

## EFECTO DE DIVERSOS RECURSOS ENERGETICOS SOBRE EL PROCESO DE FERMENTACION DEL CALOSTRO BOVINO

*Fernando Pérez-Gil Romo<sup>1</sup>, Ma. Esther Ortega Cerrilla<sup>1</sup>,  
Humberto Troncoso A.<sup>2</sup> y Suzete Silveira F.<sup>3</sup>*

Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán"  
México D. F., México

### RESUMEN

El presente trabajo consistió en evaluar la viabilidad de utilizar diferentes fuentes de energía —maíz, maíz nixtamalizado, sorgo y almidón de maíz— en la fermentación del calostro en dos diferentes porcentajes de incorporación, con y sin la adición de ácido acético.

Se estudió el contenido de proteína cruda y verdadera, amoníaco, materia seca, pH, azúcares totales, ácido láctico, almidones, digestibilidad de la materia seca, recuento bacteriológico y energía bruta.

Los resultados evidenciaron que la fuente de energía más viable de ser utilizada es el maíz nixtamalizado hasta los 10 días de fermentación, y que el agregado de ácido acético no es útil en la conservación del calostro. El nivel de incorporación de maíz nixtamalizado adicionado al calostro que mejores resultados rindió fue el de 6.330/o.

### INTRODUCCION

Uno de los factores limitantes de la producción de leche en México, es la insuficiente y en ocasiones casi nula recría de terneras para satisfacer

---

Manuscrito modificado recibido: 6-7-88.

- 1 Investigadores del Departamento de Nutrición Animal, División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga 15, 14000 México, D. F., México.
- 2 Investigador del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, 04510 México, D. F.
- 3 Investigador de la Empresa Goiania de Pesquisa Agropecuaria (EMGOPA), Estación Experimental de Goiania, Brasil.

los reemplazos que se necesitan en los hatos lecheros. Al no existir suficientes animales de buena calidad criados en el país, los ganaderos se ven obligados a comprar sus reposiciones en el extranjero, ocasionando así, una fuerte salida de divisas (1). Esto lo causa principalmente el alto costo y riesgo en la producción de terneras de reemplazo.

La alimentación animal es sin duda alguna, el factor que mayor gasto causa al productor, sobre todo durante la fase de crecimiento, debido a los elevados precios de la leche y de los sustitutos lácteos.

La razón primordial por la que en muchos ranchos se ha optado por sustituir la leche entera por calostro fermentado, es la de reducir los costos de alimentación de los terneros, aumentando en esta forma la cantidad de leche disponible para consumo humano y, en consecuencia, disminuyendo las importaciones de este producto.

Muchos trabajos informan la práctica de diluir el calostro con la finalidad no sólo de aumentar el volumen del producto, y así aumentar el número de días que pueda ser utilizado en la alimentación de terneros, sino que también para igualar los contenidos de materia seca con los de la leche.

La relación energía:proteína es de 12.6:1 para el calostro, y de 22.9:1 para la leche. Por lo tanto, al diluir el calostro en las proporciones 3:1 y 2.1 (calostro:agua), la cantidad de proteína que proporcionarán cuatro litros de calostro es adecuada, pero los niveles de energía son deficientes.

En la literatura no existe informe alguno que mencione la adición de fuentes energéticas al calostro antes de su fermentación. Los almidones —como ya se mencionó— no son muy bien utilizados por el ternero, principalmente en los primeros días de vida, por no haber producción de amilasas en cantidades adecuadas. Por otra parte, se sabe que el ácido láctico puede ser utilizado por el ternero para proporcionarle energía. Según el estudio realizado por Ortega, Aguilera y Pérez-Gil (2), las bacterias lácticas son capaces de utilizar el almidón para producir ácido láctico, y de esta forma aumentar la cantidad de energía fácilmente utilizable por el ternero. Se ha notificado, además, que la proteína disminuye durante la fermentación y que algunos aminoácidos como la metionina (3) se destruyen durante este proceso.

El calostro es pobre en energía fácilmente utilizable (lactosa) por las bacterias, por lo que es posible que éstas utilicen las proteínas como fuente de energía. El almidón podría servir para producir ácido láctico, y tal vez también pudiese ayudar a reducir la degradación de la proteína, pues al haber otra fuente de energía para las bacterias, disminuiría la degradación de las proteínas.

En este estudio, se sometieron a prueba diferentes fuentes de energía como son: maíz molido, almidón de maíz, maíz nixtamalizado y sorgo molido, para determinar a nivel de laboratorio, la calidad y el valor energético del calostro fermentado con almidones.

Estos ingredientes se emplearon en el calostro en dos proporciones, para ser posteriormente diluido con agua en una relación 2:1 y 3:1 (calostro:agua), lo que proporcionaría al ternero una cantidad adecuada de energía y proteína.

Por otro lado, el calostro fermentado no es consumido rápidamente por los terneros, siendo necesario conservarlo en buenas condiciones por períodos de 30 días o más. Para tal fin se requiere reducir el pH, lo que

se logra con los productos del metabolismo de los microorganismos (ácido láctico) y con ácidos orgánicos, entre ellos el ácido acético (4).

Con el propósito de evaluar el efecto de la adición de ácido acético sobre el tiempo de conservación y la calidad del calostro, se utilizó este ácido en una proporción de 0.150/o (3), adicionándolo tanto al calostro solo, como al enriquecido con almidones. En base a lo expuesto, el objetivo de nuestro trabajo fue evaluar a nivel de laboratorio, cuál(es) de las cuatro fuentes de almidones resulta ser la más adecuada para su utilización en la alimentación de terneros lactantes. Ello implicó la determinación de proteína cruda, proteína verdadera, amoníaco, azúcares totales, materia seca y pH de las materias energéticas durante el proceso de fermentación del calostro. Asimismo, el mejor intervalo de tiempo para la conservación y utilización del calostro fermentado con almidones, estableciendo si al agregar almidón disminuye la degradación de la proteína del calostro durante la fermentación; la evaluación del efecto de la adición de ácido acético sobre la conservación y calidad del calostro enriquecido con almidones, y finalmente —en los mejores tratamientos— el contenido de almidón, energía bruta, digestibilidad de la materia seca *in vitro*, ácido lactico y composición de la flora microbiana.

#### MATERIAL Y METODOS

El calostro procedía de diferentes vacas, con diferentes días de parición y homogeneizado. Durante el tiempo de recolección, que duró 12 hr, se almacenó a una temperatura de 4°C. La masa de maíz nixtamalizado fue previamente secada en una estufa de aire forzado a 80°C, al igual que el maíz y el sorgo, y posteriormente se molieron en un molino Wiley con malla de 1 mm de diámetro. En seguida, se realizó el análisis químico proximal de las diferentes fuentes de energía utilizadas (maíz, sorgo, almidón de maíz y maíz nixtamalizado) (Tabla 1).

En base a la composición química proximal de las diferentes fuentes de energía, el calostro fue mezclado con éstas, en las proporciones que se aprecian en la Tabla 2.

Los tratamientos 1 y 6 son los testigos de cada grupo (calostro naturalmente fermentado y calostro tratado con ácido acético) respectivamente.

Los tratamientos 2 a 10, fueron calculados para su dilución posterior en la proporción 2:1 (calostro:agua), a fines de poder aportar al ternero 152 gramos de proteína cruda y 2,752 kcal de energía digestible diariamente.

Los tratamientos 11 a 18, fueron calculados para ser diluidos posteriormente en la proporción de 3:1 (calostro:agua), aportando al ternero 170 gramos de proteína cruda y 2,751 kcal diarios de energía digestible.

El calostro tratado fue almacenado en frascos de polietileno con capacidad de 1 litro, a temperatura ambiente, durante 30 días. Dichos frascos fueron agitados diariamente, con el propósito de homogeneizar el calostro con las diferentes fuentes de energía.

Por cada tratamiento hubo dos réplicas (microsilos), de 500 gramos de muestra cada uno (calostro más fuente de energía). De cada uno de los microsilos se tomaron muestras representativas y se hizo una alícuota, a

TABLA 1  
ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LAS MATERIAS PRIMAS ENERGETICAS

	Maíz		Maíz nixtamalizado		Almidón de maíz		Sorgo	
	Base 0/o húmeda	Base 100o/o mat. seca	Base 0/o húmeda	Base 100o/o mat. seca	Base 0/o húmeda	Base 100o/o mat. seca	Base 0/o húmeda	Base 100o/o mat. seca
Materia seca (0/o)	88.31	100.00	46.71	100.00	88.67	100.00	87.92	100.00
Humedad (0/o)	11.69	0.00	53.29	0.00	11.33	0.00	12.08	0.00
Proteína cruda (N x 6.25) (0/o)	8.65	9.80	4.07	8.71	0.35	0.40	6.54	7.43
Extracto etéreo (0/o)	2.77	3.14	3.31	7.08	0.91	1.02	2.76	3.14
Cenizas (0/o)	1.08	1.22	0.84	1.80	0.27	0.30	2.01	2.28
Fibra cruda (0/o)	1.80	2.04	1.12	2.40	0.11	0.13	4.00	4.55
Extracto libre de nitrógeno (0/o)	74.01	83.81	37.37	80.00	87.03	98.15	72.61	82.58
TND* (0/o) (aproximado)	—	91.64	—	87.17	—	92.36	—	89.83
E.D.** kcal/kg (aproximado)	—	4040.00	—	3843.00	—	4072.00	—	3960.60

\* Los coeficientes de digestibilidad para el cálculo de TND fueron obtenidos del *Atlas of Nutritional Data on U. S. and Canadian Feed*. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1971.

\*\* La energía digestible fue obtenida a partir del TND multiplicado por 44.09.

TABLA 2

## TRATAMIENTOS ADMINISTRADOS AL CALOSTRO

Tratamientos	Calostro base húmeda	Acido acético	o/o Ingredientes en base a materia seca			
			Maíz	Maíz nix tamalizado	Almidón de maíz	Sorgo
1	100.00	—	—	—	—	—
2	90.50	—	9.50	—	—	—
3	89.90	—	—	10.10	—	—
4	90.60	—	—	—	9.40	—
5	90.20	—	—	—	—	9.80
6	99.85	0.15	—	—	—	—
7	90.35	0.15	9.50	—	—	—
8	89.75	0.15	—	10.10	—	—
9	90.45	0.15	—	—	9.40	—
10	90.05	0.15	—	—	—	9.80
11	94.00	—	6.00	—	—	—
12	93.67	—	—	6.33	—	—
13	94.10	—	—	—	5.90	—
14	93.90	—	—	—	—	6.10
15	93.85	0.15	6.00	—	—	—
16	93.52	0.15	—	6.33	—	—
17	93.95	0.15	—	—	5.90	—
18	93.75	0.15	—	—	—	6.10

la cual se le determinaron todos los análisis por duplicado: antes de fermentar, y a los 10, 20 y 30 días de fermentación.

Los análisis se efectuaron en dos etapas. En la primera etapa se realizaron los siguientes análisis: materia seca determinada en estufa de aire forzado a una temperatura de 55°C durante 48 horas (5), proteína cruda determinada por el método de Kjeldahl (5), proteína verdadera determinada por el método de King's College (6), amoníaco (5), y azúcares totales determinados por el método de Antrona modificado (7).

Estos análisis se hicieron en todos los tratamientos antes mencionados. Con base en los resultados obtenidos, se realizó el análisis estadístico para determinar el mejor(es) tratamiento(s).

En la segunda etapa se analizaron solamente los mejores tratamientos de la etapa anterior. Los análisis de laboratorio en cuestión fueron: ácido láctico determinado según Cordoba (8), almidones por el método de fenol sulfúrico (9); digestibilidad de la materia seca según Rivera (3); examen bacteriológico (10-12), y energía bruta que se determinó en bomba calorimétrica Parr (6).

Se empleó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 4 x 4 x 3 x 2 (4 fuentes de energía, por 4 tiempos de fermentación, por 3 niveles de fuentes de energía por 2 niveles de ácido acético) (13)

para la primera etapa. Para la segunda etapa también se empleó un diseño por completo al azar, con un arreglo factorial de  $3 \times 2$  (3 diferentes cantidades de maíz nixtamalizado por 2 diferentes tiempos de fermentación (13).

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la primera etapa, el calostro fue fermentado a una temperatura ambiente promedio de  $20.4^{\circ}\text{C}$ , y en la segunda, a una temperatura ambiente promedio de  $17.7^{\circ}\text{C}$ .

Los microsilos fueron abiertos cada 10 días con el objeto de conocer el olor que se manifestaba en cada uno de ellos. Durante los primeros 10 días no se detectó olor ácido o putrefacto en ninguno de los tratamientos. A los 20 días, todos los tratamientos que contenían sorgo acusaban un fuerte olor de putrefacción, lo que provocó su eliminación del experimento. Por este motivo, en las Tablas 3 a 8, los valores de los tratamientos con sorgo sólo aparecen hasta los 10 días de fermentación. En consecuencia, los tratamientos que contenían sorgo, por presentar datos incompletos, no fueron incluidos en el análisis de varianza.

Los tratamientos restantes que contenían diferentes fuentes de energía no presentaron olor ácido a los 20 días de fermentación.

A los 30 días, los tratamientos que contenían maíz y maíz nixtamalizado tenían un olor ácido, mientras que los que contenían almidón de maíz no mostraron alteraciones. Cabe señalar que los tratamientos que contenían calostro con  $0.15\%$  de ácido acético no mostraron alteraciones.

