

Pulpa y pergamino de café. X. Cambios en la composición química del pergamino de café por efecto de diferentes tratamientos alcalinos*1/

BEATRIZ MURILLO**, MARCO TULIO CABEZAS**, RICARDO BRESSANI**

ABSTRACT

Two experiments were carried out to determine the effect of different alkaline treatments on the chemical composition of coffee hulls. In the first experiment 12 treatments were applied to 10 g samples of ground and dehydrated coffee hulls. The treatments consisted of adding 50 ml of a 0, 2.5, 5.0 or 10 per cent solution of NaOH, Ca(OH)₂, or NH₄OH at room temperature (20°C) during 24 hours. In the second experiment, to the same weight of coffee hulls, 50 ml solutions of 0, 2.5, 5.0, 7.5 or 10 per cent NaOH at room temperature for 24 hours or at 130°C and 20 psi in the autoclave for 30 minutes were added. All alkaline treatments induced partial hydrolysis of cellular walls, NaOH being the most effective. The higher temperature and pressure in the autoclave did not result in an additional effect on the hydrolysis of cellular walls by Na OH. Analysis of the cellular wall components showed that the partially hydrolyzed compounds were hemicellulose and cellulose while lignin was not affected by the treatments. — The authors.

Introducción

EL pergamino de café es un subproducto agrícola que abunda en América Latina, pero su empleo con propósitos de alimentación animal es muy limitado a causa de su alto contenido de fibra y baja digestibilidad. En un estudio previo (7) este material se utilizó como relleno en raciones de alto valor nutritivo, sin que produjeran descensos significativos en la tasa de crecimiento de novillos jóvenes. Sin embargo, la ganancia de peso de los animales y la eficiencia de conversión del alimento disminuyeron en relación inversa al contenido de pergamino de café en la ración. El porcentaje máximo de pergamino empleado fue de

30 por ciento, debido, según indican los autores, a que el uso de niveles más altos causa trastornos digestivos y constipación aguda que pueden ocasionar la muerte de los animales.

El presente trabajo se llevó a cabo con el objeto de mejorar las características nutricionales del pergamino de café mediante diferentes tratamientos alcalinos, y promover así una mejor utilización de este subproducto por parte de los animales rumiantes. Diversas investigaciones (3, 4, 6, 8, 9, 14, 18) muestran la factibilidad de mejorar el valor nutritivo de forrajes con un alto contenido de fibra, sometidos a tratamientos químicos y físicos como los que se aplicaron en esta oportunidad.

Materiales y métodos

Se realizaron dos experimentos en los que se utilizó pergamino de café procedente de la cosecha del año 1973, cultivado a una altura de 1.500 m sobre el nivel del mar. Este material, primero se homogeneizó y luego se pasó por un molino de martillos provisto de una criba de malla N° 20, antes de someterlo a los tratamientos

* Recibido para su publicación el 8 de enero de 1975.

1/ Este trabajo se llevó a cabo con fondos otorgados por el International Development Research Centre (IDRC) con sede en Ottawa, Canadá (Subvención INCAP P-840).

** Científicos y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), respectivamente. Publicación INCAP E-817.

respectivos, los que se aplicaron en duplicado a muestras de 10 g cada una. En el primer experimento se emplearon tres álcalis: hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) e hidróxido de amonio (NH₄OH). Estos fueron agregados a concentraciones de 0, 2,5, 5,0 ó 10,0 por ciento en 50 ml de agua durante 24 horas y a temperatura ambiente, lo que dio como resultado un total de 12 tratamientos. En el segundo experimento, solamente se utilizó NaOH en concentraciones de 0, 2,5, 5,0, 7,5 ó 10 por ciento bajo dos condiciones diferentes: a temperatura ambiente (20°C) durante 24 horas, y a temperatura elevada (135°C) en el autoclave (a una presión de 20 psi) durante 30 minutos, resultando así un total de 10 tratamientos. Al finalizar los tratamientos en ambos experimentos, las soluciones fueron neutralizadas con ácido clorhídrico; luego se deshidrató el pergamino a 60°C en un horno de aire forzado.

Los cambios en composición química sufridos por el pergamino fueron evaluados mediante análisis de los componentes fibrosos, realizados antes y después de efectuar los tratamientos de acuerdo a los procedimientos desarrollados por Van Soest (15, 16). En ambos ensayos se determinaron los contenidos celulares y los componentes de la pared celular del pergamino antes de aplicar los tratamientos. Al término de éstos, en el primer experimento se determinaron contenidos, y paredes celulares y fibra-ácido detergente, y en el segundo, se determinaron, además, los componentes de las paredes celulares y de la fibra-ácido detergente.

