

FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO (FES) DE LA PAPA (SOLANUM TUBEROSUM), COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Mónica Andrea Moyano Bautista¹, L. M. Borrás Sandoval² y A. Elías Iglesias³. 2016. Engormix.com.

1.-Médico Veterinario Zootecnista, Esp. Docente auxiliar en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Investigador

Grupo de Investigación en Bioquímica y Nutrición Animal, Tunja.

2.-Zootecnista, Esp. Mg. PhD(c). Docente asistente en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos de los animales; tablas; análisis](#)

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo ampliamente consumido a nivel mundial por su alta calidad energética; igualmente, los residuos de las cosechas son usados como alimento en las producciones animales. Sin embargo, la papa cruda por sí sola no aporta la cantidad proteica requerida, por lo que se han venido estudiando alternativas que mejoren su calidad nutricional. Este ensayo tuvo como objetivo principal determinar el efecto de la fermentación en estado sólido sobre los valores nutricionales. Para esto se preparó una mezcla con 90% de papa; 5% salvado de trigo; 0,5% de sulfato de sodio; 2% de melaza; 1% de urea; 0,5% de premezcla mineral y 1% de microorganismos eficientes. Este producto se sometió a diferentes tiempos (24 y 48h) y temperaturas (20, 25, y 30°C) de fermentación para analizar valores de humedad (%H), materia seca (%MS), cenizas (%CZ), amoníaco (%NH₃), Proteína Cruda (%PC), Proteína verdadera (%PV), Fibra cruda (%FC), y la cantidad Ácidos grasos volátiles totales (mEq/L AGV). Luego de la fermentación se observaron valores de PC hasta del 21% y PV hasta de 12,46%, con relevancia estadística (P<0.01). Infiriendo que el producto FES papa es una excelente opción de alimento energético –proteico para suministro en las producciones animales de la región.

Palabras clave: Almidón, microorganismos, energía, proteína.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las actuales alternativas de alimentación que emplean procesos tecnológicos económicamente viables, ha tenido gran auge, la denominada “Fermentación en Estado Sólido–FES” que es un proceso que consiste en el crecimiento de microorganismos sobre materiales sólidos texturizados y porosos sin la presencia de agua con el fin de optimizar la cantidad de proteína contenida en los alimentos que se consumirá el animal. La FES es usada a nivel comercial para la producción de diferentes alimentos fermentados, obtención de enzimas, metabolitos secundarios y para la bioconservación de residuos orgánicos en productos útiles (Pérez, 1996). En este sentido, esta tecnología permite el uso de residuos de subproductos agroindustriales y de cosechas en las fincas como materia prima para alimentación animal, implicando disminución en los costos de producción por reducción en la compra de alimentos comerciales que complementen la dieta, control en el impacto medioambiental por desechos orgánicos y un gran beneficio a nivel nutricional para los animales. A nivel mundial se han empleado desechos de cultivos como la caña de azúcar, el bagacillo de arroz, el garbanzo, los frutales, el cacao, la yuca, entre otros, que por contener una cantidad importante de carbohidratos, se convierten en sustratos adecuados para el desarrollo de procesos FES. La papa (*Solanum tuberosum*, sp. *Tuberosum*) es un cultivo que se ha ganado un espacio en la utilización de sus tubérculos como materia prima en la industria de alimentos. La papa es el cuarto producto en importancia alimenticia después del maíz, trigo y arroz. Este cultivo en Colombia representa, en promedio, un 32% de la producción de los cultivos transitorios. El área cosechada en hectáreas, para el año 2009 fue de 156.5682. De esta cantidad, ya sea por exceso en la oferta o por baja calidad del producto, el porcentaje de pérdida es bastante elevado, representando un 14% (Loyola et al., 2010). El potencial en los rumiantes es muy grande, pues al tener gran cantidad de almidón, se convierte en una fuente importante de carbohidratos (CHO's) que aportan energía en la dieta. Los carbohidratos, conforman el 70% o más de la MS consumida y aportan la mayor parte de la energía, incluyendo el "efecto fibra". La literatura reporta porcentajes de humedad aproximada del 75%, proteína 6-12%, fibra 1-10% cenizas 4-6% y contenido de almidón del 60-80%). Sin embargo, este tubérculo tiene el inconveniente de poseer una concentración proteica baja y de pobre valor biológico. Por ello se deben plantear alternativas que potencien la composición nutricional de la papa para la alimentación y optimización de los parámetros pro-

ductivos de los animales. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue Estimar el efecto de la temperatura y tiempo sobre el producto final de la Fermentación en estado sólido (FES) de la papa (*Solanum tuberosum*) como alternativa para la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), ubicada en la avenida central del norte, vía Tunja – Paipa, en el municipio de Tunja, Departamento de Boyacá. El Departamento de Boyacá, tiene una superficie de 23.189 km². Está situado en el centro del país, limita al Norte con los Departamentos de Santander y Norte de Santander y la República de Venezuela, al Oriente con los Departamentos de Arauca y Casanare, al Sur con los Departamentos del Meta y Cundinamarca, y al Occidente con el Departamento de Antioquia, del que está separado por el río Magdalena (Información del departamento de Boyacá). El departamento es conocido por la belleza de sus paisajes por sus riquezas arquitectónicas y sus atractivos religiosos culturales e históricos y por ser uno de los departamentos pioneros en la producción de papa.