Según Jenny, O'Dell y Johnson (14), no se encontraron olores de putrefacción en calostro naturalmente fermentado y almacenado a la temperatura de  $27^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, Müller, Ludens y Rook (15) detectaron olor pútrido en el calostro naturalmente fermentado y calostro que contenía el  $1\%$  de *Streptococcus lactis* almacenado a temperatura ambiente durante el verano.

Por otra parte, Rindsing, Jenneke y Bodoh (16), observaron que el agregado de  $0.5$ ,  $1.0$  y  $1.5\%$  (volumen/peso) de ácido propiónico, era ineficaz en prevenir el desarrollo de olores pútridos en el calostro almacenado a la temperatura de  $37^{\circ}\text{C}$  por más de 28 días.

En el presente estudio, a partir de los 20 días de fermentación, se observó una separación de la grasa de la leche en todos los tratamientos, incluso en los que contenían ácido acético. Por otro lado, Otterby, Dutton y Foley (17), mencionan que con la adición de ácido propiónico, el calostro fermentado presentaba una consistencia más uniforme y una menor separación de sólidos.

Para la segunda etapa del trabajo, los tratamientos seleccionados fueron los que contenían  $93.67\%$  de calostro y  $6.33\%$  de maíz nixtamalizado,  $89.90\%$  de calostro y  $10.10\%$  de maíz nixtamalizado, y se comparó con el testigo que contenía  $100\%$  de calostro. Estos tratamientos fueron analizados a los cero y 10 días de fermentación, y ninguno de los tratamientos acusó olor ácido a putrefacto en el período de 10 días.

En el análisis de varianza (Tabla 9), hay diferencias ( $P < 0.01$ ) entre las diferentes fuentes de energía utilizadas (almidón de maíz, maíz, sorgo,

TABLA 3

PORCENTAJE DE PROTEINA CRUDA EN DIFERENTES PERIODOS DE FERMENTACION  
EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS

o/o de calostro	Tratamientos					o/o de proteína cruda Tiempo de fermentación (días)			
	o/o de maíz	o/o de sorgo	o/o de maíz nixtamalizado	o/o de almidón de maíz	o/o de ácido acético	0	10	20	30
94.00	6.00	—	—	—	—	5.09	4.89	5.01	5.09
93.85	6.00	—	—	—	0.15	5.07	4.96	5.15	5.24
90.50	9.50	—	—	—	—	5.43	5.18	5.39	5.56
90.35	9.50	—	—	—	0.15	5.43	5.24	5.34	5.40
93.90	—	6.10	—	—	—	4.95	4.89	—	—
93.75	—	6.10	—	—	0.15	4.96	4.89	—	—
90.20	—	9.80	—	—	—	5.23	5.04	—	—
90.05	—	9.80	—	—	0.15	5.25	4.99	—	—
93.67	—	—	6.33	—	—	5.07	4.69	5.07	5.41
93.52	—	—	6.33	—	0.15	5.03	4.68	5.13	5.31
89.90	—	—	10.10	—	—	5.41	5.01	5.28	5.50
89.75	—	—	10.10	—	0.15	5.41	4.93	5.11	5.45
94.10	—	—	—	5.90	—	4.45	3.97	4.47	4.92
93.75	—	—	—	5.90	0.15	4.50	4.05	4.54	4.81
90.50	—	—	—	9.40	—	4.52	4.00	4.02	4.59
90.45	—	—	—	9.40	0.15	4.42	4.38	4.28	4.42
100.00	—	—	—	—	—	4.45	4.27	4.78	4.81
99.85	—	—	—	—	0.15	4.48	3.98	4.10	4.94

TABLA 4

CONTENIDO DE PROTEINA VERDADERA EN DIFERENTES PERIODOS DE FERMENTACION  
EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS

o/o de calostro	o/o de maíz	o/o de sorgo	Tratamientos			o/o de proteína verdadera Tiempo de fermentación (días)			
			o/o de maíz nixtamalizado	o/o de almidón de maíz	o/o de ácido acético	0	10	20	30
94.00	6.00	—	—	—	—	3.74	2.91	2.40	2.42
93.85	6.00	—	—	—	0.15	3.81	2.69	2.20	2.38
90.50	9.50	—	—	—	—	4.10	2.72	2.32	2.48
90.35	9.50	—	—	—	0.15	4.05	2.91	2.17	2.45
93.90	—	6.10	—	—	—	4.00	3.20	—	—
93.75	—	6.10	—	—	0.15	4.10	3.10	—	—
90.20	—	9.80	—	—	—	4.22	2.77	—	—
90.05	—	9.80	—	—	0.15	4.19	2.93	—	—
93.67	—	—	6.33	—	—	3.53	3.45	3.23	3.64
93.52	—	—	6.33	—	0.15	3.56	3.19	3.24	3.47
89.90	—	—	10.10	—	—	3.62	3.18	3.46	3.48
89.75	—	—	10.10	—	0.15	3.71	3.72	3.49	3.54
94.10	—	—	—	5.90	—	4.19	3.81	4.20	3.62
93.75	—	—	—	5.90	0.11	4.15	3.85	3.50	3.17
90.50	—	—	—	9.40	—	4.21	3.90	3.61	3.15
90.45	—	—	—	9.40	0.15	4.35	3.96	3.67	3.94
100.00	—	—	—	—	—	3.63	3.37	3.45	2.91
99.85	—	—	—	—	0.15	3.70	3.28	3.31	3.20

TABLA 5

pH EN DIFERENTES PERIODOS DE FERMENTACION  
EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS

o/o de calostro	o/o de maíz	o/o de sorgo	Tratamientos			pH			
			o/o de maíz nixtamalizado	o/o de almidón de maíz	o/o de ácido acético	Tiempo de fermentación (días)			
						0	10	20	30
94.00	6.00	—	—	—	—	5.15	3.50	3.60	3.65
93.85	6.00	—	—	—	0.15	4.25	3.45	3.55	3.60
90.50	9.50	—	—	—	—	4.95	3.45	3.60	3.60
90.35	9.50	—	—	—	0.15	4.15	3.40	3.60	3.55
93.90	—	6.10	—	—	—	5.25	3.30	3.55	—
93.75	—	6.10	—	—	0.15	4.20	3.30	3.45	—
90.20	—	9.80	—	—	—	5.45	3.50	3.50	—
90.05	—	9.80	—	—	0.15	4.35	3.40	3.45	—
93.67	—	—	6.33	—	—	5.15	3.40	3.60	3.55
93.52	—	—	6.33	—	0.15	4.10	3.50	3.50	3.65
89.90	—	—	10.10	—	—	5.15	3.40	3.45	3.45
89.75	—	—	10.10	—	0.15	4.00	3.30	3.45	3.50
94.10	—	—	—	5.90	—	5.30	3.90	3.80	3.60
93.75	—	—	—	5.90	0.15	4.25	3.75	3.85	3.75
90.50	—	—	—	9.40	—	5.35	3.95	3.80	3.70
90.45	—	—	—	9.40	0.15	4.35	3.70	3.75	3.70
100.00	—	—	—	—	—	5.00	3.90	3.85	3.75
99.85	—	—	—	—	0.15	4.05	3.90	3.75	3.55

TABLA 6

**CONTENIDO DE AMONIACO EN DIFERENTES PERIODOS DE FERMENTACION  
EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS**

o/o de calostro	o/o de maíz	o/o de sorgo	Tratamientos			o/o de amoníaco Tiempo de fermentación (días)			
			o/o de maíz nixtamalizado	o/o de almidón de maíz	o/o de ácido acético	0	10	20	30
94.00	6.00	—	—	—	—	0.006	0.037	0.051	0.071
93.85	6.00	—	—	—	0.15	0.007	0.037	0.052	0.073
90.50	9.50	—	—	—	—	0.008	0.052	0.077	0.087
90.35	9.50	—	—	—	0.15	0.008	0.050	0.065	0.087
93.90	—	6.10	—	—	—	0.013	0.037	—	—
93.75	—	6.10	—	—	0.15	0.013	0.038	—	—
90.20	—	9.80	—	—	—	0.015	0.037	—	—
90.05	—	9.80	—	—	0.15	0.011	0.037	—	—
93.67	—	—	6.33	—	—	0.008	0.018	0.021	0.034
93.52	—	—	6.33	—	0.15	0.008	0.018	0.023	0.035
89.90	—	—	10.10	—	—	0.008	0.020	0.025	0.038
86.75	—	—	10.10	—	0.15	0.011	0.022	0.032	0.037
94.10	—	—	—	5.90	—	0.004	0.015	0.034	0.039
93.75	—	—	—	5.90	0.15	0.004	0.014	0.022	0.040
90.50	—	—	—	9.40	—	0.006	0.011	0.032	0.042
90.45	—	—	—	9.40	0.15	0.008	0.011	0.017	0.034
100.00	—	—	—	—	—	0.004	0.015	0.042	0.059
99.85	—	—	—	—	0.15	0.005	0.015	0.031	0.047

TABLA 7

PORCENTAJE DE MATERIA SECA A DIFERENTES PERIODOS DE FERMENTACION  
EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS

o/o de calostro	o/o de maíz	o/o de sorgo	Tratamientos			o/o de materia seca Tiempo de fermentación (días)			
			o/o de maíz nixtamalizado	o/o de almidón de maíz	o/o de ácido acético	0	10	20	30
94.00	6.00	—	—	—	—	23.80	15.79	13.85	12.99
93.85	6.00	—	—	—	0.15	23.51	16.02	12.59	11.30
90.50	9.50	—	—	—	—	26.70	18.16	16.13	15.14
90.35	9.50	—	—	—	0.15	25.80	18.00	16.84	15.24
93.90	—	6.10	—	—	—	23.94	16.40	—	—
93.75	—	6.10	—	—	0.15	23.68	17.85	—	—
90.20	—	9.80	—	—	—	26.90	20.25	—	—
90.05	—	9.80	—	—	0.15	25.60	20.72	—	—
93.67	—	—	6.33	—	—	24.12	21.73	16.61	15.70
93.52	—	—	6.33	—	0.15	23.98	21.18	17.13	15.72
89.90	—	—	10.10	—	—	27.08	24.09	22.49	21.16
89.75	—	—	10.10	—	0.15	26.95	22.46	21.50	21.06
94.10	—	—	—	5.90	—	24.13	21.72	16.61	15.43
93.75	—	—	—	5.90	0.15	24.38	20.69	16.93	16.78
90.50	—	—	—	9.40	—	26.61	22.50	19.03	18.70
90.45	—	—	—	9.40	0.15	26.19	22.71	21.15	20.31
100.00	—	—	—	—	—	19.40	16.59	12.86	10.20
99.85	—	—	—	—	0.15	19.61	16.08	12.70	12.10

**TABLE 1**  
**CHEMICAL COMPOSITION, ABSOLUTE DENSITY AND GELATINIZATION TEMPERATURE RANGE**  
**OF ISOLATED STARCH SAMPLES**

Cultivar	Protein <sup>1</sup> (% N x 6.25)	Total lipid <sup>1</sup> (%)	Ash <sup>1</sup> (%)	Fiber <sup>1</sup> (%)	Amylose <sup>1</sup> (%)	Absolute density (g/cm <sup>3</sup> )	Gelatinization temperature range (°C)
Maya Normal	0.31	0.18	0.13	n.d. <sup>2</sup>	31.1	1.525	75-82
Nutrimaiz (suo2)	0.87	0.28	0.22	n.d.	23.1	1.519	72-79
L90 x L78 (suo2)	0.87	0.20	0.23	n.d.	27.1	1.515	68-74
L90 x L41 (suo2)	0.82	0.26	0.22	n.d.	24.7	1.517	68-73
Supersweet (sh2) (SRR "Duro")	0.53	0.18	0.11	n.d.	26.8	1.526	66-71

1 Expressed on a dry basis.

2 n.d. = Non detectable.

TABLA 8

CONTENIDO DE AZUCARES TOTALES EN DIFERENTES PERIODOS DE FERMENTACION  
EN LOS DIVERSOS TRATAMIENTOS

o/o de calostro	o/o de maíz	o/o de sorgo	Tratamientos			o/o de azúcares totales Tiempo de fermentación (días)			
			o/o de maíz nixtamalizado	o/o de almidón de maíz	o/o de ácido acético	0	10	20	30
94.00	6.00	—	—	—	—	3.586	1.895	1.813	1.356
93.85	6.00	—	—	—	0.15	3.988	2.618	1.704	1.259
90.50	9.50	—	—	—	—	5.865	2.852	2.080	1.870
90.35	9.50	—	—	—	0.15	5.900	2.770	2.750	2.098
93.90	—	6.10	—	—	—	4.955	2.878	—	—
93.75	—	6.10	—	—	0.15	4.737	3.510	—	—
90.20	—	9.80	—	—	—	6.575	4.657	—	—
90.05	—	9.80	—	—	0.15	6.339	4.825	—	—
93.67	—	—	6.33	—	—	6.350	5.605	4.500	4.500
93.52	—	—	6.33	—	0.15	6.030	4.905	4.781	4.690
89.90	—	—	10.10	—	—	8.190	6.345	6.265	6.110
89.75	—	—	10.10	—	0.15	8.145	6.766	6.619	6.045
94.10	—	—	—	5.90	—	8.770	6.460	6.169	5.275
93.75	—	—	—	6.90	0.15	9.115	7.311	6.615	6.365
90.50	—	—	—	9.40	—	11.715	9.760	9.556	9.518
90.45	—	—	—	9.40	0.15	11.680	10.882	9.882	9.715
100.00	—	—	—	—	—	3.221	2.575	1.535	0.200
99.85	—	—	—	—	0.15	3.083	2.654	2.381	1.945

TABLA 9  
RESUMEN DE ANALISIS DE VARIANZA

	Fuente de energía (FE)	Nivel de incorporación de la fuente de energía (NE)	Tiempo de fermentación (T)	Nivel de ácido acético (NA)	Interacciones					
					FE*NE	FE*T	FE*NA	NE*T	NE*NA	T*NA
Proteína cruda	**	**	**	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Proteína verdadera	**	N.S.	**	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	**	N.S.
pH	**	N.S.	**	**	N.S.	**	*	N.S.	N.S.	**
Amoníaco	**	**	**	*	**	**	N.S.	N.S.	N.S.	*
Materia seca	**	**	**	N.S.	**	**	N.S.	**	N.S.	*
Azúcares totales	**	N.S.	**	N.S.	N.S.	**	*	N.S.	N.S.	*

N.S. = No significativo.

