

Dehydration and digestibility *in vitro* of coffee pulp silage

José Ramón Ferrer, Gisela Páez, Miguel Chirinos

Laboratorio de Fermentaciones Industriales, Departamento de Ingeniería Bioquímica
Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo - Venezuela

Abstract

A study of coffee pulp dehydration process was carried out in silos, to observe the main pulp components effects on their digestibility *in vitro*.

The pulp was dried in an open yard and daily measurements of absolute humidity percentage, relative humidity percentage and wet bulb temperature were performed. Digestibility percentage *in vitro* was also determined by means of an enzymatic extract of *Trichoderma reesei* QM 9414 cellulase which was added to ensilaged coffee pulp and lignocellulosic coffee pulp samples. Other substracts used were tannin-cellulose and caffeine-cellulose mixtures. Coffee pulp enzymatic activity was determined by using the filter paper technique.

The results obtained indicate that digestibility of ensilaged coffee pulp is directly proportional to its caffeine and tannine content. Conversely, the higher the lignin content in coffee pulp, the lower its digestibility. As polymeric compound, lignin well know by its obstructing action on cellulose hydrolysis. Dehydration of the ensilaged coffee pulp, on the other hand, is a fast process when humidity is lowered to an 8.4% for a two days and 17 hours sun exposure span.

Key words: Silage, digestibility, coffee pulp, dehydration.

Deshidratación y digestibilidad *in vitro* de la pulpa de café ensilada

Resumen

Se llevó a cabo un estudio del proceso de deshidratación de la pulpa de café ensilada, y de los efectos provocados por los componentes principales de la pulpa sobre su digestibilidad *in vitro*.

La metodología empleada involucra un secado en patio al aire libre, con mediciones diarias del porcentaje de humedad absoluta y el porcentaje de humedad relativa. Además, se determinó el porcentaje de digestibilidad *in vitro*, mediante el uso de un extracto enzimático de celulasa de *Trichoderma reesei* QM 9414, sobre diferentes muestras de pulpa de café ensilada y pulpa de café lignocelulósica. Otros sustratos empleados fueron mezclas de taninos y celulosa y cafeína con celulosa. La actividad enzimática se determinó mediante la técnica del papel de filtro.

Los resultados obtenidos conducen a establecer que la digestibilidad de la pulpa de café ensilada, presenta una relación directamente proporcional al contenido de cafeína y taninos, y una relación inversamente proporcional al contenido de lignina. Además, la lignina representa el compuesto polimérico responsable del bloqueo de la acción de la celulasa en la hidrólisis de la celulosa. Por otro lado, la deshidratación de la pulpa de café ensilada es un proceso rápido al disminuir la humedad al 8.4 %, en un lapso de dos días con 17 horas de exposición al sol.

Palabras claves: Ensilaje, digestibilidad, pulpa de café, deshidratación.

Introducción

De los desechos generados en la industrialización del café, uno de los que ha sido de mayor investigación es la pulpa de café. Esto se debe, principalmente, a los grandes volúmenes producidos por zafra, lo cual provoca serios problemas de contaminación ambiental en el área de procesamiento.

La producción de café en el país es representativa del total de productos agrícolas cosechados anualmente, siendo el medio de vida de miles de familias, principalmente en la región andina de Táchira y Trujillo, cuya producción representa el 40% del total de la producción nacional.

El uso de la pulpa de café como complemento de dietas alimenticias para bovinos implica una doble ventaja, ya que por un lado se eliminaría la contaminación generada, y por otro disminuiría los costos de operación de la industria procesadora de café o fundo cafetalero, al generar ganancias dicha comercialización.

La utilización de la pulpa de café como alimento para ganado ha sido estudiada por varios investigadores [1,2]. El interés de su aprovechamiento deriva principalmente de su composición química y en la facilidad de su asimilación. Cuando se proporciona con mieles de purga y hojas de banano, tiene un gusto muy agradable para los bovinos. Los taninos y la cafeína pueden provocar trastornos estomacales, por consiguiente, debe ensilarse la pulpa de café antes de utilizarla.

Cuando se alimentan novillos con niveles del 15 % de pulpa de café seca o ensilada, estos se comportan de manera muy semejante a los que consumen la ración testigo a base de zacate elefante y melaza [3]. Sin embargo, el uso de niveles del 30% se traduce en ganancias de peso muy inferiores a las que acusan los animales con la ración testigo.