Preparación del alimento FES papa. En la preparación del producto FES papa se empleó tubérculo completo de papa obtenida comercialmente, previamente limpio y picado finamente; y se añadió los siguientes ingredientes y fuentes energéticas, así: 90% de papa, 5% material secante (Salvado de trigo); 2% de melaza, 1% de urea; 1% de microorganismos eficientes, 0,5% pre-mezcla mineral y 0,5% de Sulfato de Sodio. Estos ingredientes se mezclaron hasta obtener una pasta homogénea lo que denominamos producto fes papa; parte de este se dispuso para realizar los análisis de composición nutricional e indicadores fermentativos del producto a la hora 0 y a temperatura ambiente; y el producto restante se distribuyó en bolsas plásticas selladas no herméticamente para incubar a diferentes temperaturas y periodos de tiempo, según tratamientos, cada bolsa representó una unidad experimental, con tres repeticiones cada uno (tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos empleados según temperatura y tiempo de fermentación.

Tratamiento 0	0 H
Tratamiento 1	24 H 20°C
Tratamiento 2	24 H 25°C
Tratamiento 3	24 H 30°C
Tratamiento 4	48 H 20°C
Tratamiento 5	48 H 25°C
Tratamiento 6	48 H 30°C

Después de la incubación, el contenido de las bolsas de cada tratamiento fue recolectado en su totalidad y homogenizado, luego se tomaron 5 g de muestra que se colocaron en un Erlenmeyer de 100 mL y se les adicionó 45 mL de agua destilada estéril (fresca). La preparación se agitó durante 30 minutos en un agitador eléctrico marca Adams® y posteriormente se obtuvo el filtrado mediante gases estériles para medición del pH en un potenciómetro automático marca Okaton®.

Análisis químico. El porcentaje de nitrógeno amoniacal (%N-NH₃) se determinó por Conway (1957) y ácidos grasos de cadena corta totales (AGCCt) según Cottyn y Boucqué (1968). El total de los sólidos que quedó en las bolsas se secaron a 60°C y se molieron en un martillo marca UDY®, con criba de 1 mm, para análisis bromatológico mediante las siguientes técnicas analíticas: Humedad (%H) y Materia seca (%MS) por secado a 60°C durante 24 h en estufa de secado, Cenizas (%CZ) por calcinación a 550°C durante 4 h en mufla y Proteína Cruda (%PC) por técnica kjeldahl, métodos establecidos por AOAC (1995); Proteína de filtrado (PF) según protocolo Instituto Ciencia Animal, Cuba, precipitándola con una solución de Sulfato cúprico al 6% e Hidróxido de sodio al 1,25% y sometiéndola posteriormente a digestión kjeldahl, basado en método Berstein (1983) y la Proteína Verdadera (%PV) se calculó por diferencia (PC-PV), métodos citados por (Ramos, 2005). La Fibra cruda (%FC) se determinó de acuerdo a la Norma mexicana NMX-F-090-S-1978 (Dirección general de normas México, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) para humedad, materia seca, cenizas y proteína cruda. Se observa un coeficiente de determinación (R^2) de 75% para humedad y materia seca, de 79.7% para cenizas y de 86% para proteína cruda, lo que indica que los tratamientos explican en alto porcentaje la variación total para estas variables. También se hallaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para las variables ácidos grasos volátiles y proteína verdadera con un coeficiente de determinación de 49 y 48% respectivamente, indicando que los tratamientos explican un buen porcentaje de la variación total. Las variables amoniaco y fibra cruda no mostraron diferencias significativas (NS) y presentaron un coeficiente de determinación de 31 y 23% respectivamente. En la tabla 2 se presentan los valores promedio de cada una de las va-

riables en cada uno de los tratamientos y las diferencia entre ellos (anexos 2-9), posteriormente se analizará y realizará la discusión para cada variable evaluada.

Tabla 2. Promedios de cada una de las variables en los diferentes tratamientos.

VARIABLE	TRATAMIENTOS						Sign
	T1 24H20°C	T2 24H25°C	T3 24H30°C	T4 48H20°C	T5 48H25°C	T6 48H30°C	
Amoniaco	0.0052 ^b	0.0092 ^a	0.0090 ^a	0.0047 ^b	0.0054 ^b	0.0033 ^b	**

(%N-NH ₃)							
AGV (mEq/L)	0.6228 ^b	5.7855 ^a	1.6297 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	**
Humedad (%)	80.7 ^a	60.5 ^b	61.4 ^b	61.8 ^b	80.8 ^a	82 ^a	**
Materia seca (%)	19.3 ^b	39.4 ^a	38.5 ^a	38.1 ^a	19.1 ^a	17.9 ^a	**
Cenizas (%)	7.8 ^c	8.3 ^c	13.9 ^a	16.1 ^a	11 ^b	6.6 ^c	**
Proteína cruda (%)	16.6 ^b	20.8 ^a	20.2 ^a	21.0 ^a	14.8 ^c	14.8 ^c	**
Proteína verdadera (%)	10.8 ^{a,b}	12.4 ^a	7.8 ^d	10.3 ^{b,c}	10.6 ^{a,b}	8.2 ^{c,d}	**
Fibra cruda (%)	14.2 ^{a,b}	8.4 ^{b,c}	9 ^{b,c}	17.6 ^a	9.7 ^{b,c}	7.2 ^c	**