\* = Significativo al 95<sup>o</sup>/o de probabilidad.

\*\* = Significativo al 99<sup>o</sup>/o de probabilidad.

maíz nixtamalizado y calostro sin fuente energética), las cuales se deben a que las fuentes de energía empleadas contenían diferentes porcentajes de proteína cruda (Tabla 1). El nivel de incorporación de la fuente de energía (nivel alto 9.40, 9.50, 9.80 y 10.10% y nivel bajo 5.90, 6.00, 6.10 y 6.33%, respectivamente para almidón de maíz, maíz, sorgo y maíz nixtamalizado) también presentó diferencias ( $P < 0.01$ ). La razón es que al agregar mayores cantidades de la fuente de energía se aumenta también la cantidad de proteína adicionada a la mezcla, con excepción del almidón de maíz que, por contener un bajo porcentaje de proteína, causa al agregarse una dilución de la proteína de la mezcla, ocasionando la disminución de la proteína cruda total.

Al analizar los contenidos de proteína cruda en los diferentes tratamientos y en diferentes días de fermentación (Tabla 4), se observa una tendencia a disminuir ( $P < 0.01$ ) la proteína cruda de cero a los 10 días de fermentación tendiendo a aumentar a partir de esta fecha (Figura 1). Resultados semejantes han sido observados por otros autores (3, 18) en calostro fermentado, aunque éstos tampoco pudieron dar una explicación de dicho aumento en la cantidad de proteína.

Los tratamientos que contenían ácido acético no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en cuanto a proteína cruda a los 10 días de fermentación al compararlos con los tratamientos que no lo contenían. Sin embargo, a los 20 días de fermentación, el porcentaje de proteína cruda fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos a los que no se les agregó ácido acético (Figura 2). En cambio, a los 30 días de fermentación no hubo diferencias en el contenido de proteína cruda entre los tratamientos con y sin ácido acético, lo que puede haberse debido a un error de muestreo.

Tanto en el caso de los tratamientos que contenían ácido acético como en el de los que no lo contenían, la proteína bajó significativamente ( $P < 0.05$ ) de los cero a los 10 días de fermentación. También se suscitó a partir de esta fecha un aumento de la proteína, presentando a los 20 días niveles significativamente superiores ( $P < 0.05$ ) a los iniciales en ambos tratamientos.

Rivera (3) informa no haber encontrado diferencias significativas al adicionar ácido acético al calostro en cuanto a lograr una menor degradación de la proteína cruda.

No obstante, otros autores (16-19) encontraron que la adición de ácido al fermentar el calostro es efectiva en disminuir la degradación de la proteína cruda.

La interacción entre fuente de energía y nivel de energía se debe a que tanto el maíz como el maíz nixtamalizado —por contener cantidades apreciables de proteína (en base a la materia seca) (Tabla 1) con relación a la cantidad de proteína del calostro en base húmeda la cual es menor (Tabla 4)— hacen que al aumentar su nivel de inclusión, aumente también el contenido total de proteína de la mezcla. En cambio el almidón de maíz, por ser pobre en proteína, al aumentar su nivel de inclusión, esto causa un efecto de dilución, lo que a su vez provoca una disminución en el porcentaje de proteína de la mezcla (Figura 3).

El contenido de proteína verdadera en los diferentes tratamientos y tiempos de fermentación se detallan en la Tabla 4.

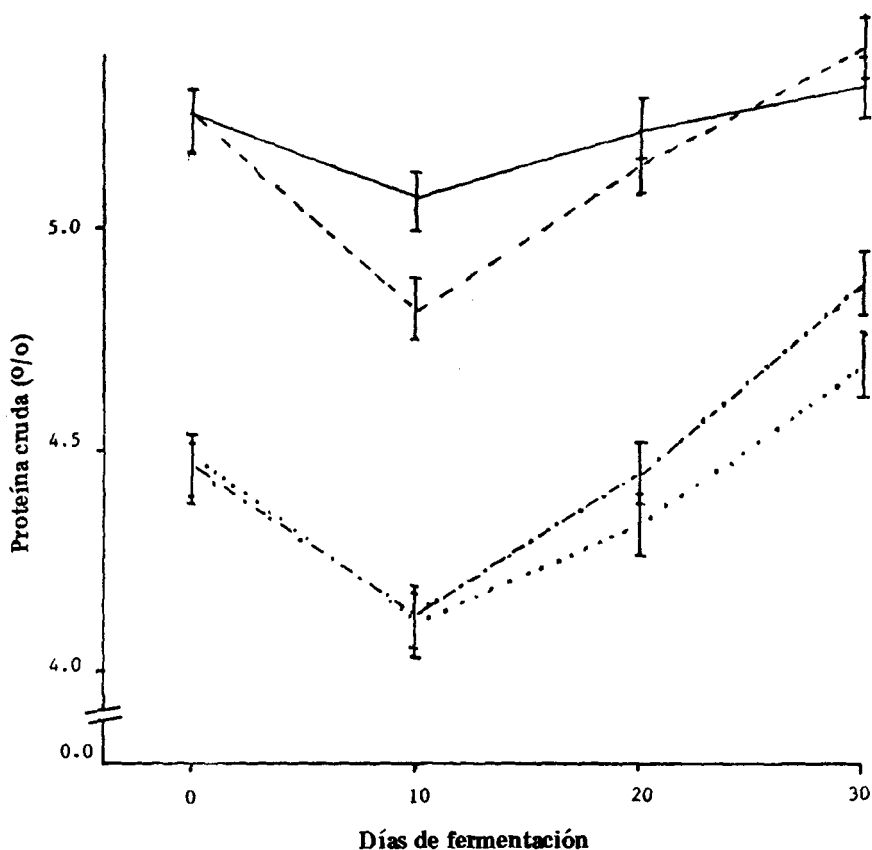


FIGURA 1

Contenido promedio de proteína cruda (o/o) en diferentes días de fermentación y con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz (—); 2 = maíz nixtamalizado (---); 3 = almidón (.....) y 4 = calostro sin fuente energética (-.-.-.)

Así como ocurrió con la proteína cruda, la proteína verdadera acusó diferencia ( $P < 0.01$ ) en cuanto a las fuentes de energía usadas, pues como se dijo antes, éstas contenían diferentes porcentajes de proteína (Tabla 1).

Según lo ilustra la Figura 4, el contenido de proteína verdadera de los tratamientos con ácido acético bajó ( $P < 0.05$ ) al igual que en los tratamientos sin ácido acético ( $P < 0.05$ ) de cero a los 20 días de fermentación. A partir de ese término, la proteína verdadera de los tratamientos con ácido acético empezó a aumentar, aunque esta diferencia no fue significativa ( $P > 0.05$ ), mientras que la de los tratamientos sin ácido disminuyó ( $P < 0.05$ ). Rivera constató resultados contrarios (3), observando que en los tratamientos que contenían ácido acético, la proteína verdadera bajó durante los 22 días del experimento, mientras que en los trata-

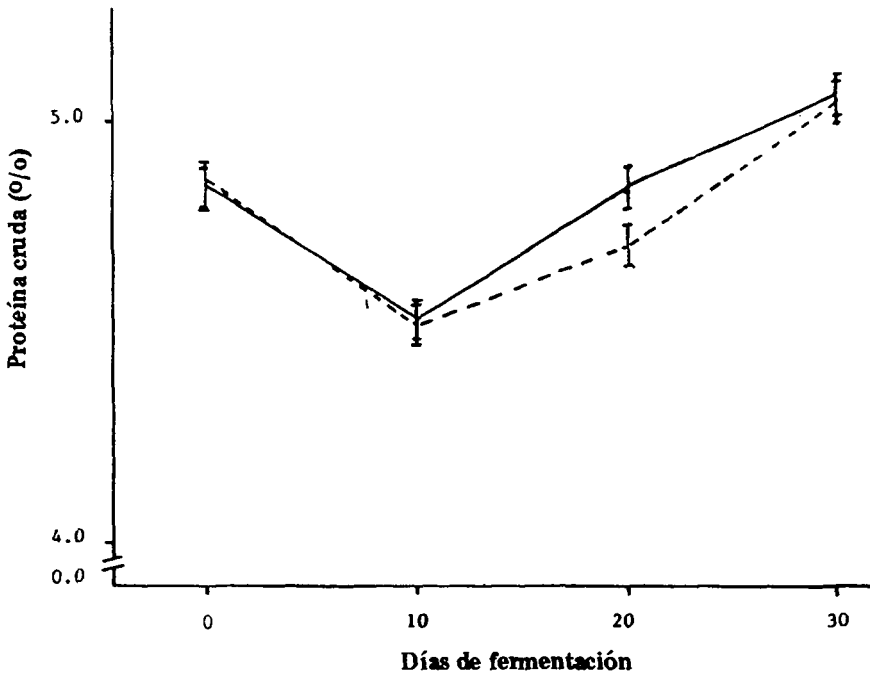


FIGURA 2

Contenido promedio de proteína cruda (0/o) en relación al tiempo de fermentación (días) con o sin la adición de ácido acético. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

mientos que no contenían ácido, la proteína verdadera disminuyó hasta el octavo día, y a partir del noveno empezó a subir hasta los 22 días. Puede ser que esta diferencia se deba a que en el presente estudio las mezclas contenían fuentes de energía.

Las diferentes fuentes de energía actuaron distintamente a través del tiempo de fermentación en relación a la proteína verdadera ( $P < 0.01$ ). Los niveles iniciales de proteína verdadera más elevados se encontraron en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado, y seguidamente para los que tenían maíz (Figura 5). Los tratamientos que contenían calostro sin fuente energética, y los que contenían almidón tuvieron niveles iniciales similares e inferiores a los demás. De los cero a los 10 días de fermentación, los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado, almidón y calostro sin fuente energética disminuyeron proporcionalmente a sus contenidos iniciales de proteína verdadera (Figura 5).

Los contenidos de proteína verdadera en los tratamientos con maíz bajaron ( $P < 0.05$ ) de manera más drástica que en los demás tratamientos. Esto pudo haberse debido a que al ser fermentado, el maíz en la mezcla

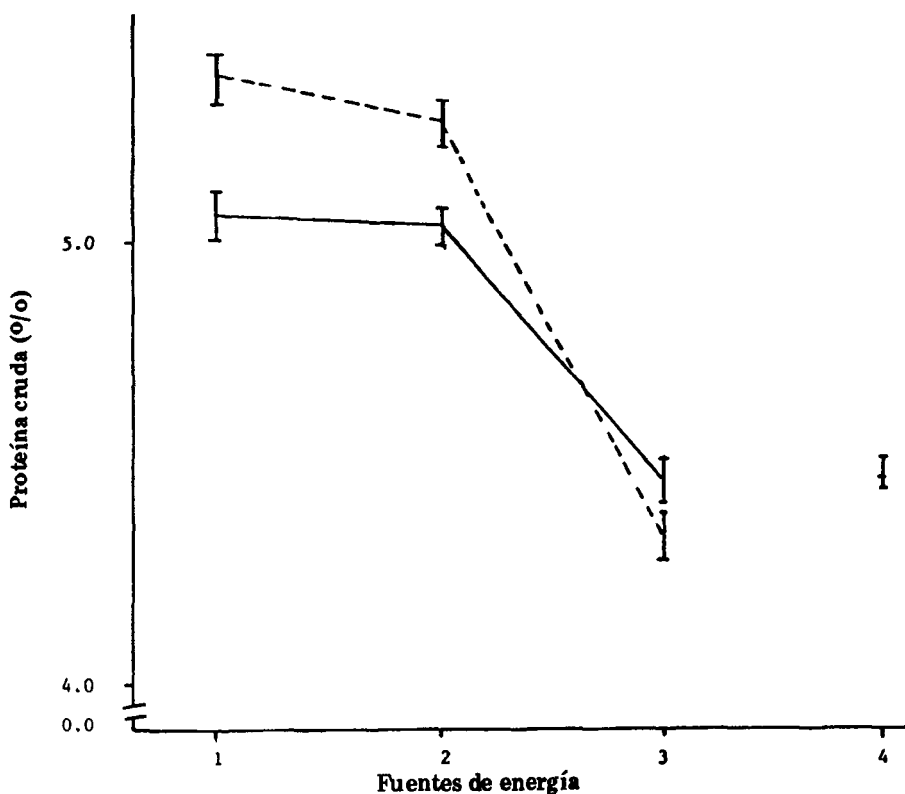


FIGURA 3

Contenido promedio de proteína cruda (0/o) en relación al nivel de incorporación de diferentes fuentes de energía: 1 = maíz; 2 = maíz nixtamalizado; 3 = almidón; 4 = calostro sin fuente energética. Nivel bajo (—) y nivel alto (---)

actuó acelerando la degradación de la proteína. Los tratamientos que contenían maíz y almidón de maíz descendieron juntamente con los demás tratamientos hasta los 20 días, y posteriormente subieron en sus contenidos de proteína verdadera, no pudiéndose especificar la causa.