Resultados

Los análisis a que se sometieron el pergamino de café original empleado en los dos experimentos cuyos resultados se exponen en el Cuadro 1, confirman los datos obtenidos por Jarquín y colaboradores (7) empleando métodos analíticos diferentes. En efecto, los hallazgos de ambos procedimientos indican que la materia seca de dicho subproducto está constituida en su mayor parte (88,2 por ciento) por paredes celulares y sólo una pequeña parte (11,8 por ciento) corresponde a contenidos celulares. Revelan asimismo que las paredes celulares contienen un alto porcentaje de hemicelulosa y celulosa que, en conjunto, representan 65,2 por ciento de la materia seca.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del primer experimento. Según se observa, todos los tratamientos alcalinos produjeron una disminución de la fibra-ácido detergente, lo que indica una solubilización por hidrólisis de los componentes fibrosos del pergamino. El efecto fue mayor a medida que la concentración de álcalis aumentaba, pero en todos los casos el NaOH fue más efectivo, siguiéndolo muy de cerca el Ca(OH)₂. La hidrólisis producida por el NH₄OH fue mucho menor, siendo necesario incrementar a 10 por ciento su concentración a manera de que indujera en la fibra un desdoblamiento de magnitud similar al producido por los otros álcalis a la concentración de 5 por ciento. Los resultados del segundo experimento se muestran en el

Cuadro 1.—Análisis de los constituyentes de las paredes celulares y de la fracción fibra-ácido detergente del pergamino de café. (Expresado por 100 g de materia seca).

Contenido celular	11,8
Neutro detergente paredes celulares	88,2
Fibra-ácido detergente	67,5
Hemicelulosa*	20,7
Celulosa	44,5
Lignina	17,7
Cenizas insolubles	5,3

* Paredes celulares menos fibra-ácido detergente.

Cuadro 3. En este caso, el porcentaje de paredes celulares disminuyó y el de contenidos celulares aumentó al incrementarse las concentraciones de NaOH en las dos condiciones en que se aplicaron los tratamientos; el incremento de la temperatura y presión por medio del autoclave, no produjo un efecto adicional significativo en la hidrólisis de las paredes celulares. No obstante que la tendencia de solubilización de la fibra-ácido detergente fue similar a la observada en el primer experimento, el grado de hidrólisis producido por las diferentes concentraciones de NaOH fue menor en este segundo ensayo. El análisis de los componentes de dicha fracción revela que los tratamientos no afectaron ni la lignina ni las cenizas insolubles, pero sí la celulosa,

Cuadro 2.—Efecto del tratamiento alcalino sobre la fibra-ácido detergente del pergamino de café. (Expresado por 100 g).

Concentración de álcali %		Hidróxido de sodio	Hidróxido de calcio	Hidróxido de amonio
0	Contenido de fibra-ácido detergente (FAD), %	62,1	62,1	62,1
2,5	FAD, %	50,5	52,6	61,4
	Grado de solubilización del FAD,* %	18,7	15,3	1,1
5,0	FAD, %	42,5	45,6	54,3
	Grado de solubilización del FAD, %	32,0	27,0	12,6
10,0	FAD, %	34,1	35,8	44,6
	Grado de solubilización del FAD, %	45,1	42,7	28,2

* El grado de solubilización del contenido de fibra-ácido detergente se calculó con base al contenido de FAD del pergamino de café no sometido a tratamiento alcalino.

Cuadro 3.—Efecto de la hidrólisis alcalina sobre el fraccionamiento de las paredes celulares en el pergamino de café.

Tratamientos	NaOH %	Contenido celular %	Paredes celulares %	Componentes de las paredes celulares			
				Hemicelulosa %	Componentes de la fibra-ácido detergente		Cenizas insolubles %
					Celulosa %	Lignina %	
Autoclave*	0,0	11,0	89,0a,b***	17,3	51,3	18,0	2,4
	2,5	14,3	85,7b,c	15,4	49,3	18,6	2,4
	5,0	19,0	81,0d	15,0	46,5	17,6	1,9
	7,5	25,3	74,7e	13,0	42,0	18,0	1,7
	10,0	31,8	68,2f	12,0	37,0	17,5	1,7
Medio ambiente**	0,0	9,7	90,3a	16,0	54,3	18,3	1,7
	2,5	13,2	86,8a,b	15,3	51,0	18,3	2,2
	5,0	17,3	82,7c,d	13,8	48,6	18,0	2,3
	7,5	22,2	78,8d	12,6	45,3	17,7	2,2
	10,0	28,6	72,4e	11,6	40,6	17,5	1,7

* 20 lb/pulgadas² (135 °C) por 30 min.