Un menor crecimiento de terneros Holstein, alimentados con raciones que contenían 10, 20 y 30% de pulpa de café deshidratada, comparadas con un grupo testigo, ha sido reportado por Jarquin y colaboradores [4]. A pesar de ello, el índice de utilización del alimen-

to no difirió significativamente entre los cuatro grupos de animales que incluyó dicho estudio. Los resultados de determinaciones bioquímicas en el suero sanguíneo no acusaron diferencias entre grupos, y tampoco se observaron divergencias en lo concerniente a nutrientes totales digeribles entre las cuatro raciones.

El uso de pulpa de café deshidratada al sol, pasada por un molino de martillo, en la preparación de raciones con 0, 10, 20 y 30% en sustitución de la cascarilla de algodón, indicó que las ganancias ponderales, así como los índices de eficiencia de utilización del alimento, mantienen una relación inversa con el contenido de pulpa de café en la dieta. Sin embargo, al prolongar el tiempo de alimentación estas diferencias tendieron a ser menores [4]. En las pruebas de digestibilidad efectuadas se constataron mayores discrepancias en cuanto a los nutrientes digeribles totales, notándose cierta mejoría cuando el contenido de la pulpa era mayor, lo cual no se reflejó en el desarrollo de los animales.

Braham, J.E y colaboradores [5], estudiaron los efectos de la alimentación con raciones de 30 y 48 % de pulpa de café ensilada y 30% de pulpa de café sin ensilar, en sustitución de cascarilla de algodón y utilizando 16 terneros Holstein de 140 a 150 días de edad. Los animales se mantuvieron con esta dieta durante 84 días, al final de los cuales fueron sangrados en ayunas. En el suero sanguíneo se determinó proteína, albúmina, nitrógeno de úrea, calcio, fósforo, glucosa, transaminasa glutámico-oxalacética y glutámico-pirúvica, así como ácidos grasos libres. Los resultados revelaron que, todos los grupos que recibieron pulpa de café en la ración, alcanzaron pesos finales y una utilización del alimento inferiores a los del grupo testigo. No hubo diferencias significativas entre los valores sanguíneos de los animales alimentados con la pulpa de café y el grupo testigo, salvo en lo que respecta a ácidos grasos libres en suero, los cuales se encontraron significativamente más elevados en todos los grupos alimentados con pulpa de café.

Este incremento en ácidos libres en el suero sanguíneo se atribuye específicamente a la

cafeína. Aun cuando se desconoce el mecanismo mediante el cual la cafeína aumenta los ácidos grasos libres circulantes, se ha logrado establecer que la cafeína induce a una mayor liberación de las catecolaminas, y que estas aumentan la velocidad de movilización de los ácidos grasos. Además, una de las acciones farmacológicas conocida de la cafeína es el efecto acelerador que ejerce sobre el metabolismo basal. Todas estas acciones, ya sean individuales o combinadas pueden modificar significativamente el apetito, y en consecuencia, el consumo de alimento.

Ahora bien con respecto a la deshidratación de la pulpa de café es de primordial importancia conocer el comportamiento del material a través del proceso de secado, para su uso en gran escala, con el fin de evaluar la factibilidad de esta operación en cuanto al transporte y pre-mezcla de concentrados para bovinos. Las curvas de secado indican que este material puede deshidratarse fácilmente, alcanzándose reducciones desde 85 a 6 por ciento en su contenido de humedad durante el período de secado de grado constante [6]. La deshidratación mecanizada (secador de bandeja a contracorriente) de la pulpa de café, sin que ello represente cambios apreciables en su composición química, se considera un hecho de gran significado para implementar su uso a gran escala [7].

El objetivo del presente trabajo es estudiar las características del proceso de deshidratación de la pulpa de café ensilada al aire libre (en patio) y los efectos de los componentes de la pulpa de café ensilada sobre la digestibilidad *in vitro* del material, usando un extracto enzimático de celulasa.

Procedimiento Experimental

Deshidratación de la pulpa de café ensilada

La pulpa de café ensilada 5 meses, fue sometida a un proceso de deshidratación para determinar las características de secado.

Para tal fin, se determinó el porcentaje de humedad con el tiempo, en un patio de cemento, con un área de 2 mts. cuadrados y un espesor de pulpa de café de 5 centímetros. Además, se determinó el porcentaje de humedad relativa del aire ambiente durante el proceso.

Digestibilidad de la pulpa de café ensilada y seca

Los ensayos de digestibilidad enzimática se realizaron utilizando la técnica descrita por Jones y Haywarth [8], modificada para la pulpa de café ensilada.