La proteína verdadera se vio afectada ( $P < 0.01$ ) por el nivel de ácido acético en los diferentes niveles de energía (Tabla 3).

Cuando se agregó el nivel bajo de la fuente de energía (entre 5.9 y 6.330/o), los tratamientos que no contenían ácido acético fueron superiores en la cantidad de proteína verdadera a los tratamientos que contenían tal ácido. En los tratamientos que contenían niveles altos de la fuente de energía (9.4 a 10.100/o) el ácido acético actuó favorablemente.

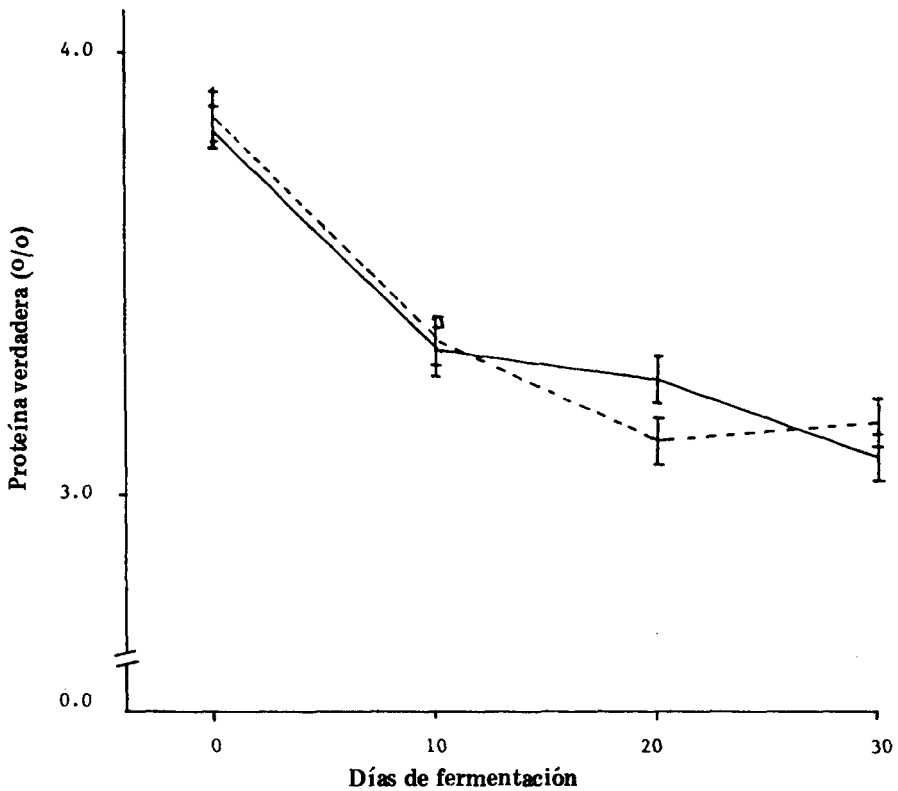


FIGURA 4

Contenido promedio de proteína verdadera (o/o) en diferentes tiempos de fermentación con o sin la adición de ácido acético. Con (- - -) o sin (—) la adición de ácido acético

protegiendo la proteína verdadera (Figura 6).

El pH en los diferentes tratamientos y a diferentes tiempos de fermentación se da a conocer en la Tabla 5.

En el análisis de varianza (Tabla 9), se encontraron diferencias ( $P < 0.01$ ) entre las diferentes fuentes de energía usadas, tiempo de fermentación, nivel de ácido acético y las interacciones de fuente de energía y tiempo de fermentación, y nivel de ácido acético e interacciones ( $P < 0.05$ ) entre la fuente de energía y ácido acético.

El pH bajó ( $P < 0.05$ ) de los cero a los 10 días de fermentación en todas las fuentes de energía. Estos datos concuerdan con lo informado en diferentes trabajos (3, 19, 20).

A los 20 días de fermentación, los tratamientos que contenían calor sin fuente energética presentaron valores más elevados de pH

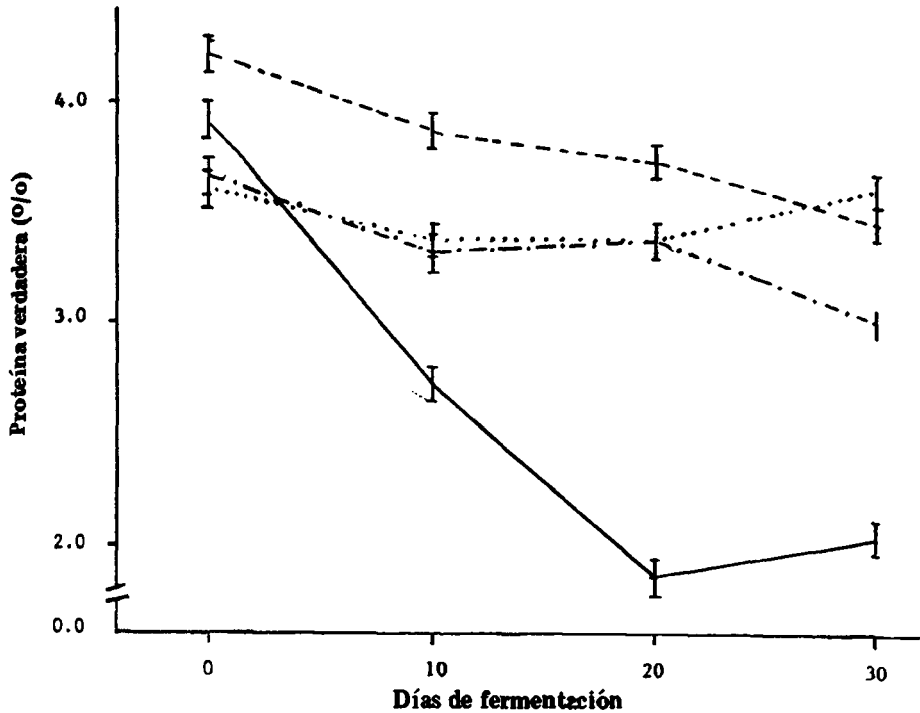


FIGURA 5

Contenido promedio de proteína verdadera (o/o) en diferentes tiempos de fermentación (días) y con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz (—); 2 = maíz nixtamalizado (---); 3 = almidón (.....) y 4 = calostro sin fuente energética (-.-.-)

( $P < 0.05$ ) que los encontrados a los 10 días. Por otro lado, a los 30 días de fermentación, los cuatro tratamientos no mostraron diferencias significativas de pH (Figura 7). Tampoco se observaron diferencias significativas en el pH al agregarse o no ácido acético a los tratamientos en que se utilizaron maíz, maíz nixtamalizado y almidón de maíz. No obstante, en el tratamiento de calostro exento de fuente energética, el Ph fue más alto cuando no se agregó ácido acético (Figura 8). Puede ser debido a que al ser fermentado el calostro con almidones, el pH bajó por la producción de ácido láctico (Tabla 10), y no se encontraron diferencias con los tratamientos en los cuales se utilizó el ácido acético.

Al inicio del experimento (día cero) y como se esperaba al agregar ácido acético, el pH bajó habiendo por lo tanto diferencias ( $P < 0.05$ ) en relación al calostro al que no se agregó ácido. De los cero días hasta los 10 días de fermentación, tanto en el calostro que contenía ácido

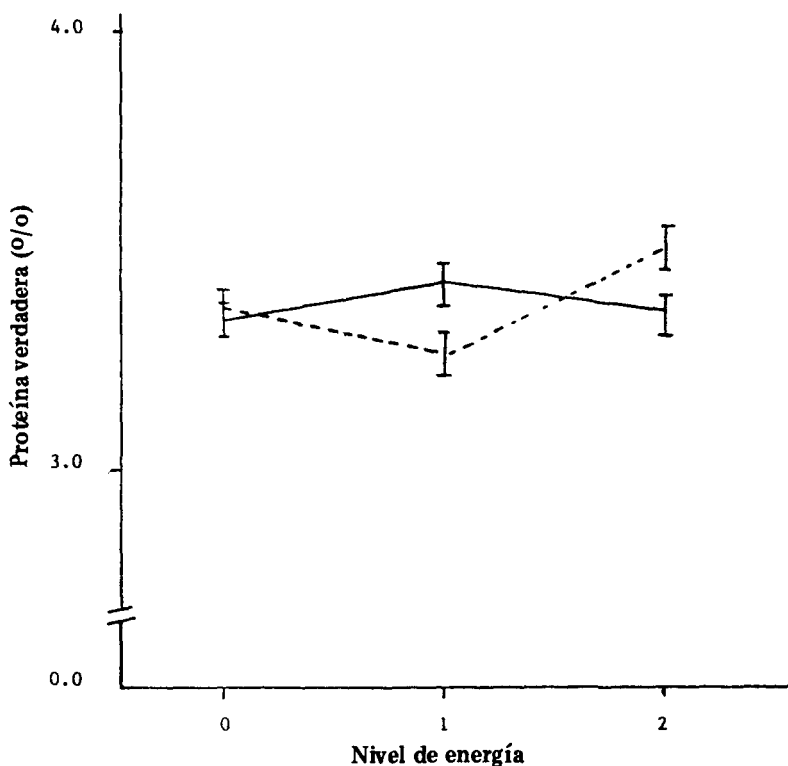


FIGURA 6

Contenido de proteína verdadera (o/o) en relación al nivel promedio de incorporación de energía con o sin la adición de ácido acético. Nivel de energía: 0 = calostro sin fuente energética; 1 = nivel bajo; 2 = nivel alto. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

acético como el que no lo contenía, el pH bajó ( $P < 0.05$ ), descendiendo más bruscamente en los tratamientos que no contenían ácido acético. A los 10 días de fermentación no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos a los que se agregó ácido y los que no se agregó. A partir del décimo día de fermentación, en los tratamientos que no contenían ácido empezó a elevarse el pH ( $P < 0.05$ ) hasta los 20 días. Algunos trabajos han señalado que el pH sube de los 7 a los 15 días de fermentación, después de un descenso inicial (16, 20, 21). Sin embargo, los tratamientos que contenían ácido acético mantuvieron el pH constante ( $P < 0.05$ ) a partir del día 10 de fermentación, datos que concuerdan con lo descrito por otros autores (17, 19, 22).

A los 20 días de fermentación, el pH fue más elevado ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos que no tenían ácido acético. Pero a los 30 días no hubo

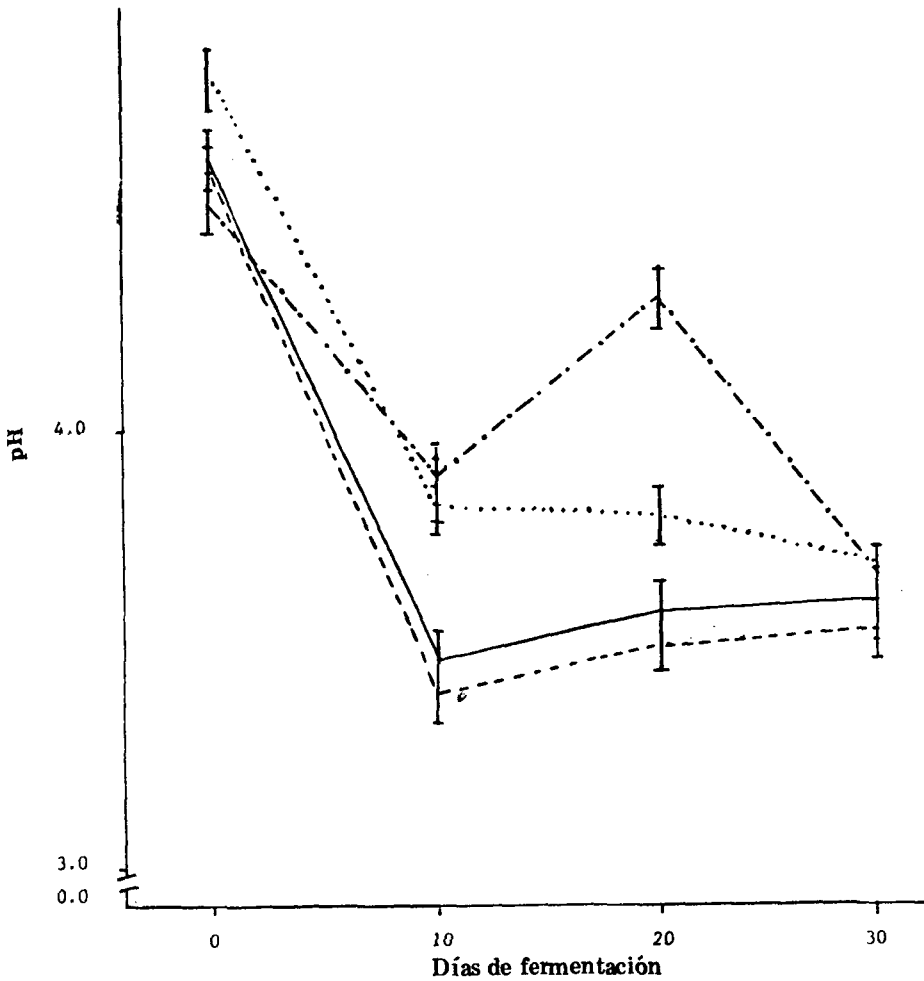


FIGURA 7

pH promedio en diferentes días de fermentación y con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz (—); 2 = maíz nixtamalizado (---); 3 = almidón (.....) y 4 = calostro sin fuente energética(-.-.-.-)

diferencia entre los tratamientos a los que se agregó ácido acético y aquellos que no lo tenían (Figura 9). Estos datos contradicen lo notificado por Rivera (3), quien a los 20 días encontró un pH en el calostro tratado con ácido acético, significativamente menor que en el calostro sin ácido.

