

# EFECTO DEL TRATAMIENTO HUMEDO CON NaOH SOBRE LA DESAPARICION DE MATERIA SECA Y CARBOHIDRATOS DE PAJA DE CEBADA INCUBADA IN SACCO.

N.P. STRITZLER (1) y T. LARSEN (2)

## RESUMEN

Muestras de paja de cebada tratada (CT) y sin tratar (CS) fueron incubadas en el rumen de una vaca lechera fistulada de rumen, por 2, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Se midió la desaparición de materia seca, materia orgánica, xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, celulosa y hemicelulosa, y ponderando por una tasa de pasaje estimada (2%/h), se calculó la degradabilidad de cada fracción. La vaca fue alimentada con una dieta compuesta por paja de cebada (sin tratar), harina de pescado, grano de cebada aplastado, minerales y vitaminas. El tratamiento químico de la paja consistió en una modificación del método Beckman de solubilización en una solución de hidróxido de sodio al 1.5%. El método utilizado fue sistematizado de manera tal que el agua usada para el lavado del material solubilizado fue reutilizada para la siguiente solubilización. El tratamiento fue altamente efectivo para el mejoramiento de la degradación de la paja en el rumen. Todas las curvas de degradación mostraron valores más altos para la paja no tratada a las dos horas de incubación; estas diferencias fueron presumiblemente debidas a la pérdidas de sustancias solubles en agua y partículas finas en la paja no tratada y no a digestión verdadera. A partir de las 6 horas de incubación, el tratamiento con álcali produjo mayor desaparición de materia seca, materia orgánica y todos los azúcares y polisacáridos, excepto celulosa, cuya digestión fue sólo mayor a partir de las 24 horas. Las degradabilidades obtenidas fueron las siguientes: materia seca: CT: 62.7; CS: 40.7; materia orgánica: CT: 60.8; CS: 39.9; arabinosa: CT: 68.1; CS: 52.9; manosa: CT: 63.4; CS: 44.6; galactosa: CT: 69.8; CS: 54.4; xilosa: CT: 70.1; CS: 46.6; hemicelulosa: CT: 69.8; CS: 47.1; celulosa: CT: 60.8; CS: 45.3. Todas las diferencias entre tratamientos fueron significativas al nivel del 1%

**Palabras clave:** paja de cebada, hidróxido de sodio, bolsitas de nylon, digestión, carbohidratos.

## SUMMARY

The effect of wet NaOH treatment on dry matter and carbohydrates disappearance of barley straw from nylon bags incubated in sacco. Treated (CT) and untreated (CS) barley straw samples were incubated in the rumen of one cow for 2, 6, 12, 24, 48 and 72 hours. Disappearance of dry matter, organic matter, individual sugars, cellulose and hemicellulose was measured.

(1) E.E.A. Anguil, I.N.T.A. - Cátedra de nutrición Animal, Facultad de Agronomía, U.N.L.Pam.

(2) Depto. de Fisiología y Bioquímica, N.I.A.S., Foulum, Dinamarca.

The cow was fed a barley straw (untreated) diet supplemented with fishmeal, rolled barley and a mineral-vitamine mixture. The chemical treatment of the straw was a modification of the Beckmann method; the chemical reactant was sodium hydroxide and the process consisted in a solubilization in diluted NaOH solution. The method used was systematized in a way that the water used for washing out the solubilized matter was reused for the solubilization itself. The treatment was highly effective in improving the degradation of straw in the rumen. All the degradation curves showed higher values for untreated straw than for treated straw at 2 h of incubation; these differences were presumably due to losses of water soluble substances and fine particles from the untreated straw and not to true digestion. From 6 h onwards the treatment with alkali produced a higher digestion in dry matter, organic matter and all sugar and polysaccharides, except cellulose, which digestion was only higher in treated straw from 24 h onwards. Degradability were: dry matter: CT: 62.7; CS: 40.7; organic matter: CT: 60.8; CS: 39.9; arabinose: CT: 68.1; CS: 52.9; mannose: CT: 63.4; CS: 44.6; galactose: CT: 69.8; CS: 54.4; xylose: CT: 70.1; CS: 46.6; hemicellulose: CT: 69.8; CS: 47.1; cellulose: CT: 660.8; CS: 45.3. All differences between treatments were significant at 1% level.