** 20 °C por 24 hr.

*** Los números con letras iguales no son significativos estadísticamente ($P < 0,05$).

que fue descompuesta en un 27 por ciento. La hemicelulosa fue hidrolizada casi en la misma proporción, hecho que ayuda a explicar el descenso en el porcentaje de las paredes celulares.

Discusión

Los resultados de esta investigación ponen de manifiesto varios aspectos de interés en lo que respecta al posible uso del pergamino de café como alimento para el ganado bovino. Por un lado, llama la atención su alto contenido de celulosa y hemicelulosa, sustancias que pueden ser digeridas y utilizadas como fuentes de energía por los rumiantes. Por otro lado, los efectos que produjeron los procesos aplicados indican que al someter el pergamino a tratamientos alcalinos moderados, procedimientos éstos que permiten mejorar su valor nutritivo con relativa facilidad, tales sustancias pueden ser hidrolizadas parcialmente y convertidas a compuestos más simples y más digeribles por el animal. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que esta evidencia ha sido obtenida a nivel de laboratorio; por consiguiente, es necesario contar con resultados de la aplicación de tales tratamientos en gran escala, y de la evaluación biológica del material resultante, para determinar si realmente es factible utilizar eficientemente esos procesos a nivel comercial.

En cuanto a los cambios químicos operados en el pergamino, cabe señalar que los tratamientos alcalinos no produjeron una delignificación del material, como sucede cuando se aplican tratamientos más severos a forrajes de calidad pobre y a madera (2, 10, 13). Los tratamientos empleados en el estudio aquí descrito produjeron solamente una descomposición de sustancias menos complejas que la lignina, como son la celulosa y la hemicelulosa. Investigaciones de otros autores (5, 11, 13, 14, 19) revelan hallazgos similares con otros materiales altamente fibrosos. Tanto estos trabajos como los de otros investigadores (1, 12), indican que los tratamientos alcalinos moderados incrementan la digestibilidad de tales materiales. Ello se debe no sólo al aumento de compuestos solubles, sino también a un efecto físico de expansión que mejora la capacidad de absorción de agua del material y permite una mayor actividad hidrolítica de las enzimas celulolíticas.

Por el momento no se cuenta con explicación alguna en lo referente a la notoria diferencia que, en el grado de hidrólisis, produjeron los tratamientos con NaOH aplicados en los dos experimentos. De ello se deduce la necesidad de emprender nuevos estudios con el fin de establecer las condiciones en que deben llevarse a cabo los tratamientos para asegurar resultados consistentes.

La menor efectividad del NH_4OH en el presente trabajo concuerda con resultados de otros investigadores (10, 17, 20). Es posible que las condiciones en que se aplicó el tratamiento no sean las más apropiadas para lograr una mayor hidrólisis con este álcali. Por este motivo, también en este caso se requiere determinar las condiciones óptimas para ese propósito, ya que así podría aprovecharse para aumentar también el contenido de nitrógeno del pergamino, con lo cual se lograría mejorar aún más su valor nutritivo.

Resumen

Se llevaron a cabo dos experimentos con el fin de determinar los efectos de diferentes tratamientos alcalinos sobre la composición química del pergamino de café. En el primer experimento, se aplicaron 12 tratamientos a muestras de 10 g de pergamino deshidratado y molido. Estos consistieron en agregarle 50 ml de soluciones de 0, 2,5, 5,0 ó 10 por ciento de NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ó NH_4OH a temperatura ambiente (20°C) durante 24 horas. En el segundo experimento, se agregaron a las mismas cantidades de muestra, 50 ml de soluciones de 0, 2,5, 5,0, 7,5 ó 10 por ciento de NaOH a temperatura ambiente durante 24 horas, o a 130°C y 20 psi, en el autoclave, durante 30 minutos. Todos los tratamientos alcalinos produjeron hidrólisis parcial de las paredes celulares y un aumento de los contenidos celulares, siendo más efectivo en este sentido el NaOH . La mayor temperatura y presión aplicada por medio del autoclave no produjo un efecto adicional sobre la hidrólisis de las paredes celulares por parte de las soluciones de NaOH . Los análisis de los componentes de las paredes celulares revelaron que las sustancias hidrolizadas parcialmente fueron la hemicelulosa y la celulosa, sin que la lignina fuese afectada por los tratamientos.