En el análisis de varianza (Tabla 9) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre las diferentes fuentes de energía, niveles de

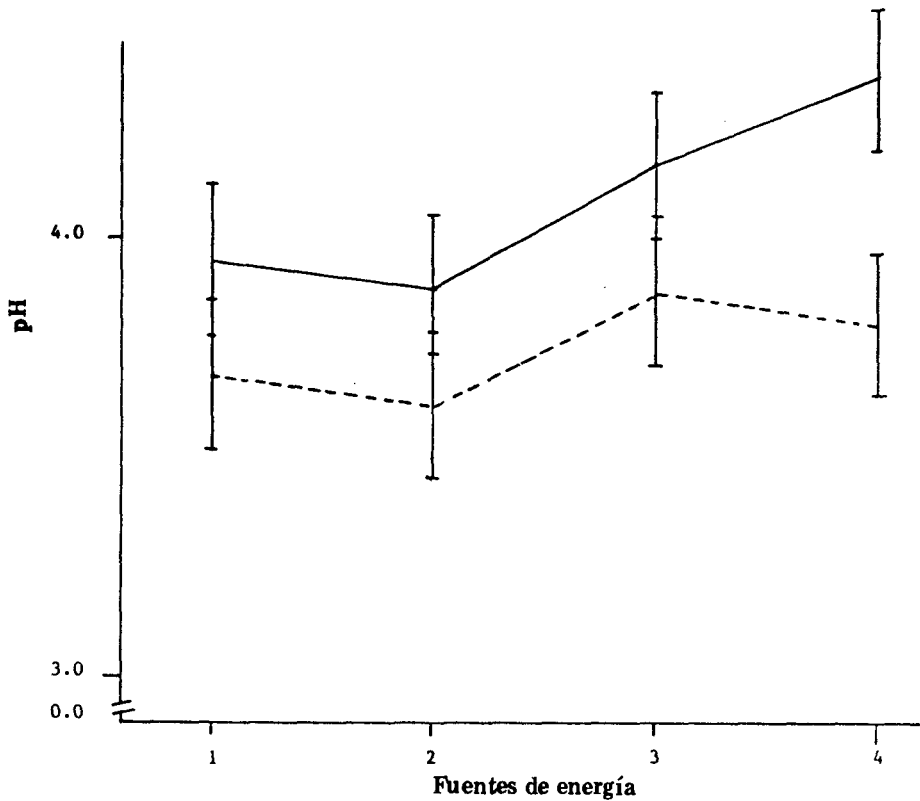


FIGURA 8

pH promedio con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz; 2 = maíz nixtamalizado; 3 = almidón y 4 = calostro sin fuente energética, con o sin la adición de ácido acético. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

incorporación de la fuente de energía, tiempo de fermentación y diferencia para el nivel de ácido acético ( $P < 0.05$ ). Asimismo, se constataron interacciones significativas ( $P < 0.01$ ) entre fuente de energía y nivel de energía, fuente de energía y tiempo de fermentación, y significativas ( $P < 0.05$ ) para tiempo de fermentación y nivel de ácido acético.

Los tratamientos que contenían maíz acusaron niveles más elevados de amoníaco en comparación con los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado, almidón o calostro sin fuente energética. Los niveles más altos de incorporación de maíz y maíz nixtamalizado aumentaron los contenidos de amoníaco de la mezcla. En cambio, los niveles elevados de incorporación de almidón no influyeron en el contenido de amoníaco. Esto se debe a que el nivel de proteína en el almidón es casi nulo y, por lo tanto, la cantidad de amoníaco que se puede formar por la destrucción de la proteína es también muy pequeño (Figura 10).

TABLA 10

**CONTENIDO DE ACIDO LACTICO EN EL CALOSTRO Y CALOSTRO ENRIQUECIDO CON MAIZ NIXTAMALIZADO A LOS CERO Y DIEZ DIAS DE FERMENTACION**

Tratamiento		Días de fermentación	
Calostro o/o	Maíz nixtamalizado o/o	Cero	10
100.00	0.00	0.033	0.148
93.67	6.33	0.035	0.208
89.90	10.10	0.036	0.236

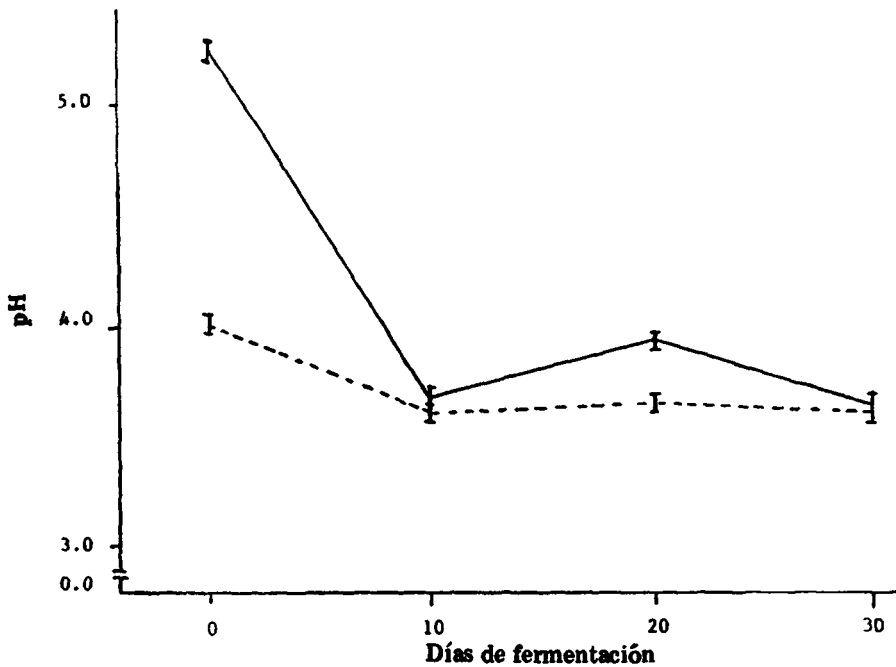


FIGURA 9

pH promedio en diferentes días de fermentación con o sin la adición de ácido acético.  
Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

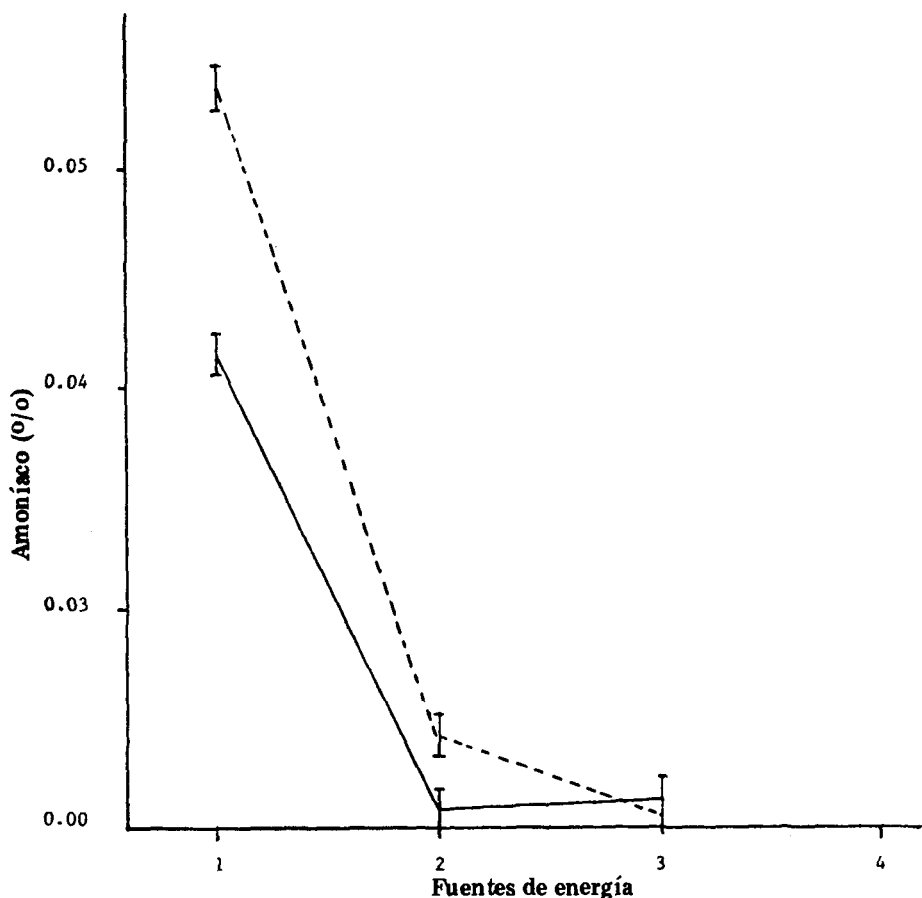


FIGURA 10

Contenido promedio de amoníaco (0/o) a diferentes niveles de energía. Fuentes de energía: 1 = maíz; 2 = maíz nixtamalizado; 3 = almidón y 4 = calostro sin fuente de energía. Nivel de energía bajo (—) y nivel de energía alto (---)

En cuanto al tiempo de fermentación, en el día cero no se constató ninguna diferencia en el contenido de materia seca entre los tratamientos con maíz nixtamalizado, almidón de maíz y maíz.

No obstante, en el calostro sin el agregado de fuente de energía, los niveles de materia seca fueron inferiores a los otros tratamientos y en todos los días de fermentación. A los 10 días de fermentación, las cantidades de materia seca habían bajado ( $P < 0.05$ ) en todos los tratamientos. El tratamiento con maíz presentó un descenso superior a los demás, lo cual puede haberse debido a una mayor fermentación, como se demuestra

por la mayor pérdida de proteína. Las cantidades de materia seca fueron similares en los tratamientos con maíz nixtamalizado y almidón de maíz a los 10 y 30 días, y superiores a los demás tratamientos. Pero a los 20 días de fermentación, el valor de materia seca fue mayor en el tratamiento con maíz nixtamalizado (Figura 11).

Los tratamientos con ácido acético no acusaron diferencia en las cantidades de materia seca en comparación con los tratamientos sin ácido acético a los 10 y 20 días de fermentación. A los 30 días, sin embargo, los tratamientos que contenían ácido presentaron mayores valores que los tratamientos sin la adición de ácido acético (Figura 12). En el trabajo realizado por Rivera (3), éste menciona que en el calostro acidificado con

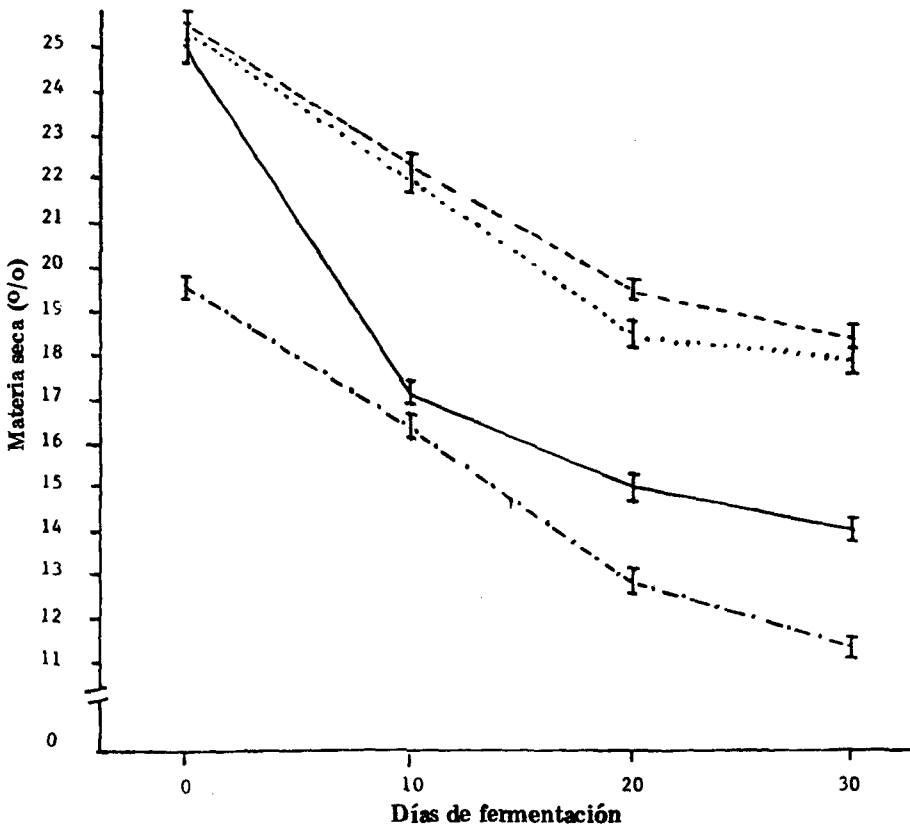


FIGURA 11

Contenido promedio de materia seca (o/o) en diferentes días de fermentación y con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz (—); 2 = maíz nixtamalizado (---); 3 = almidón (.....) y 4 = calostro sin fuente energética (-.-.-)