**Key words:** barley straw, wet NaOH treatment, nylon bags, digestion, carbohydrates.

## INTRODUCCION

La pared celular de las pajas de cereales está compuesta, principalmente, por celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa y la hemicelulosa son, por sí mismas, altamente digeribles por rumiantes (Kristensen et al., 1981), pero la presencia de lignina reduce fuertemente su biodegradación (Dunlap y Chiang, 1980).

La celulosa se encuentra en mayor concentración en la capa interna de la pared celular de las pajas, mientras que la capa externa está compuesta, mayoritariamente, de hemicelulosa y lignina (Kristensen et al., 1981), que forman entre sí fuertes uniones (Theander, 1981). Se discute aún si el mismo tipo de conexiones existe entre celulosa y lignina (Jung y Vogel, 1986; Selvendran, 1986); de todas maneras, la lignina ejerce protección contra la degradación microbiana sobre toda la pared celular, y es el principal factor que afecta la digestibilidad de la pared celular de los forrajes (Giger, 1985; Chesson et al., 1986).

Considerando la importancia de las pajas de cereales y de los forrajes de baja calidad en general en nuestro país, cualquier proceso que aumente su digestibilidad tendría un gran impacto sobre los niveles productivos.

Se sabe desde hace casi un siglo que el tratamiento con álcali de las pajas de cereales puede incrementar su digestibilidad (Jackson, 1977). Los compuestos más utilizados en tratamientos alcalinos de pajas de cereales son: hidróxido de sodio y amoníaco; generalmente se encuentra que el primero es más eficiente en incrementar la biodegradabilidad que el segundo (Hartley, 1987); de todas maneras, el principal problema del tratamiento con álcali es el alto costo del mismo (Jackson, 1977).

El objetivo del presente trabajo fue medir la eficiencia del tratamiento con álcali al realizar un manipuleo que redujo el uso de agua y compuesto químico. Un resumen de este trabajo fue ya publicado (Stritzler y Larsen, 1990).

## MATERIALES Y METODOS

Muestras tratadas y no tratadas de paja de cebada fueron incubadas en bolsitas en el rumen de una vaca Holstein-Friesian.

Las bolsitas fueron hechas de tela poliamídica (Tidbecksprecision filter NY HD 32/36, Tidbeck, Suecia) con un poro uniforme de 36  $\mu$ m. Las mismas fueron cerradas por tres lados con sellado por calor. Se mantuvo una relación de 10-15 mg de materia seca de muestra por  $\text{cm}^2$  de superficie de bolsita, de acuerdo a lo recomendado por NKJ Protein Group (1985). Las bolsitas fueron aseguradas a un tapón de goma por medio de una cinta sujetacables. Cada tapón de goma contenía 6 bolsitas, tres de ellas con paja tratada y las otras tres con paja sin tratar. Se introdujeron 6 tapones en el rumen simultáneamente y fueron retirados, uno por uno a tiempos de incubación fijados previamente: 2, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Las bolsitas retiradas del rumen fueron lavadas durante 1 hora en agua fría corriente, secadas a 65°C y pesadas.

Se hicieron análisis completos de carbohidratos sobre las muestras originales y los residuos, utilizando la técnica descrita por Theander y Westerlund (1986).

El contenido de lignina se determinó de acuerdo al procedimiento de Van Soest (1963), pero no se corrigió por ceniza. De cada fracción se tomó una submuestra para determinar el contenido en ceniza. En base a los valores obtenidos por incubación y ponderando por una tasa efectiva de pasaje del 2%, se calculó la degradabilidad efectiva de cada fracción en cada tratamiento, de acuerdo al método descrito por Kristensen et al (1982).

La vaca fue alimentada con la siguiente dieta (en gramos/día): paja de cebada sin tratar: 4500; heno de rye grass: 1500; harina de pescado: 412; grano de cebada: 1500; mezcla mineral-vitáminica: 200. La paja de cebada y el heno de rye grass fueron divididos en 6 partes y suministrados al animal a las 7:00 hs.; 11:00 hs.; 15:00hs.; 19:00 hs. y dos partes a las 23:00 hs.; la harina de pescado, el grano de cebada y la mezcla de minerales y vitaminas fue suministrado dos veces al día a las 7:00 hs. y a las 19:00 hs.

El tratamiento químico de la paja se realizó mediante una modificación del método Beckmann (Homb, 1948): La paja fue mezclada con una solución de hidróxido de sodio al 1,5%. La modificación del método original, realizada en el presente estudio, consistió en un manejo del agua y el producto químico que permitiera el ahorro de ambos. El tratamiento fue sistematizado de manera que el agua usada para el lavado del material solubilizado fue reutilizado para una nueva solubilización; el agua circuló en dirección contraria al material tratado. El tratamiento, por lo tanto, en un extremo entrega paja tratada, lavada y prácticamente libre de producto químico, y en el otro extremo el agua con material solubilizado y el hidróxido de sodio.

