

## ESTUDIO FISICO - QUIMICO Y DETERMINACION DEL VALOR PROTEICO DE LOS LODOS DE FERMENTACION.

Myriam E. Tello C.\*  
Oscar Hurtado Amézquita\*\*  
Martha R. Amézquita E.\*  
Víctor Jairo Acevedo\*

### RESUMEN

Se realizó el análisis físico-químico de los lodos de fermentación en una industria licorera; igualmente se determinó su contenido proteico, con la cuantificación de aminoácidos; además se valoraron algunas vitaminas y minerales presentes.

Los resultados muestran un alto contenido protéico (23% ), al igual que altos porcentajes de grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales que nos llevan a sugerir la utilización de estos lodos de fermentación como base para la preparación de concentrados para alimentación animal.

### SUMMARY

A physicochemical analysis of the fermentation muds produced by a liquor industry was made; at the same time protein content, aminoacids quantification and some vitamins and minerals were determined.

Results show a high protein content (23% ) also a high percentage of fat, carbohydrates, vitamins and minerals, so we can suggest the use of those fermentation muds as a base to prepare animal feed concentrates.

### INTRODUCCION

Los procesos industriales utilizados para la producción de alcohol, generan en cada etapa residuos que de una u otra manera contribuyen a deteriorar el medio ambiente. En la planta de producción de alcohol, luego de llevar a cabo la fermentación y destilación, quedan como residuos los lodos de fermentación o lodos de fondo, que aunque no son los re-

síduos eliminados en mayor volumen, si son los que tienen mayor potencial contaminante, debido a la gran cantidad de sólidos suspendidos y material orgánico que contienen.

Hasta el momento este material viene siendo utilizado en el mundo como fertilizante, para aumentar la producción de biomasa y en alimentación animal. En el presente trabajo se determinó el potencial nutricional con la cuantificación de aminoácidos, vitaminas y minerales presentes, lo que constituye una base fundamental para la utilización de estos lodos en la industria de concentrados para animales.

**GENERACION DE LODOS:** En la producción de alcohol se utiliza miel como materia prima, la cual después de su recepción es diluída y llevada a un pH adecuado con ácido sulfúrico, esto recibe el nombre de mosto. Parte de este mosto se emplea para preparar el inóculo en el tanque de prefermentación, adicionando úrea y fosfato de amonio como nutrientes y manteniendo la temperatura entre 28 y 30°C, esto sirve de alimento para las levaduras (*Sacharomices Cerevisiae*), que en un lapso de 3 a 4 horas, deben reproducirse pasando de una población de 60-70x10<sup>6</sup> cel/mL a 250 x 10<sup>6</sup> cel/mL, este proceso se lleva a cabo en condiciones aeróbicas. Una cantidad determinada de este mosto se pasa a cada una de las cubas de fermentación que son completadas a volumen con el mosto proveniente de dilución, luego se cierran las cubas y se inicia la fermentación, proceso anaeróbico en el cual las levaduras toman el azúcar y la transforman en alcohol y CO<sub>2</sub>, en un lapso de 12 a 18 horas. El contenido de la cuba se denomina vino, se deja decantar y se somete a destilación, proceso que dura aproximadamente 20 horas, quedando como residuo en la cuba los llamados lodos de fermentación.

\* Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Depto. de Farmacia. A.A. 14490. Bogotá, D.E.

\*\* Químico Empresa de Licores de Cundinamarca. A.A. 5448. Bogotá, D.E.

**UTILIZACION DE LOS LODOS:** Según reportes hechos de estudios realizados en otros países acerca del uso de los lodos de fermentación, se destacan:

**1. RECICLAMIENTO DE LEVADURAS:** En la fermentación convencional la población inicial de levaduras, debe ser de 50 a 60 millones de células/mL que para su formación consumen de un 2 a 3% de azúcar. La moderna industria del alcohol utiliza sistemas tipo Bacth continuos, buscando tiempos de fermentación cortos y alta producción de alcohol con el aumento de la concentración de levaduras, operación que se logra empleando o reciclando la ya utilizada y que ha venido quedando en los lodos de fermentación (1).

Con una concentración de levadura entre 10-15 gr/Lt de sustrato, la fermentación se logra entre 12 y 16 horas utilizando melaza como sustrato; con un aumento en la concentración de levadura, el tiempo se ha logrado reducir a 8 horas o menos (1).