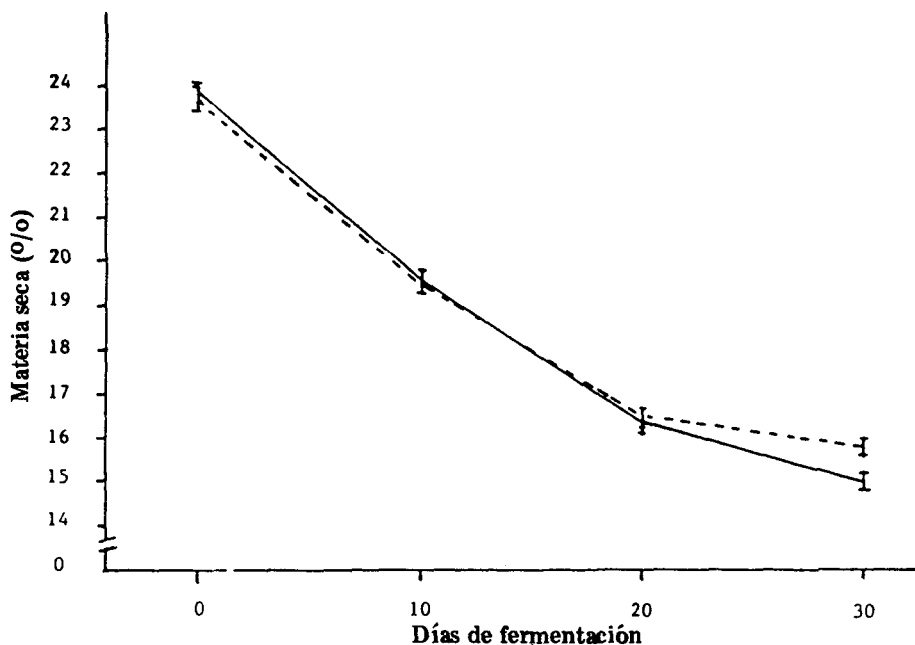


FIGURA 12

Contenido promedio de materia seca (o/o) en diferentes tiempos (días) de fermentación con o sin la adición de ácido acético. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

ácido acético, la materia seca disminuye en menor proporción que en el calostro fermentado. Asimismo, otros autores informan que la adición de ácido al calostro ayuda a reducir la pérdida de materia seca (19, 23) por disminuir el grado de fermentación.

Los azúcares totales contenidos en el calostro sin fuente energética y calostro enriquecido con diferentes fuentes de energía con o sin ácido acético a los cero, 10, 20, y 30 días de fermentación, se aprecian en la Tabla 9.

Analizando dicha Tabla, se observa que el análisis de varianza presenta diferencias ( $P < 0.01$ ) en relación a la fuente de energía, tiempo de fermentación y en la interacción entre la fuente de energía y tiempo de fermentación, así como diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), entre fuente de energía con nivel de ácido y tiempo de fermentación con nivel de ácido acético.

El contenido de azúcares totales descendió en todos los tratamientos a los que se agregaron diferentes fuentes de energía, pero no en forma significativa ( $P > 0.05$ ), siendo más pronunciado en los primeros 10 días. El nivel más elevado de azúcares totales se encontró en los tratamientos que contenían almidón de maíz, seguido por el que contenía maíz nixta-

malizado. Los tratamientos de calostro sin la adición de fuente de energía y de calostro con maíz fueron los que contenían menor cantidad de azúcares totales (Figura 13).

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la cantidad de azúcares totales, entre los tratamientos en que se agregó o no ácido acético, a excepción del tratamiento que contenía calostro más ácido acético, en el que el nivel de azúcares totales fue superior al del tratamiento que no contenía ácido acético (Figura 14).

Esto puede ser atribuido a que en los tratamientos que tenían calostro enriquecido con una fuente energética, hubo formación de ácido láctico, el cual protegió los azúcares de la degradación, de la misma manera que se hubiese adicionado ácido acético.

La cantidad de azúcares totales disminuyó con el aumento del tiempo de fermentación, lo que se debe a la fermentación.

En los tratamientos en que se adicionó ácido acético, los contenidos de azúcares totales fueron mayores ( $P < 0.05$ ) que los que no tenían el

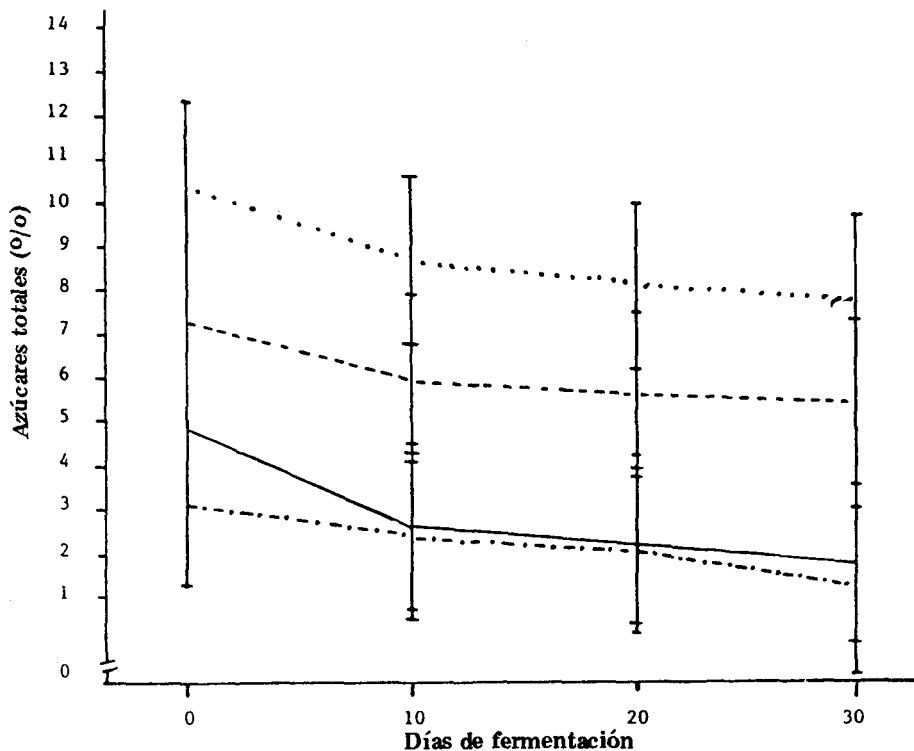


FIGURA 13

Contenido promedio de azúcares totales (o/o) en diferentes tiempos (días) de fermentación, con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz (—); 2 = maíz nixtamalizado (- - -); 3 = almidón (.....) y 4 = calostro sin fuente energética (-.-.-.-)

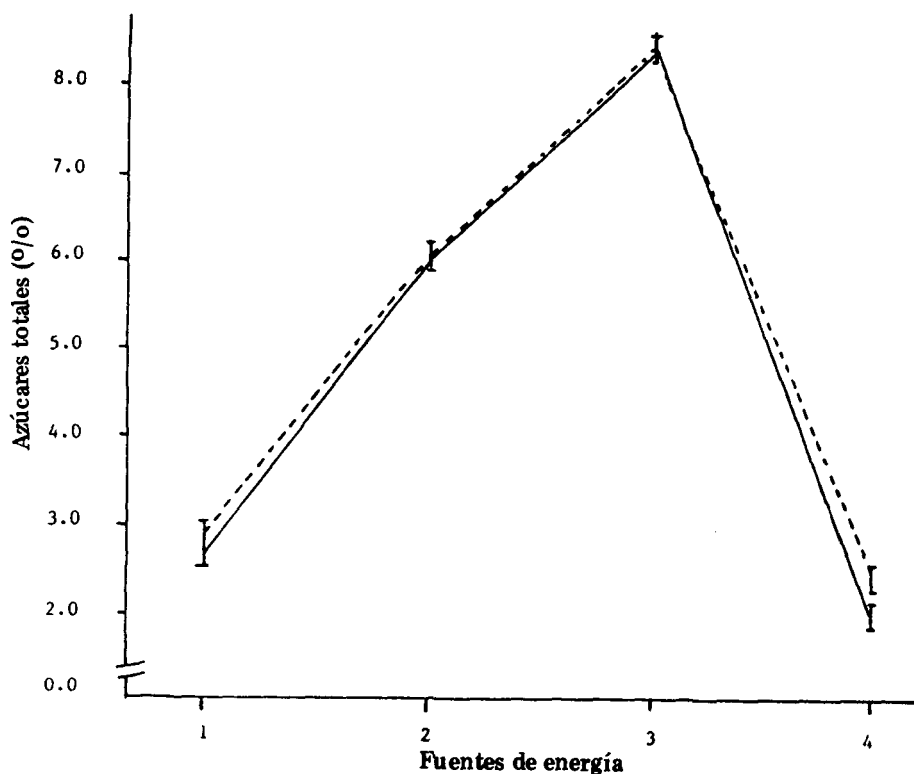


FIGURA 14

Contenido promedio de azúcares totales (o/o) con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz; 2 = maíz nixtamalizado; 3 = almidón y 4 = calostro sin fuente energética. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

ácido a los 20 y 30 días de fermentación. Pero a los 10 días no hubo diferencia entre la adición o no de ácido (Figura 15).

Los niveles de amoníaco se elevaron en todos los tratamientos al pasar los días de fermentación del calostro (Tabla 6). Resultados semejantes han sido notificados (17, 19, 21) con relación al aumento del nitrógeno no proteínico.

Este aumento de amoníaco se debe a la degradación proteínica que tiene lugar durante la fermentación del calostro. Los tratamientos que contenían maíz presentaron mayores niveles de amoníaco (Figura 16), lo que está de acuerdo con los datos encontrados para proteína verdadera (Figura 5), la que fue muy baja en los tratamientos que contenían maíz, demostrando así una mayor degradación de la proteína.

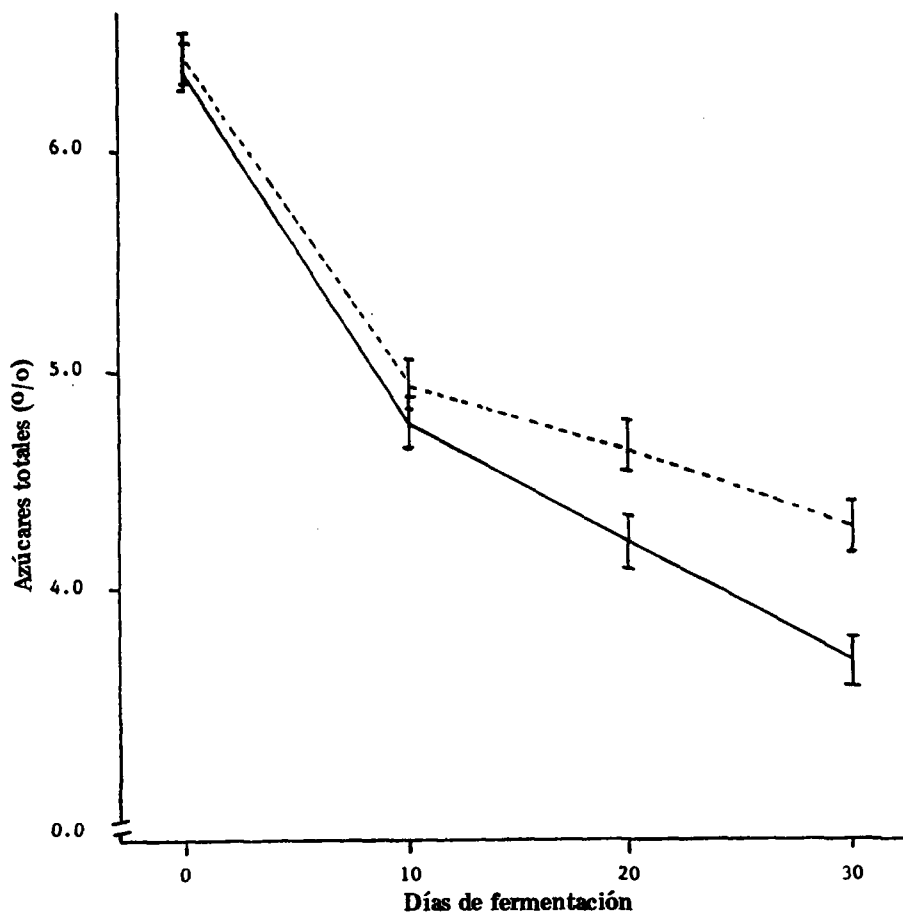


FIGURA 15

Contenido promedio de azúcares totales (o/o) en diferentes días de fermentación, con o sin la adición de ácido acético. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

A los cero días de fermentación la cantidad de amoníaco fue semejante en todos los tratamientos que contenían diferentes fuentes de energía. A los 10 días de fermentación, la cantidad de amoníaco era semejante en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado, almidón de maíz y calostro sin fuente de energía, pero significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos que contenían maíz. Los tratamientos con almidón y maíz nixtamalizado presentaron a los 20 días de fermentación contenidos semejantes de amoníaco, y significativamente inferiores ( $P < 0.05$ ) del calostro sin fuente de energía. La misma tendencia se observó a los 30 días de fermentación (Figura 16).