El extracto de celulasa de la cepa *Trichoderma reesei* QM 9414, se preparó siguiendo la metodología establecida por Stenberg [9], usando avicel en una concentración del uno por ciento, como única fuente de carbono. El medio mineral utilizado fue el recomendado por Mandels y Weber [10], el cual consiste de 2.0 g/l de KH_2PO_4 ; 1.4 g/l de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0.3 g/l de CaCl_2 ; 0.3 g/l de urea; 5.0 mg/l de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 1.56 mg/l de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 1.4 mg/l de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 2.0 mg/l de CoCl_2 . El pH del medio se ajustó a 4.5.

La medida de la actividad enzimática se realizó mediante el método de papel de filtro [10]. Los azúcares reductores residuales se midieron usando la técnica del ácido dinitrosalicílico modificado, con patrón de glucosa a 585 nm. Una unidad de papel de filtro (UPF) de actividad enzimática es equivalente a 0.25 mg de glucosa producidos a 50°C y 1 hora de incubación.

Las muestras se preparan a partir de pulpa de café lignocelulósica [11], estableciéndose en ellas diferentes concentraciones de taninos, cafeína, lignina y celulosa.

También se llevaron a cabo ensayos de digestibilidad enzimática en muestras de celulosa pura (avicel), con diferentes concentraciones de cafeína y taninos. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

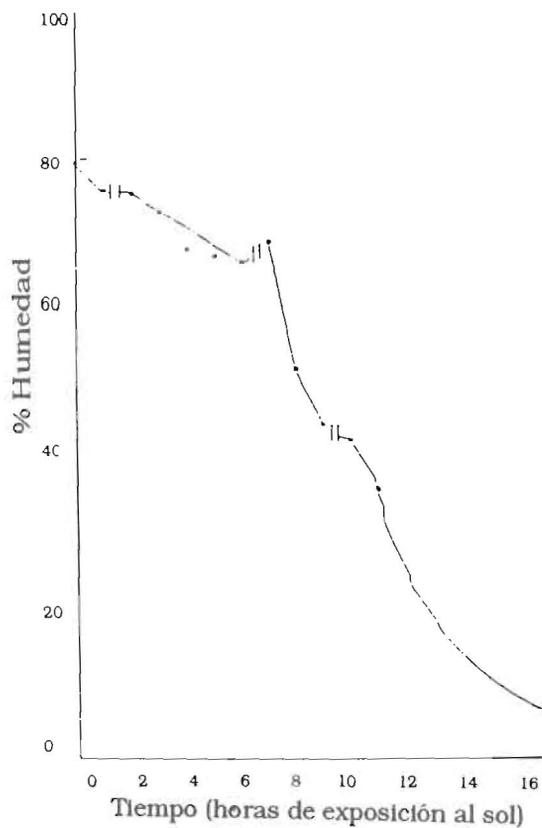


Figura 1. Variación de la humedad de la pulpa de café ensilada durante el secado al sol, -|- horas sin sol.

Resultados y Discusión

Deshidratación de la pulpa de café ensilada

La temperatura ambiente durante el proceso osciló entre 26 y 32°C y el porcentaje de humedad relativa varió entre 54 y 69%. Estos

valores son adecuados para un secado rápido de la pulpa de café ensilada. Por otro lado, la cantidad de movimiento aplicado al material, resultó ser un factor importante en la velocidad de secado.

En la Figura 1 se observa la curva de secado correspondiente al secado en el patio de la pulpa de café ensilada. De esta se puede establecer un tiempo de secado de dos días, con 17 horas de exposición al sol.

Durante el proceso se logra reducir la humedad a 8.4%, la cual es suficiente para almacenar el material y minimizar los problemas de descomposición por microorganismos.

El secado se realizó en época de verano, correspondientes a los meses inmediatos al final de la zafra, demostrándose con esto que el material se puede secar en los patios de la central cafetalera, en un lapso de tiempo en el cual éstos se encuentran sin uso.

Digestibilidad de la pulpa de café ensilada y seca

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la digestibilidad enzimática de la pulpa de café fresca, ensilada, control y lignocelulósica. Se observa que el mayor porcentaje de digestibilidad corresponde a la pulpa de café ensilada (55.38%) y el menor porcentaje de digestibilidad a la pulpa de café lignocelulósica (29.10%).

En esa misma tabla aparecen las diferentes concentraciones de taninos, cafeína, celulosa y lignina correspondiente a los tipos de pulpas estudiadas.