**2. FUENTE DE PROTEINA UNICELULAR:** La proteína unicelular identifica alimentos protéicos derivados de microorganismos unicelulares que crecen en cultivos sumergidos en diversas fuentes y desperdicios, también se conoce como proteína microbiana o biomasa. Algunas ventajas para la utilización de microorganismos en la producción de proteína unicelular son:

Los microorganismos para su desarrollo no dependen de condiciones climáticas y agrícolas, sino que se controlan totalmente en grandes fermentadores, con tiempos de duplicación de la masa microbiana muy cortos, posibilidad de experimentación genética con miras al mejoramiento de las cepas para así lograr mayor producción a menor costo (2).

El número de sustratos utilizados para la producción de proteína unicelular se ha incrementado para tratar de aprovechar materiales que por lo general son desechos industriales y agrícolas. Los sustratos se han clasificado en renovables y no renovables. Los no renovables son fundamentalmente derivados del petróleo, como n-parafinas y gasóleo que se utilizan en la producción de levaduras (3). Dentro de los renovables están la melaza, sub-productos de la caña de azúcar como el bagazo (4), el metanol y algunos desechos de animales.

Hasta el momento, la proteína unicelular solo se ha usado para el consumo animal y para el futuro se deberá perfeccionar la tecnología para que pueda ser ingerida directamente por el hombre. De lograrse, será un avance en la lucha contra la desnutrición. Sin embargo, el verdadero valor de la proteína se debe establecer comparándola con otras opciones, pues requiere de grandes inversiones, poca mano de obra y procesos complejos. Además, su precio debe ser competitivo con las fuentes conocidas.

**3. ALIMENTACION ANIMAL:** Debido a que la alimentación es el renglón más costoso en la producción animal, principalmente por la escasez de fuentes tradicionales de proteína y cuya demanda ha aumentado considerablemente en los últimos años, mientras su disponibilidad presenta incrementos muy bajos, se ha decidido experimentar con sub-productos agroindustriales que tienen poca utilización, un costo relativamente bajo y no compiten con el consumo humano. Además de que estos subproductos posean un gran valor nutritivo, deben tener ciertas características físicas que le den buena apariencia y palatabilidad.

En un alimento hay componentes que desempeñan una función útil, lo cual garantizará un completo mantenimiento y desarrollo de los animales; estos componentes se consideran como parámetros alimenticios y son: Proteína, carbohidratos, lípidos, fibra, vitaminas y minerales (5-6).

## PARTE EXPERIMENTAL

1. Toma de la muestra y acondicionamiento. Las cubas de fermentación tienen una capacidad aproximada de 76 m<sup>3</sup> de los cuales se hacen aprovechables únicamente 55 m<sup>3</sup>; luego de terminada la destilación del alcohol, los lodos quedan en un volumen aproximado de 2 m<sup>3</sup>, de los cuales se muestrearon 2 Lts. en forma puntual (7).

2. A la muestra así recolectada, en forma inmediata se realizaron análisis de:

- pH, acidez, cantidad de efluente líquido, sólidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno.

3. Parte de la muestra original se centrifugó a 20.000 RPM durante 20 minutos, separado el sobrenadante se secó el centrifugado en la estufa a 70°C por 24 horas. Luego se maceró y guardó refrigerado. A la muestra así acondicionada se realizaron análisis de:

- Humedad, sólidos fijos y volátiles, nitritos, nitrato, nitrógeno amoniacal, proteína, grasa, fibra y cenizas en las que se determinaron algunos metales; también se cuantificaron por HPLC algunos aminoácidos y vitaminas.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

**1. Poder contaminante**

En la Tabla No. 1 se muestran los datos obtenidos para los ensayos realizados a la muestra entera, parámetros utilizados en la evaluación del poder contaminante de desechos industriales. Estos presentan gran variabilidad que puede ser debida a la presencia de nutrientes, que aunque en pequeñas cantidades pueden permitir que la levadura siga su curso de fermentación, o favorecer el crecimiento de otras especies bacterianas, variando de hecho características tanto físicas como químicas.

Observando el valor de pH (4.0) y con el cálculo de la población equivalente que corresponde a los lodos desechados por día según la DBO<sub>5</sub> que es de 2.313 habitantes, se puede concluir que aunque son altos, si se tienen en cuenta los efluentes totales de la industria, estos valores no son apreciablemente significativos, debido a que el volumen desechado de lodos (aprox. 800Kg/día) comparado con el de vinazas es mucho menor (8).