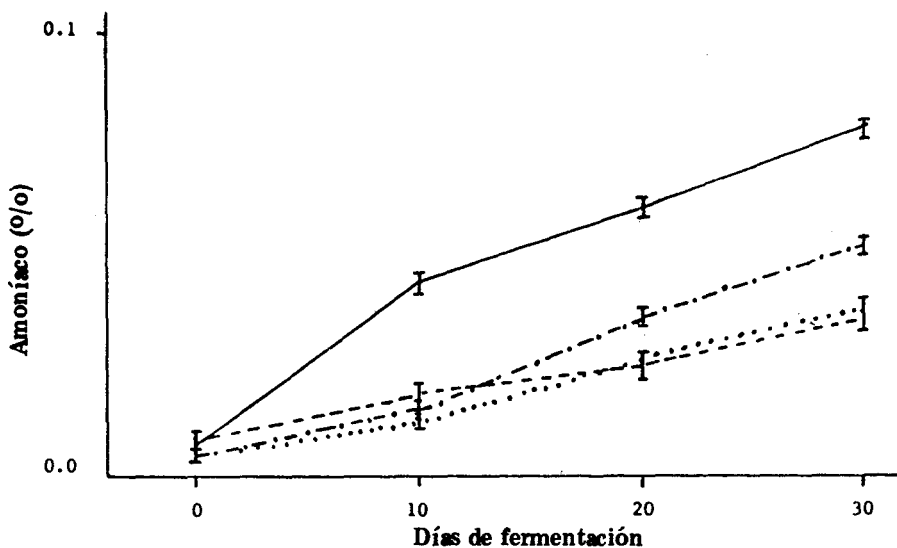


FIGURA 16

Contenido promedio de amoníaco (o/o) con diferentes fuentes de energía en diferentes días de fermentación. Fuentes de energía: 1 = maíz (—); 2 = maíz nixtamalizado (---); 3 = almidón (.....) y 4 = calostro sin fuente energética (-.-.-.-)

Los niveles de amoníaco ascendieron al pasar los días de fermentación, tanto en los tratamientos que contenían ácido acético como en los que no lo contenían. A los 10 días de fermentación no hubo diferencias entre los tratamientos con y sin ácido acético, pero a los 20 y 30 días los tratamientos que contenían ácido acético tenían cantidades inferiores de amoníaco ( $P < 0.05$ ) (Figura 17). Estos resultados concuerdan con los observados por Otterby *et al.* (17), quienes manifiestan que al adicionarse ácido propiónico al calostro, la concentración de amoníaco a los 28 días de fermentación fue menor que la encontrada en el calostro sin adición del ácido.

Los contenidos de amoníaco en el calostro sin fuente energética y calostro enriquecido con diferentes fuentes de almidón, con y sin la adición de ácido acético, a los cero, 10, 20 y 30 días de fermentación se exponen en la Tabla 6.

Los porcentajes de materia seca en los tratamientos con calostro sin fuente energética, calostro enriquecido con diferentes fuentes de almidón y con ácido acético a los cero, 10, 20 y 30 días de fermentación se aprecian en la Tabla 8.

En el análisis de varianza (Tabla 9) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en relación a fuente de energía, nivel de incorporación de

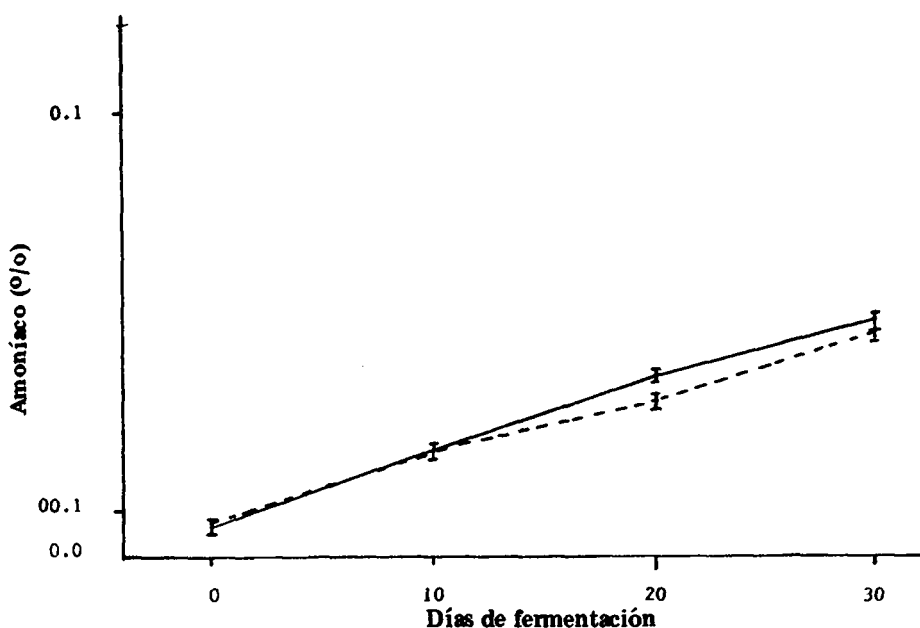


FIGURA 17

Contenido promedio de amoníaco en diferentes días de fermentación con o sin la adición de ácido acético. Con (---) o sin (—) la adición de ácido acético

la fuente de energía y nivel de energía, fuente de energía y tiempo de fermentación, nivel de energía y tiempo de fermentación, y diferencia ( $P < 0.05$ ) del tiempo de fermentación y nivel de ácido acético.

Los tratamientos con niveles más altos de incorporación de la fuente energética también presentaron contenidos de materia seca más elevados (Figuras 18 y 19). Como era de esperar, los tratamientos con niveles altos de energía (9, 4, y 10.10%) mostraron valores más elevados de materia seca ( $P < 0.05$ ) que el nivel bajo (5.9 a 6.3%) ( $P < 0.05$ ), y éstos fueron superiores a nivel cero ( $P < 0.05$ ), el cual contenía calostro sin fuente energética. Los niveles más bajos de materia seca se presentaron en los tratamientos con calostro sin fuente energética ( $P < 0.05$ ), siguiéndole los tratamientos con maíz, almidón de maíz y maíz nixtamalizado. En todos los tratamientos, la materia seca bajó de los cero hasta los 30 días de fermentación (Figura 19) ( $P < 0.05$ ). Otros autores (3, 17, 18) igualmente han informado esta baja de la materia seca del calostro a medida que aumenta el tiempo de fermentación.

Rivera (3) también encontró una merma en el contenido de azúcares totales a medida que aumentaba el tiempo de fermentación, acusando un valor de cero a los 20 días de fermentación tanto en el calostro fermentado como en el acidificado.

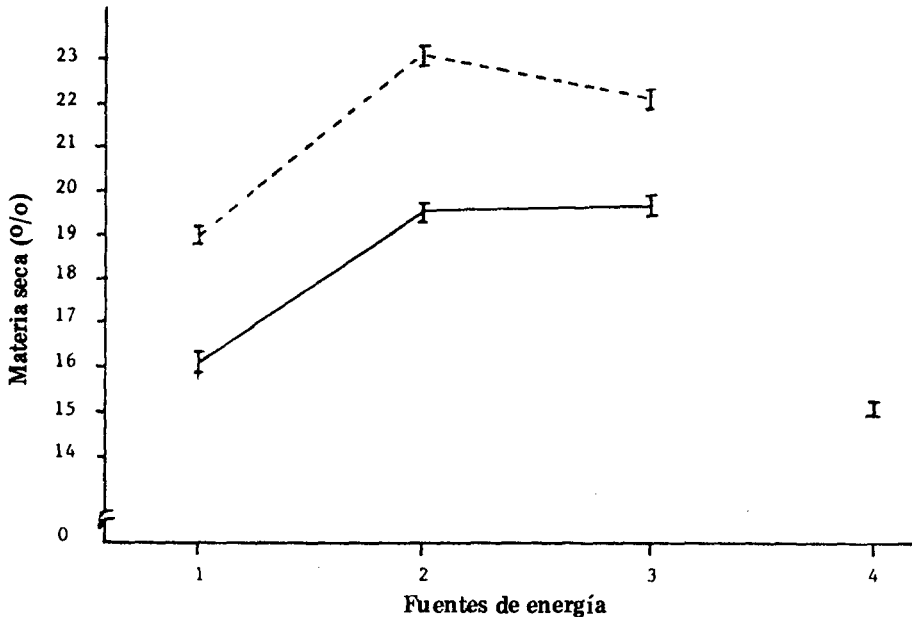


FIGURA 18

Contenido promedio de materia seca con diferentes fuentes de energía: 1 = maíz; 2 = maíz nixtamalizado; 3 = almidón; 4 = calostro sin fuente energética. Nivel de energía: bajo (—) y alto nivel (---)

El recuento bacteriológico del total de mesofílicos aerobios se mantuvo constante en el tratamiento que contenía calostro sin fuente energética después de 10 días de fermentación. Mientras tanto, en los tratamientos con maíz nixtamalizado hubo una baja en el recuento de los mesofílicos después de 10 días de fermentación del calostro (Tabla 11). En lo que respecta al conteo de coliformes, éstos disminuyeron a los 10 días de fermentación, y en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado su descenso fue mayor en comparación con el tratamiento que contenía tan sólo calostro. Estos datos concuerdan con los notificados por Jenny *et al.* (14), que encontraron, asimismo, una disminución del número de coliformes al pasar el tiempo de fermentación. Estos resultados difieren de los encontrados por Rindsing *et al.* (16), quienes informan aumento del número de coliformes con el tiempo de fermentación del calostro.

El recuento de lactobacilos aumentó con el tiempo de fermentación del calostro, no pudiéndose determinar en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado por la interferencia de las levaduras que contaminaron el medio de cultivo. Otros autores (14, 16), también han encontrado aumento en los lactobacilos al pasar el tiempo de fermentación.

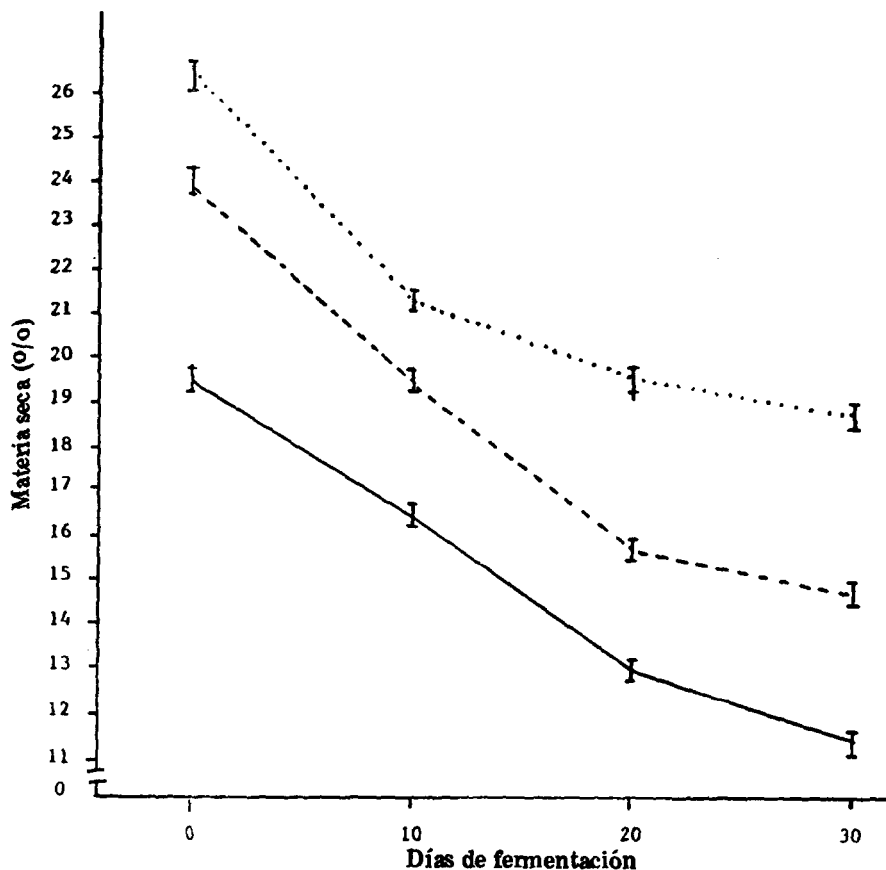


FIGURA 19

Contenido promedio de materia seca (o/o) en diferentes tiempos de fermentación (días) y con diferentes niveles de energía: 1 = calostro sin fuente energética (—) 2 = bajo nivel (---) y alto nivel (.....)

El número de estreptococos aumentó en el calostro a los 10 días de fermentación, pero en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado hubo una disminución.

Los hongos y levaduras también mostraron aumento en el número de colonias/ml, hallazgo que concuerda con lo encontrado por otros autores (6, 14, 16).