^{a,b,c,d} Letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas. ** (P<0.01)

Ácidos grasos volátiles. Los ácidos grasos volátiles presentaron un incremento significativo (P<0.01) a las 24 h y 25°C de fermentación, pero en los muestreos de las 48 h se hallaron valores de 0 mEq/L, indicando que quizá por su condición volátil se evaporan a mayor temperatura y tiempos mayores de 24 h de fermentación. La alta concentración de AGVt en el tratamiento 2 durante el proceso de FES papa, se relaciona con otros experimentos (Ramos et al., 2005) donde se ha empleado menos del 2% de urea en Fes caña de azúcar (Ramos et al., 2005), puede limitar la disponibilidad del NH₄ para los microorganismos debido a la baja cantidad de urea.

Humedad y materia seca. Se observó que a las 24 h de fermentación los %H disminuyeron significativamente (P<0.01) y a las 48 h nuevamente los valores de H aumentaron; indicando también el aumento y la posterior disminución (P<0.01) de %MS a las 24 y 48 h de incubación, respectivamente.

Proteína cruda y proteína verdadera. Los valores de proteína cruda reportados para la papa cruda son 6-12% en base a materia seca. En un estudio previo realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de la UPTC (Fonseca, 2013) se determinó un valor de 7,73% de PC en la papa cruda; valores superados significativamente (P<0.01) al someter los residuos de papa a FES llegando a ser hasta del 21% en producto fermentado por 48h a 20°C, seguido de valores de 20,8; 20,2; 16,6; 15,4 y 14,7% en T3, T4, T2, T7 Y T6 respectivamente (P<0.01). Adicionalmente, a la hora 0 y temperatura ambiente, que también fue valorada, se observó un 15.5% PC que pudo deberse a la adición de urea. Estos valores superan otros trabajos donde se suministró papa, en Antioquia (Colombia) usando papa Capira para alimentación de vacas Holstein con porcentajes de proteína cruda de 13,6% en base a materia seca (Montoya et al., 2004). En cuanto a la proteína verdadera es el indicador más importante de la síntesis microbiana. Por tanto los incrementos observados en éste parámetro confirman que los carbohidratos y el nitrógeno ureico fueron utilizados en la formación de protoplasma celular (Rodríguez et al., 2001), indicando que la máxima eficiencia alcanzada para el paso de nitrógeno no proteico a nitrógeno proteico se lleva a cabo cerca a las 96 h de fermentación con adición del 1% de urea a la mezcla. A raíz de varios estudios de FES, se infiere que los valores de PC y PV están relacionados a la cantidad de AGVt y el pH, por ejemplo, en el Sacchasorgo los contenidos de PVE son ligeramente inferiores, en muestras con menor concentración de AGVt y pH. Al respecto Pandey et al., (2001) citado por (Ramos 2005), mencionan que uno de los mayores problemas de la FES es la heterogeneidad del proceso.

REFERENCIAS

- Pérez Quilantan, L.M. (1996). Fermentación en estado sólido del Mijo de perla (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) por *Rhizopus oligosporus* para la obtención de un producto rico en proteína [Tesis de maestría]. Monterey: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nueva León
- Loyola, N., Oyarce, E. & Acuña, C. 2010. Evaluación del contenido de almidón en papas (*Solanum tuberosum*, sp. *tuberosum* cv. *desirée*), producidas en forma orgánica y convencional, en la provincia de Curicó, región del Maule. *Indesia* (Chile), 28 (2):41-52

- Ramos Juárez, J.A. 2005. Obtención de un concentrado energético proteínico por fermentación en estado sólido de la caña de azúcar para bovinos en ceba [Tesis doctoral]. La Habana: Instituto de Ciencia Animal, Departamento de ciencias biofisiológicas.
- Fonseca, D. 2013. Evaluación de una dieta con diferentes porcentajes de inclusión de papa fresca mezclada con un alimento a base de harinas sobre la producción y calidad de leche en vacas Holstein [Tesis de grado]. Facultad de ciencias Agropecuarias: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Montoya, N., Pino, I.D.& Correa, H.J. (2004). Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. *Rev Col CiencPec (Medellín)*, 17(3):241-249.
- Rodríguez, Z., Elías, A., Boucourt, R.& Núñez, O. 2001. Efectos de los niveles de nitrógeno ureico en la síntesis proteica durante la fermentación de mezclas de caña (*Saccharumofficinarum*) y boniato (*Ipomea batata Lam.*). *Rev. cubana Cien. Agric*, 35(1):29-36.

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos de los animales; tablas; análisis](#)