Literatura citada

- BARTON, F. E., *et al.* Treating peanut hulls to improve digestibility for ruminants. *Journal of Animal Science* 38:860-864. 1974.
- BENDER, F., HEANEY, D. P. y BOWDEN, A. Potential of steamed wood as a feed for ruminants. *Journal Forage Production* 20(4):36. 1970.
- CHANDRA, S. y JACKSON, M. G. A study of various chemical treatments to remove lignin from coarse roughages and increase their digestibility. *Journal of Agricultural Science* 77:11-17. 1971.
- DONEFER, E., ADELEYE, I. O. A. y JONES, T. A. O. C. Effect of urea supplementation on the nutritive value of NaOH -treated oat straw. *In: Gould, R. F., ed. Celluloses and their Applications*. Washington, D. C. American Chemical Society. (Advances in Chemical Series N° 95). 1969. pp. 328-342.
- GUGGOLZ, J., KOHLER, G. O., y KLOPFENSTEIN, T. J. Composition and improvement of grass straw for ruminant nutrition. *Journal of Animal Science*. 33:151-156. 1971.
- GUGGOLZ, J., KOHLER, G. O. y KLOPFENSTEIN, T. J. Enzymatic evaluation of processes for improving agricultural wastes for ruminant feeds. *Journal of Animal Science* 33:167-170. 1971.
- JARQUIN, R., *et al.* Pulpa y pergamino de café. VII. Utilización de pergamino de café en la alimentación de rumiantes. *Turrialba* 24(2):168-172. 1974.
- LAMPILA, M. Experiments with alkali straw and urea. *Annals Agricultural Fenniae* 2:105-108. 1963.
- MELLENBERGER, R. W., *et al.* Digestion of aspen, alkali-treated aspen, and aspen bark by goats. *Journal of Animal Science* 32:756-763. 1971.
- MILLETT, M. A., *et al.* Modifying wood to increase its in vitro digestibility. *Journal of Animal Science* 31: 781-788. 1970.
- NATH, K., SAHAI, K. y KEHAR, N. D. Effect of water washing, lime treatment and lime and calcium carbonate supplementation on the nutritive value of paddy (*Oryza sativa*) straw. *Journal of Animal Science* 28:383-385. 1969.
- OLOLADE, B. G., MOWAT, D. N. y WINCH, J. E. Effect of processing methods on the in vitro digestibility of sodium hydroxide treated roughages. *Canadian Journal of Animal Science* 50:657-662. 1970.
- STONE, J. E., *et al.* Digestibility as a simple function of the accessibility of cellulose to a molecule of similar size to a cellulose enzyme. *In: Gould, R. F., ed. Celluloses and their Application*. Washington, D. C. American Chemical Society. (Advances in Chemical Series N° 95). 1969. pp. 219-242.
- TARKOW, H. y FEIST, W. C. A mechanism for improving the digestibility of lignocellulosic materials with dilute alkali and liquid ammonia. *In: Gould, R. F., ed. Celluloses and their Applications*. Washington, D. C. American Chemical Society. (Advances Chemical Series N° 95). 1969. pp. 197-218.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists* 50:50-55. 1967.
- y WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemist* 51:780-785. 1968.
- WAISS, A. C., Jr., *et al.* Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. *Journal of Animal Science* 35:109-112. 1972.
- WILSON, R. K. y PIGDEN, W. J. Effect of a sodium hydroxide treatment on the utilization of wheat straw and poplar wood by rumen microorganisms. *Canadian Journal of Animal Science* 44:122-123. 1964.
- WOODMAN, H. E. y EVANS, R. E. The nutritive value of fodder cellulose from wheat straw. I. Its digestibility and feeding value when fed to ruminants and pigs. II. The utilization of cellulose by growing and fattening pigs. *Journal of Agricultural Science* 37: 202-210. 1947.
- ZAFREN, S. J. Increasing the feeding value of straw by treatment with ammonia. *Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki* 8:56-63. 1961. *Nutrition Abstracts and Reviews* 32:254. 1962.