Las comparaciones entre tratamientos se realizaron mediante el test LSD (SAS, 1985).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La composición de la paja tratada y no tratada puede verse en el cuadro 1. El contenido de materia orgánica fue más bajo en CT, probablemente debido a la adhesión de sodio a los residuos liberados de ácidos urónicos, de acuerdo a lo

Indicado por Kristensen y Rexen (1978). El contenido en celulosa de CS está en el rango normal (Rexen, 1970; Ternrud, 1987). El contenido relativo de celulosa en la muestra tratada (50%) fue, por el contrario, más alto que el encontrado por Ternrud (1987) después del tratamiento con NaOH. El tratamiento con álcali disuelve parte de la lignina y la hemicelulosa, pero no la celulosa (Jackson, 1977); por lo tanto, las concentraciones de lignina y hemicelulosa, fueron reducidos por el tratamiento. En comparación con los valores encontrados por Ternrud (1987), la concentración de xilosa y, por lo tanto, hemicelulosa hallada en este estudio, aparecen como muy bajas.

Las degradabilidades efectivas obtenidas para los dos tratamientos en cada fracción analizada están expuestas en el cuadro 2. Todas las diferencias entre tratamientos fueron significativas al nivel del 1%

La comparación para cada tiempo de incubación mostró que, a las 2 hs, la desaparición en CS fue mayor que en CT para todos los parámetros medidos, pero a partir de las 6 hs la relación se invierte y fue mayor en CT que en CS ( $P < 0.01$ ), manteniéndose a lo largo de todo el tiempo de incubación, para todos los parámetros medidos excepto celulosa, cuya desaparición fue mayor en CS que en CT ( $P < 0.01$ ) hasta las 12 hs de incubación y mayor en CT que en CS a las 24, 48 y 72 hs ( $P < 0.01$ ).

CUADRO 1: COMPOSICION QUIMICA DE LA PAJA DE CEBADA SIN TRATAR Y TRATADA CON ALCALI (EN % MS)

	PAJA NO TRATADA	PAJA TRATADA
MATERIA ORGANICA	96.6	94.5
CELULOSA	36.3	50.5
HEMICELULOSA	23.2	15.5
LIGNINA	18.2	14.9
XILOSA	17.9	11.2
ARABINOSA	3.1	2.7
GALACTOSA	1.3	0.9
MANOSA	0.8	0.7

La relación glucosa:xilosa en CS se mantuvo relativamente constante, entre 1.84 y 2.03, a lo largo del período de incubación. En CT, la relación fue 5.61-5.06 desde las 6 a las 72 hs de incubación, con una declinación a lo largo del tiempo, indicando una más rápida degradación de celulosa.

CUADRO 2: DEGRADABILIDAD EFECTIVA (EN % MS) DE LAS DISTINTAS FRACCIONES MEDIDAS EN PAJA DE CEBADA TRATADA Y SIN TRATAR CON ALCALI.

	PAJA NO TRATADA	PAJA TRATADA	NIVEL DE SIGNIFICACION
MATERIA SECA	40.7	62.7	0.01
MATERIA ORGANICA	39.9	60.8	0.01
ARABINOSA	52.9	68.1	0.01
MANOSA	44.6	63.4	0.01
GALACTOSA	54.4	69.8	0.01
XILOSA	46.6	70.1	0.01
HEMICELULOSA	47.1	69.8	0.01
CELULOSA	45.3	60.8	0.01

## DISCUSION

Los resultados muestran que el tratamiento fue altamente efectivo en el mejoramiento de la degradación de paja en el rumen, y comparable a aquellos encontrados por otros autores (Sundstil et al., 1978; Dunlop y Kellaway, 1980; Graham y Aman, 1983-84; Dixon y Parra, 1984; Wanapat et al., 1986; Ternrud et al., 1988).

La desaparición a las 2 hs de incubación fue mayor para CS que para CT; estas diferencias, probablemente, no son debidas a verdadera digestión sino a pérdidas desde la bolsita de partículas finas y solutos de la paja no tratada; estas partículas y solutos habrían sido perdidas, en CT, durante el tratamiento con álcali.