Tabla 1

Digestibilidad, concentración de taninos, cafeína, lignina y celulosa para la pulpa de café ensilada, fresca, control y lignocelulósica

Muestra	Digestibilidad (%)	Taninos (% P/P)	Cafeína (% P/P)	Lignina (% P/P)	Celulosa (% P/P)
Ensilada	55.38	0.70	0.66	21.86	20.18
Fresca	47.20	1.95	0.85	24.90	19.50
Control	40.40	0.28	0.24	33.63	28.25
Lignocelulósica	29.10	0.21	0.24	31.79	29.90

Los resultados indican que las muestras con menos concentración de cafeína y taninos, pero con mayor concentración de celulosa y lignina, presentaron el menor porcentaje de digestibilidad. Esto conlleva a establecer como factor principal del bloqueo de la acción de la enzima celulasa en la hidrólisis de la celulosa, la presencia de altas concentraciones de lignina, lo cual está de acuerdo con estudios realizados por otros investigadores [6,9,11,12].

En la Tabla 2 se presenta la variación del porcentaje de digestibilidad para diez muestras de concentraciones diferentes de taninos, cafeína, celulosa y lignina.

Del análisis de estos resultados se puede establecer que el porcentaje de digestibilidad presenta una relación directamente proporcional al contenido de cafeína y taninos.

Esto contradice completamente lo reportado por algunos investigadores [5,13,14,15], los cuales plantean una relación inversamente proporcional de tales parámetros.

Por otro lado, se observa claramente lo establecido acerca del efecto de la lignina sobre el acceso de la enzima celulasa al sustrato, ya que la relación entre el porcentaje de digestibilidad y la concentración de lignina es inversamente proporcional, aunque la concentración del sustrato celulosa se incrementa proporcionalmente.

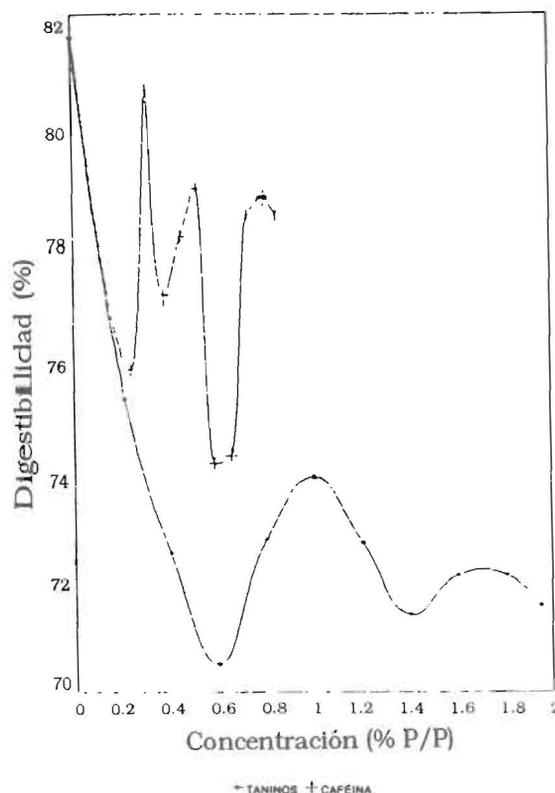


Figura 2. Variación de la digestibilidad de la celulosa con la concentración de taninos y cafeína.

El efecto de la concentración de taninos sobre el porcentaje de digestibilidad de la celulosa pura se observa en la Figura 2.

Los resultados muestran una ligera disminución (de 75.4% a 71.65%) en el porcentaje de

Tabla 2
Digestibilidad de mezclas de pulpa de café

Pulpa seca (mg)	Pulpa lignocelulósica (mg)	Cafeína (% P/P)	Taninos (% P/P)	Lignina (% P/P)	Celulosa (% P/P)	Digestibilidad (%)
0.00	1000.00	0.24	0.21	31.79	29.90	29.10
110.72	889.28	0.31	0.40	31.02	28.74	31.85
225.47	774.53	0.38	0.60	30.23	27.55	32.48
340.22	659.78	0.45	0.80	29.44	26.36	32.88
454.96	545.04	0.52	1.00	28.65	25.16	37.35
569.71	430.20	0.59	1.20	27.86	23.97	36.78
684.45	315.55	0.66	1.40	27.07	22.78	40.05
799.20	200.80	0.73	1.60	26.28	21.58	41.98
913.94	86.06	0.80	1.80	25.49	20.39	44.13
1000.00	0.00	0.85	1.95	24.90	19.50	47.20

digestibilidad para el rango de concentraciones estudiadas.

La comparación con los resultados de la Tabla 2, en el mismo rango de concentraciones de taninos, indica que existen otros compuestos, en la pulpa de café que influyen en mayor grado que los taninos en la disminución del porcentaje de digestibilidad.

La cafeína, un alcaloide, al cual algunos investigadores le han atribuido efectos negativos sobre el porcentaje de digestibilidad de la pulpa de café [2,3,4,5,14,15], no representó un compuesto muy influyente en el porcentaje de digestibilidad de celulosa pura (ver Figura 2), en el rango de concentraciones presentes en la pulpa de café.