Los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado presentaron una disminución en el recuento de bacterias a los 10 días, en comparación con los valores iniciales. Esto se puede justificar por la disminución del

TABLE II  
 RECuento BACTERIOLOGICO EN EL CALOSTRO ENRIQUECIDO CON MAIZ NIXTAMALIZADO  
 A LOS CERO Y 10 DIAS DE FERMENTACION

Organismos (col/ml)	Tratamientos					
	Calostro	93.67 <sup>o</sup> /o de calostro y 6.33 <sup>o</sup> /o de maíz nixtamalizado	89.90 <sup>o</sup> /o de calostro y 10.10 <sup>o</sup> /o de maíz nixtamalizado	Calostro	93.67 <sup>o</sup> /o de calostro y 6.33 <sup>o</sup> /o de maíz nixtamalizado	89.90 <sup>o</sup> /o de calostro y 10.10 <sup>o</sup> /o de maíz nixtamalizado
	Días de fermentación					
	Cero				Diez	
Mesófilos aerobios	5.6 x 10 <sup>7</sup>	5.6 x 10 <sup>7</sup>	5.6 x 10 <sup>7</sup>	5.6 x 10 <sup>7</sup>	1.4 x 10 <sup>6</sup>	1.7 x 10 <sup>6</sup>
Organismos coliformes	5.6 x 10 <sup>6</sup>	5.6 x 10 <sup>6</sup>	5.6 x 10 <sup>6</sup>	5.6 x 10 <sup>5</sup>	3.0 x 10 <sup>2</sup>	5.0 x 10 <sup>2</sup>
Lactobacilos	1.1 x 10 <sup>3</sup>	1.0 x 10 <sup>3</sup>	1.0 x 10 <sup>3</sup>	3.4 x 10 <sup>3</sup>	*	*
Estreptococos	1.3 x 10 <sup>3</sup>	4.0 x 10 <sup>3</sup>	7.7 x 10 <sup>3</sup>	2.3 x 10 <sup>5</sup>	7.7 x 10 <sup>2</sup>	3.2 x 10 <sup>2</sup>
Hongos	1.0 x 10 <sup>3</sup>	1.0 x 10 <sup>3</sup>	1.0 x 10 <sup>3</sup>	7.8 x 10 <sup>4</sup>	9.3 x 10 <sup>3</sup>	1.4 x 10 <sup>4</sup>
Levaduras	—	—	—	—	2.0 x 10 <sup>5</sup>	4.0 x 10 <sup>5</sup>

— = No fueron detectados.

\* = No se pudo realizar el conteo por interferencia con hongos y levaduras.

pH (Figura 7) ocurrida por el desdoblamiento del almidón en ácido láctico (Tablas 10 y 12).

En el análisis de varianza, en el que se consideran los tratamientos, se observan diferencias ( $P < 0.01$ ) entre el contenido de maíz nixtamalizado añadido a la mezcla, tiempo de fermentación y sus interacciones.

TABLA 12

PORCENTAJE DE ALMIDON EN LA MATERIA SECA DEL CALOSTRO Y CALOSTRO ENRIQUECIDO CON MAIZ NIXTAMALIZADO A LOS CERO Y 10 DIAS DE FERMENTACION

Calostro o/o	Tramiento		Días de fermentación	
	Maíz nixtamalizado o/o		Cero	Diez
100.0	0.00		0.00	0.00
93.67	6.33		15.81	13.12
89.90	10.10		22.09	20.18

Los contenidos de ácido láctico en el calostro sin fuente energética aumentaron con el tiempo de fermentación, siendo a los 10 días de fermentación casi tres veces superior al valor inicial (Tabla 10). Los valores para ácido láctico en el calostro sin fuente energética con 10 días de fermentación fueron superiores a los encontrados por Otterby *et al.* (17) y Polzin *et al.* (22). Asimismo, el contenido de ácido láctico fue mayor en el tratamiento que contenía mayor porcentaje de maíz nixtamalizado.

El almidón presente en el maíz nixtamalizado disminuyó con el tiempo de fermentación (Tabla 12), lo que indica que éste puede haber sido convertido en ácido láctico por la acción fermentativa de las bacterias. Así se justifica el aumento tan grande de ácido láctico presente en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado.

El aumento de ácido láctico también provocó una disminución del pH (Figura 7) y, por lo tanto, una disminución del número de bacterias (Tabla 11).

Los granos de cereales son ricos en almidones. El maíz nixtamalizado es un producto elaborado a partir del maíz y en consecuencia es rico en almidones. El calostro no contiene almidones (Tabla 12) y, por lo tanto, todo el almidón presente en los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado provenía de este último.

Cuando al calostro se agregó 6.33% de maíz nixtamalizado, el primero acusó un contenido de 15.81% de almidón en base a la materia seca de la mezcla. Sin embargo, este contenido de almidón descendió a 13.12% a los 10 días de fermentación. Asimismo, en el tratamiento que contenía 10.10% de maíz nixtamalizado, el contenido de almidón disminuyó en el mismo período de 22.09 a 20.18%.

El contenido de almidón fue el factor responsable de la disminución de la digestibilidad de la materia seca (Tabla 13) de la mezcla de calostro

con maíz nixtamalizado. Estos datos concuerdan con los notificados por Toullec *et al.* (24), quienes mencionan que la digestibilidad del maíz varía con la cantidad del sustituto lácteo incorporada a la materia seca.

TABLA 13

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA MATERIA SECA EN EL CALOSTRO Y CALOSTRO ENRIQUECIDO CON MAÍZ NIXTAMALIZADO A LOS CERO Y 10 DÍAS DE FERMENTACION

Calostro	Tratamiento	Días de fermentación	
	Maíz nixtamalizado	Cero	Diez
100.00	0.00	91.06	88.42
93.67	6.33	84.95	85.76
89.90	10.10	79.77	80.19

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la digestibilidad de la materia seca entre los dos niveles de maíz nixtamalizado utilizados en la mezcla y los dos períodos de fermentación.

En el tratamiento testigo que contenía calostro sin fuente energética, el coeficiente de digestibilidad disminuyó de los cero hasta los 10 días de fermentación (Tabla 13), lo que se contradice con lo informado por Rivera (3), quien encontró incremento en la digestibilidad del calostro con el aumento del tiempo de fermentación.

Los tratamientos que contenían maíz nixtamalizado, sin embargo, con el aumento del tiempo de fermentación aumentaron su digestibilidad. Esto puede haberse debido a la acción de las bacterias, que desdoblaron mayor cantidad de almidón en ácido láctico de acuerdo con lo observado en el presente estudio.

En la Tabla 13 se aprecia igualmente que al aumentar el porcentaje de incorporación del maíz nixtamalizado ocurre un descenso en la digestibilidad de la materia seca.

Las cantidades de energía bruta aumentaron con la inclusión de maíz nixtamalizado, siendo mayor en los tratamientos que contenían proporciones más altas de maíz.

Los valores de energía bruta encontrados para el calostro sin fermentar fueron superiores a las 800 kcal/kg mencionadas por Daniels (4).

No se encontró disminución de energía bruta a los 10 días de fermentación con relación a sus valores iniciales (Tabla 14), e incluso, hubo un pequeño aumento.

Bajo condiciones de los análisis y estudios efectuados en el trabajo que nos ocupa se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El sorgo no parece ser una buena fuente de energía para su adición al calostro, ya que después de 10 días de fermentación, todos los tratamientos que contenían esta mezcla presentaron putrefacción.

TABLA 14

**CONTENIDO DE ENERGIA BRUTA (kcal/kg) EN EL CALOSTRO Y  
CALOSTRO ENRIQUECIDO CON MAIZ NIXTAMALIZADO A LOS CERO Y  
10 DIAS DE FERMENTACION (BASE HUMEDA)**

Calostro	Tratamiento Maíz nixtamalizado	Días de fermentación	
		Cero	Diez
100.00	0.00	860.38	886.04
93.67	6.33	1041.16	1050.17
89.90	10.10	1155.82	1168.24

- El ácido acético adicionado a los tratamientos no influyó en preservar la degradación de la proteína cruda, proteína verdadera, y materia seca en los tratamientos a los que se agregó una fuente energética. Esto parece haberse debido a que como el contenido de ácido láctico aumentó con el tiempo de fermentación, el pH de las mezclas disminuyó. Así, los tratamientos que contenían ácido acético para control de la flora microbiana y protección de los nutrimentos no presentaron diferencias significativas.
- De las fuentes de energía utilizadas en el presente trabajo, la que parece ser más viable de utilizar en la alimentación animal, es el maíz nixtamalizado, dado su bajo costo, su fácil adquisición, y los buenos resultados que produjo en este trabajo, en contraste con otras fuentes energéticas.
- En cuanto al tiempo de fermentación del calostro enriquecido con diferentes fuentes de energía, los mejores resultados se obtuvieron a los 10 días de fermentación, ya que a partir de esta fecha los nutrimentos disminuyeron a niveles muy bajos.
- Los contenidos de ácido láctico en el calostro con maíz nixtamalizado aumentaron y los contenidos de almidón disminuyeron con el tiempo de fermentación, lo que indica que este último es factible de ser utilizado para convertirse a ácido láctico por acción fermentativa de las bacterias.
- En cuanto al porcentaje óptimo de maíz nixtamalizado para ser agregado al calostro, el nivel de 6.33% tuvo mayor digestibilidad de la materia seca que el nivel de 10.10%.
- La energía bruta aumentó con la adición de maíz nixtamalizado al calostro.

## SUMMARY

**EFFECT OF DIVERSE ENERGETIC RESOURCES ON THE FERMENTATION PROCESS OF BOVINE COLOSTRUM**

The present work consisted in evaluating the feasibility of utilizing different energy sources—corn, nixtamalized corn, sorghum and corn starch—in colostrum fermentation, by incorporating them in two different percentages, with and without the addition of acetic acid.

The crude and true protein, ammonia, and dry matter content, as well as pH, total sugars, lactic acid, starches, dry matter digestibility, bacteriological count and gross energy, were studied.

Results revealed that up to 10 days of fermentation, the most viable energy source was nixtamalized corn, and that the addition of acetic acid was not useful in colostrum preservation. The incorporation level of nixtamalized corn added to colostrum which rendered the best results, was that of 6.330/o.

## BIBLIOGRAFIA

1. Mercado, S. S. Crianza de beceras. **Suplemento de la Gaceta SAHR**, Subsecretaría de Ganadería, Año 1, No. 8, 1979.
2. Ortega, M. E., A. Aguilera & F. Pérez-Gil. Efecto de la adición de sorgo y melaza en la fermentación del calostro bovino. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, 34(3): 543-549, 1984.
3. Rivera, A. B. Efecto de la Adición del Acido Acético al Calostro Fresco y en el Proceso de Fermentación para la Alimentación Animal. Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana, México, 1978.
4. Daniels, L. B., J. R. Hall, Q. R. Hornsby & J. A. Collins. Feeding naturally fermented, cultured and directly acidified colostrum to dairy calves. **J. Dairy Sci.**, 60: 992-996, 1977.
5. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970.
6. Bateman, J. V. **Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos**. México, D.F., Editorial Herrero Hnos., 1970.
7. Spiro, R. G. In: **Methods in Enzymology**. Vol. 8. S.P. Colowick and N. O. Kaplan (Eds.). New York, N. Y., Academic Press, Inc., 1966.
8. Ramos, M. C. **Manual de Métodos de Análisis de Leche y Lactinios**. México, D. F., 1976.
9. Sosa, E. M. Estudio de Carbohidratos y Enzimas Relacionadas durante la Germinación del Grano de Maíz. Tesis de Maestría, Facultad de Química, UNAM, México, D. F., 1978.
10. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Marvin L. Speck (Ed.). American Public Health Association (APHA), 1976.
11. Fernández, E. E. **Microbiología Sanitaria**. Guadalajara, Editorial de la Universidad de Guadalajara, 1981.
12. **Técnicas Generales para Análisis Microbiológicos de Alimentos**. México, D. F., Laboratorio Nacional de Referencias de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, 1978.

13. Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. *Métodos Estadísticos*. 6a. ed. México, D. F., Compañía Editorial Continental, S. A., 1979.
14. Jenny, B. F., C. D. O'Dell & M. G. Johnson. Microbial and acidity changes in colostrum fermented by natural flora at low and high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.*, **60**: 453-457, 1977.
15. Müller, L. D., F. C. Ludens & J. A. Rook. Performance of calves fed fermented colostrum or colostrum with additives during warm ambient temperatures. *J. Dairy Sci.*, **59**: 930-935, 1976.
16. Rindsing, R. B., J. G. Jenecke & G. W. Bodoh. Influence of formaldehyde and propionic acid on composition and microflora of colostrum. *J. Dairy Sci.*, **60**: 63-71, 1977.
17. Otterby, D. E., R. E. Dutton & J. A. Foley. Comparative fermentations of bovine colostrum milk. *J. Dairy Sci.*, **60**: 73-78, 1977.
18. Yu, Y., J. B. Stone & M. R. Wilson. Fermented bovine colostrum for Holstein replacement calf rearing. *J. Dairy Sci.*, **59**: 936-943, 1976.
19. Carlson, S. M. A. & L. D. Müller. Compositional and metabolic evaluation of colostrum preserved by four methods during warm ambient temperatures. *J. Dairy Sci.*, **60**: 566-571, 1977.
20. Müller, L. D. & D. R. Syhre. Influence of chemicals and bacterial cultures on preservation of colostrum. *J. Dairy Sci.*, **58**: 957-961, 1975.
21. Müller, L. D. & J. Smallcomb. Laboratory evaluation of several chemicals for preservation of excess colostrum. *J. Dairy Sci.*, **60**: 627-631, 1977.
22. Polzin, H. W., D. E. Otterby & D. G. Johnson. Response of calves fed fermented or acidified colostrum. *J. Dairy Sci.*, **60**: 224-234, 1977.
23. Parrish, D. B., E. E. Bartley, D. U. Burris & R. T. McYntyre. Properties of the colostrum of dairy cow. VIII. Digestibility of colostrum and milk by calves during the early postnatal days of life. *J. Dairy Sci.*, **36**: 489-494, 1953.
24. Toullec, R., M. Theriez & P. Thivend. Sucedáneos de la leche para terneros y corderos. *Revista Mundial de Zootecnia*, **33**: 32-42, 1980.