilaje confirman la fermentación más avanzada ocurrida en el ensilaje sin aditivo. Estos resulta-

Cuadro 3. Pérdidas parciales y totales en los ensilajes

Pérdidas de MS	ENSILAJE	
	Con ácido	Sin ácido
	----- o/o -----	
Putrefactivas	3,7	3,6
Respiración-fermentación	28,6	41,9
TOTALES	32,3	45,5

dos concuerdan con otros ensayos realizados en la zona sur del país (Emhart y Wernli, no publicado) en que la adición de 0,5^o/o de ácido fórmico en trébol rosado resultó en menores pérdidas totales de MS en los ensilajes cosechados en los primeros estados de madurez, aunque esta ventaja disminuye en la medida que avanza la madurez del forraje ensilado.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1970. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. 11th. Washington, D.C., AOAC. 720 p.
- CARPINTERO, M.C. y SUAREZ, A. 1973. El ácido fórmico como conservador de la alfalfa ensilada. *Anales Fac. Vet. de León (España)*. 19:209-213.
- CASTLE, M.E. y WATSON, J.N. 1970. Silage and milk production, a comparison between grass silage made with and without formic acid. *J. Br. Grassld Soc.* 25:65-71.
- DAVIDSON, T.R. y STEVENSON, K.B. 1973. Influence of formic acid and formalin on quality of direct-cut alfalfa silage. *Can. J. Plant Sci.* 53:75-79.
- DEWAR, W.A. y Mc DONALD, P. 1961. Determination of dry matter in silage by distillation with toluene. *J. Sci. Fd. Agric.* 12:790-799.
- HENDERSON, A.R. y Mc DONALD, P. 1971. Effect of formic acid on the fermentation of grass of low dry matter content. *J. Sc. Fd. Agric.* 22:157-160.
- HOHORST, H. 1959. L (+) Lactate determination with lactic dehydrogenase and DPN. *Biochem. J.* 18:332-335.
- SMITH, D. 1969. Removing and analysing total non structural carbohydrates from plant tissue. *Univ. Wisconsin. Research. Div. College Agriculture an Life Sciences. Research Rep.* 41.
- WALDO, D.R., SMITH, L.W., MILLER, R.H. y MOORE, L.A. 1969. Growth, intake and digestibility from formic acid silage versus hay. *J. Dairy Sci.* 52: 1609-1616.
- WILKINS, R.J. y WILSON, R.F. 1971. Experiments at Hurley with formic acid as a silage additive. *Grassld. Research Institute. Leaflet* 14832/1.
- WILSON, R.F. y WILKINS, R.J. 1973. Formic acid as a silage additive for wet crops of cocksfoot and lucerne. *J. Agric. Sci.* 80:225-229.