Conclusiones

- i. La deshidratación de la pulpa de café ensilada, a una temperatura ambiente entre 26 y 32°C, y una humedad relativa entre 54 y 69%, es un proceso rápido al disminuir la humedad a 8,4%, en un lapso de dos días con 17 horas de exposición al sol.
- ii. El proceso de secado de la pulpa de café ensilada se puede llevar a cabo en los patios de la Central Cafetalera, una vez terminada la zafra.
- iii. La pulpa de café ensilada presenta el mayor porcentaje de digestibilidad (55,38%), al compararse con pulpa de café fresca (47,20%), con la pulpa de café control (40,40%) y la lignocelulósica (29,10%).
- iv. El porcentaje de digestibilidad de la pulpa de café presenta una relación directamente proporcional al contenido de cafeína y taninos.
- v. El porcentaje de digestibilidad de la pulpa de café presenta una relación inversamente proporcional al contenido de lignina.
- vi. La lignina representa el compuesto polimérico responsable del bloqueo de la acción de la enzima celulasa en la hidrólisis de la celulosa.
- vii. La presencia de taninos y cafeína, en las concentraciones presentes en la pulpa de

café, no afecta sensiblemente el porcentaje de digestibilidad de la celulosa pura.

Reconocimiento

Este trabajo fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES).

Referencias Bibliográficas

1. Ferrer, J.R. "Alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de la pulpa de café". Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Trabajo de Ascenso. 1985.
2. Squibb, R.L. "El empleo de la pulpa de café como alimento de ganado". *Rev. Agric.*, Vol. 17, No. 1, (1945), 389-401.
3. Vargas, E.; Cabezas, M.T.; Murillo, B.; Braham, J.E. y Bressani, R. "Efectos de altos niveles de pulpa de café deshidratada sobre crecimiento y adaptación de novillos jóvenes" INCAP, Guatemala, 1982.
4. Jarquin, R.; González J.M.; Braham, J.E. y Bressani, R.: "Pulpa y pergamino de café II. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de rumiantes". *Turrialba*, Vol. 23, No. 2, (1973), 46-48.
5. Braham, J.E.; Brassani, R.: "Coffee pulp. Composition, technology and utilization". *Internacional Research Center*. Canadá, 1979.
6. Molina, M.R.; De la Fuente, G.; Gudiel, H. y Bressani, R. "Pulpa y pergamino de café XII. Estudios básicos sobre la deshidratación de la pulpa de café". *Turrialba*, Vol. 24, No. 1, (1974), 280-84.
7. Ferrer, J. R. y Carrizales, V. "Recycling Agroindustrial waste by lactic fermentations: Coffee pulp silage". *Lactic fermentations in the food industries Symposium*. U.N.A.M. México, 1984.
8. Jones, D. and Haywarth, M. "A cellulase digestion technique for predicting the dry matter digestibility of grasses". *J. Sci. Fd.* Vol. 24, No. 1, (1978), 1419-1416.
9. Stenberg, D. "Production of cellulase by

- Trichoderma". *Biotechnol. Bioeng. Symp.*, Vol. 6, No. 2, (1976), 35-53.
10. Aiello, C. "Producción de la celulosa por fermentación de bagazo de caña de azúcar". Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Tesis de Grado. 1986.
11. Ferrer, X. "Procesamiento de la pulpa de café para producir alcohol etílico y alimento animal". Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Tesis de grado. 1987.
12. Rodríguez, J. y Mira, A. "Utilización de los subproductos agrícolas como materia prima celulósica". *Ingeniería Química. España.* 1989.
13. Fox, D.J. Gray, P.P.; Dunn, N.W. and Marsden, W.L. "Comparison of alkali and steam (acid) pretreatment of lignocellulosic materials to increase enzymic susceptibility. Evaluation under optimised pretreatment conditions". *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, Vol. 44, No. 2, (1989), 135-146.
14. Ternrud, I.E.; Lindberg, J.E.; Magnusson, A-T and Theanderder, O. "Rumen degradation of cell wall polysaccharids in untreated and alkali-treated straws and cereal brans" *J. Sci. Food. Agric.* Vol. 42, No. 2, (1988), 9-18.
15. Slobodanka, K.; Vandeska, E. and Dimitrivski, A. "Production of mycelial protein and cellulolytic enzymes from food wastes". *J. Ind. Microb.* Vol. 7, No. 2, (1991) 257-262.

Recibido el 25 de Enero de 1993

En forma revisada el 21 de Julio de 1994