**TABLA No. 1  
RESULTADOS OBTENIDOS A MUESTRA ENTERA**

Parámetros	Valor Promedio	S	CV
pH	4,0	0,044	0,011
Acidez			
mg CaCo <sub>3</sub> /Lt	4.587,4	1.054.1	0.22
Sólidos totales %	24,93	2.35	0.09
DBO <sub>5</sub>			
/mg O <sub>2</sub> /Lt	144.559	36.002	0.24
DQO mg O <sub>2</sub> /lt	207.161	20.592	0.09
Glucosa (g/Lt)	1,76	0,64	0,36

n = 20

**2. Valor Nutricional**

En la Tabla No. 2 se presentan los resultados para los análisis realizados a la muestra tratada. Es de resaltar que los lodos de fermentación son un desecho que potencialmente tiene alto valor nutritivo, pues el contenido protéico es alto con un promedio de 23.14% . Según este resultado, bien pudiera ser aprovechado como una buena base en la industria de concentrados para la alimentación de porcinos y aves principalmente, ya que los requerimientos de proteína dependiendo de la edad, son de 15-20% para aves y 13-27% para la porcicultura (9-10).

**TABLA No. 2  
RESULTADOS DE ANALISIS EN BASE SECA**

Parámetros	Valor Promedio	S	CV
Humedad %	9.05	1.73	0.19
Sólidos Volátiles %	85.58	1.42	0.016
Proteína %	23.14	1.80	0.070
Grasa %	5.85	0.26	0.040
Cenizas %	5.37	0.69	0.63

n = 18

El contenido de grasa (5.8% ) se considera bueno, si se tiene en cuenta que para el cerdo que es el animal con mayor requerimiento, normalmente se sugiere una dieta con un contenido graso del 15%

Como ya se mencionó, los lodos poseen un alto valor nutritivo dado por el contenido de proteína; otra forma de cuantificarlo es midiendo el valor químico, para lo que se cuantifican los aminoácidos presentes y se comparan con los aminoácidos de un patrón de referencia que generalmente es la albúmina de huevo (11).

En la Tabla No. 3 se reportan los aminoácidos cuantificados, todos ellos esenciales, comparados con los de la levadura y albúmina de huevo; de esto se obtiene un cómputo protéico de 31.29% , valor aceptable teniendo en cuenta que todos los aminoácidos cuantificados son considerados aminoácidos esenciales.

Analizando los requerimientos de aminoácidos para pollos y cerdos según la NRC (9, 10) y el contenido en los lodos (Tabla No. 4) todos a excepción del triptófano sobrepasan los valores requeridos, teniendo en cuenta que el pollo en su dieta requiere

**TABLA No. 3  
AMINOACIDOS**

Aminoácido	% reportado en levadura	% reportado huevo	% obtenido en lodos
Fenilalanina	3.20	7.50	3.07
Isoleucina	5.50	7.10	3.31
Leucina	6.20	9.90	7.37
Metionina	2.10	5.40	0.50
Tirosina	4.60	3.80	1.42
Triptófano	1.20	1.20	0.02

**TABLA No. 4  
REQUERIMIENTOS DE AMINOACIDOS**

Aminoácido	POLLOS (%)	CERDOS (%)	LODOS (%)
Fenilalanina + tirosina	0.8 - 1.34	0.57 - 1.18	4.49
Isoleucina	0.5 - 0.80	0.44 - 0.80	3.31
Leucina	0.6 - 1.37	0.48 - 1.01	7.37
Metionina	0.4 - 1.37	0.48 - 1.01	0.50
Triptófano	0.1 - 0.23	0.10 - 0.12	0.02

**TABLA No. 5  
REQUERIMIENTOS DE MINERALES**

Minerales	Pollos %	Cerdos %	Lodos %
Fósforo	0.40 - 0.070	0.50 - 0.60	0.69
Hierro	0.04 - 0.08	0.080	0.12
Sodio	0.15	0.15 - 0.20	0.03
Potasio	0.10 - 0.20	0.290	0.29
Calcio	0.90 - 2.75	0.75	0.31
Magnesio	0.4 - 0.06	0.04	0.11
Sulfatos	—	—	0.65
Nitratos	—	—	0.07

**TABLA No. 6  
REQUERIMIENTO DE VITAMINAS**

Vitaminas	Pollos mg/100 g.	Cerdos mg/100 g.	Lodos mg/100 g.
Niacina	1.0 - 2.70	1.0 - 2.2	28.51
Riboflavina	0.2 - 0.30	0.26 - 0.30	38.07
Piridoxina	0.2 - 0.45	0.11 - 0.15	50.80
Tiamina	0.1 - 0.20	0.11 - 0.13	142.50