A partir de las 6 horas el tratamiento con álcali produjo mayor digestión en todos los parámetros medidos excepto en la celulosa, cuya digestión fue sólo mayor en CT a partir de las 24 hs. Este importante retardo en la fermentación de la celulosa fue también observado por otros autores (Darcy y Belyea, 1980; Belyea et al., 1983) y se asume que es el resultado de un incremento de la cristalinidad de la celulosa (Uden y Fadel, 1985).

Una cantidad importante de lignina desapareció de las bolsitas: 23% en CS y 51% en CT, indicando que parte de la lignina es solubilizada en el rumen (Bacon et al., 1981), y que la solubilización es mayor en la paja tratada con álcali.

Las degradabilidades efectivas en este estudio (cuadro 2) son comparables a los valores encontrados por McAllan y Smith (1983). En el presente trabajo la mayor respuesta fue obtenida con xilosa, seguida, en orden descendiente, por galactosa, arabinosa, manosa y celulosa (glucosa); McAllan y Smith (1983) encontraron que la proporción digerida en el rumen fue mayor para xilosa, seguida de arabinosa, celulosa

(glucosa), galactosa y manosa. El aumento en la digestión encontrado por estos autores (aproximadamente 10% en la digestión de materia orgánica) fue menor que el encontrado en este trabajo (aproximadamente 20% en la digestión de materia orgánica). Esta discrepancia se explica si se considera el método utilizado. Es bien sabido que la digestibilidad "in vitro" es incrementada en mayor medida que la digestibilidad "in vivo" por el tratamiento químico (Kristensen et al., 1981), y McAllan y Smith (1983) midieron digestión "in vivo" (desaparición entre boca y abomaso). La diferencia entre digestibilidad "in vivo" e "in vitro" o bolsitas rumiales, se debe, principalmente, a una reducción en el tiempo de retención en el rumen de la paja tratada y por lo tanto a un aumento en la tasa de pasaje rumial; esto conduce a que una mayor proporción de partículas potencialmente digeribles escapen a la digestión rumial en pajas tratadas, en comparación con no tratadas (Kristensen et al., 1981; Sriskandarajah y Kellaway, 1984).

## CONCLUSIONES

La técnica de tratamiento de paja de cebada con álcali, utilizada en este trabajo, aumentó notoriamente la digestión ruminal de los carbohidratos estructurales. La respuesta fue similar a la obtenida por otros autores; además, el método usado aquí permite un ahorro importante de agua y producto químico.

Debe mencionarse, sin embargo, que las diferencias en digestión "in vivo" entre paja tratada y no tratada, podrían ser menores que las medidas en el presente estudio.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- BACON, J.S.D.; CHESSON, A. Y GORDON, A.H. 1981. Deacetylation and enhancement of digestibility. *Agric. Environ.* 6: 115-126.
- BELYEA, R.L.; FOSTER, M.B. Y ZINN, G.M. 1983. Effect of delignification on in vitro digestion of alfalfa cellulose. *J. Dairy Sci.* 66: 1277-1281.
- CHESSON, A.; STEWART, C.S.; DALGARNO, K. Y KING, T.P. 1986. Degradation of isolated grass mesophyll, epidermis and fibre cell walls in the rumen and by cellulolytic rumen bacteria in axenic culture. *J. Appl. Bacteriol.* 60: 327-336.
- DARCY, B.K. y BELYEA, R.L. 1980. Effect of delignification upon in vitro digestion of forage cellulose. *J. Anim. Sci.* 51: 798-803.
- DIXON, R.M. y PARRA, R. 1984. Effect of alkali treatment of forage and concentrate supplementation on rumen digestion and fermentation. *Trop. Anim. Prod.* 9: 68-80.
- DUNLAP, C.E. y CHIANG, L.C. 1980. Cellulose degradation - a common link. In: Utilization and recycle of agricultural wastes and residues (Shuler, M.E. ed.), CRC Press, Boca Raton.
- DUNLOP, A.C. y KELLAWAY, R.C. 1980. The kinetics of fibre digestion in the rumen of sheep. *Proc. Nutr. Aust.* 5: 200-201.
- GIGER, S. 1985. Les méthodes de dosage de la lignine utilisées en alimentation animale. *Ann. Zootech.* 34: 85-122.