**TABLA No. 7  
COMPOSICION DE MATERIAS PRIMAS PARA CONCENTRADOS**

Parámetro Analizado	Maíz	Sorgo	Soya	Cascarilla de arroz	Levadura	Lodos
Proteína	10.00	8.90	37.00	12.90	49.40	23.08
Fenilalanina (%)	0.40	0.40	1.80	0.58	3.20	3.07
Tirosina (%)	0.50	0.40	1.20	0.68	4.60	1.42
Isoleucina (%)	0.40	0.50	2.00	0.52	5.50	3.31
Leucina (%)	0.80	1.40	2.80	0.90	6.20	7.37
Metionina (%)	0.10	0.10	0.50	0.20	2.10	0.50
Triptófano (%)	0.10	0.10	0.55	0.15	1.20	0.02
Grasa (%)	6.90	2.80	18.00	5.79	1.00	5.80
Fibra (%)	6.00	2.30	5.50	11.40	2.70	—
Niacina (mg/%)	4.60	4.10	2.20	2.93	44.80	28.55
Piridoxina (mg/%)	1.10	0.32	1.00	1.40	4.28	50.80
Riboflavina (mg/%)	0.22	0.11	0.26	0.25	3.70	38.70
Tiamina (mg/%)	0.79	0.40	0.66	2.25	9.80	142.50

de mayores cantidades de aminoácidos que el cerdo, los lodos podrían ser empleados como base en concentrados para pollos.

Hemos mencionado como único uso para los lodos de fermentación, los concentrados para alimentación animal y no para abonos por cuanto el porcentaje de minerales es bajo.

La Tabla No. 5 permite la comparación de los requerimientos de minerales exigidos para pollos y cerdos (9, 10) con los obtenidos en los lodos.

Como se puede observar el contenido de minerales en los lodos es muy cercano a los requerimientos. El porcentaje de hierro es muy alto, lo que se debe evitar ya que una toxicidad por hierro puede causar gastroenteritis necrosante y/o metabólica, igual sucede con el magnesio que puede alterar el metabolismo (12).

Las vitaminas cuantificadas en los lodos de fermentación, pertenecen al grupo de las vitaminas hidrosolubles o del complejo B y cuya valoración se realizó aprovechando la separación y detección hecha

para los aminoácidos. Las vitaminas cuantificadas fueron tiamina, riboflavina, piridoxina y niacina. En la Tabla No. 6 se presentan los valores obtenidos al igual que los requerimientos para cerdos y pollos, como en la mayoría de los parámetros ya mencionados el contenido de lodos los sobrepasan. El valor alto de tiamina es debido a que para el proceso de activación de la levadura se adiciona ésta vitamina en aproximadamente un 0.1%

Como es sabido la soya, sorgo, cascarilla de arroz, levadura y maíz, son materias primas utilizadas en la producción de alimentos concentrados, por tanto en la Tabla No. 7 se compendian los parámetros significativos en nutrición para éstas materias primas y para los lodos de fermentación. Igual que en la comparación con los requerimientos en la dieta para cerdos y pollos, aquí también se sobrepasan los contenidos de las materias primas convencionalmente utilizadas.

#### CONCLUSION

Con base en los resultados obtenidos, se tiene que el aprovechamiento de los lodos de fermentación es una necesidad y se sugiere la utilización como base para concentrados en la alimentación animal, especialmente pollos y/o cerdos; previa complementación con estudios de toxicidad e inocuidad.

#### AGRADECIMIENTOS

A los Directivos y Personal Técnico de la Empresa

de Licores de Cundinamarca por su apoyo en la realización del presente trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

1. A' LAVAL "Technical economical improvements in molasses detilleries", Tamba, Sweden. 1959.
2. A'E' HUMPHREY. *Chem. Eng.* Dic.9, No. 98, 1974.
3. Y. MASUDA, K. XOSHIKAWA, Reunión sobre la Manufactura de proteína a partir de hidrocarburos, ONUDI, Viena, Octubre 1973.
4. C.D. CALLIHAM, *Chem. Eng.*, Sept. 21, 160, 1970.
5. E.W. CRAMPTON, L. HARRY, Nutrición animal aplicada. Edit. Acriba, España, 1977. Pág. 278
6. D.C. CHURCH, W. POND, Bases científicas para la alimentación y nutrición de animales domésticos, Edit. Acribia, España, 1977. Pág. 325.
7. XXV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Seminario sobre derechos industriales. Acodal. Cali. 1982.
8. B. PARRA, D. LOMBANA, Estudio físico-químico de las vinazas en la producción de alcohol de la Empresa de Licores de Cundinamarca. Tesis de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1986.
9. NUTRIENT REQUIREMENTS OF POULTRY, Edit. NRC, ed. 5a., No. 1, 1976.
10. NUTRIENT REQUEIREMENTS OF SWINE, Edit. NRC, ed. 5a., No. 2, 1974.
11. L. REVUELTAS, Bromatología zootecnia y alimentación animal, Edit. Salvat S. A., España, 1962. Pág. 120
12. F. MEYER, Manual de Farmacología clínica, Edit. Manual Moderna S.A., México, 1980. Pág. 65