- GRAHAM, H. y AMAN, P. 1983-84. A comparison between degradation in vitro and in sacco of constituents of untreated and ammonia treated barley straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10: 199-211.
- HARTLEY, R.D. 1987. The chemistry of lignocellulosic materials from agricultural wastes in relation to processes for increasing their biodegradability. In: *Degradation of lignocellulosic in ruminants and in industrial processes* (Vand der Meer, J.H.; Rijkens, B.A. y Ferranti, M.P. eds.), Elsevier, Londres, Nueva York.
- HOMB, T. 1948. Foringsforsik med lutet halm. 64<sup>th</sup> Report of the Inst. Anim. Nutr., The Royal Agric. College of Norway, pp. 27-75.
- JACKSON, M.G. 1977. The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2: 105-130.
- JUNG, H.G. y VOGEL, K.P. 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim. Sci.* 62: 1703-1712.
- KRISTENSEN, T.P. y REXEN, F.P. 1978. Encelleprotein of halm. *Medd. fra Bioteknisk Institut A.T.V.*, 14 arg., 1-4, 59 pp, Kolding.
- KRISTENSEN, V.F.; ISRAELSEN, M. y NEIMANN-SORENSEN, A. 1981. Processed feed from straw for ruminants. In: *Cereals, a renewable resource. Theory and Practice* (Pomeranz, Y y Munck, L. eds.), The American Assn. Cereal Chem., Minnesota.
- KRISTENSEN, E.S.; MOLLER, P.D. y HVELPUND, T. 1982. Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agric. Scand.* 32: 123-127.
- MCALLAN, A.B. y SMITH, R.H. 1983. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and the abomasum of steers. *Br. J. Nutr.* 50: 445-454.
- NKJ PROTEIN GROUP. 1985. Introduction of the Nordic Protein Evaluation System for ruminants into practice and further research requirements. *Acta Agric. Scand. (Suppl. 25):* 216-220.
- REXEN, F.P. 1970. Undersigelser over Dansk halms kemiske sammen saetning. Beretning 53, Forskninginst. for Handels og Industriplanter, 37 pp., A.T.V., Kolding.
- SAS. 1985. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst., Cary, North Carolina, 584 pp.
- SELVENDRAN, R.R. 1986. The chemistry of dietary fibre. *Proc. XIII Int. Congress of Nutrition* (Taylor, T.G. y Jenkins, N.K. eds.), pp. 163-167, Jofn Libbey, Londres.
- SRISKANDARAJAH, N. y KELLAWAY, R.C. 1984. Effects of alkali treatment of wheat straw on intake and microbial protein synthesis in cattle. *Br. J. Nutr.* 51: 289-296.
- STRITZLER, N.P. y LARSEN, T. 1990. Efecto del tratamiento húmedo con NaOH sobre la desaparición de materia seca y carbohidratos de paja de cebada incubada in sacco. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 10(supl. 1): 9.
- SUNDSTOL, F.; KOSSILA, V.; THEANDER, O. y THOMSEN, K.V. 1978. Evaluation of the feeding value of straw. A comparison of laboratory methods in the Nordic countries. *Acta Agric. Scand.* 28: 10-16.
- TERNRUD, I. 1987. Degradation of untreated and alkali-treated straw polysaccharides in ruminants. Ph. D. Thesis, The Swedish Univ. Agric. Sci. Uppsala, 36 pp.

- TERNRUD, I.; LINDBERG, J.E.; MAGNUSSON, A.T. y THEANDER, O. 1988. Rumen degradation of cell wall polysaccharides in untreated and alkali-treated straws and cereal brans. *J. Sci. Food Agric.* 42: 9-18.
- THEANDER, O. 1981. Chemical composition of low quality roughages as related to alkali treatment. In: *Utilization of low quality roughages in Africa* (Kategile, J.A.; Said, A.N. y Sundstøl, F. eds.), pp. 1-15, A.A.S., Oslo.
- THEANDER, O. y WESTERLUND, E.A. 1986. Studies on dietary fibre. 3. Improved procedures for analysis of dietary fibre. *J. Agric. Food Chem.* 34: 330-336.
- UDEN, P. y FADEL, J.G. 1985. Fibre fermentation: Mathematical model and theories. In: *Improved utilization of lignocellulosic material with special reference to animal feed.*, pp 89-109, Org. for Econ. Coop. and Development. Paris.
- VAN SOEST, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. *J. Assoc. Off. Analyt. Chem.* 46: 825-835.
- WANAPAT, M.; SUNDSTOL, F. y HALL, J.M.R. 1986. A comparison of alkali treatment methods used to improve the nutritive value of straw. II. In sacco and in vitro degradation relative to in vivo digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14: 215-220.