

PRODUCCIÓN DE LECHE FERMENTADA UTILIZANDO BACTERIAS PROBIÓTICAS (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* y *Streptococcus thermophilus*) CON LECHE DE CABRA Y DE VACA

Dániza Mirtha Guerrero Alva, Gerardo Gamarra Ballena

Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, UNAC. Facultad de Farmacia y Bioquímica, UNMSM

RESUMEN

En el presente estudio se adicionó un cultivo mixto Bio Rich constituido por *Lactobacillus acidophilus* La-1, *Bifidobacterium lactis* Bb-12 y *Streptococcus thermophilus* a leche de cabra, de vaca, así como a la mezcla de ambas en proporción (1:1); obteniéndose leche fermentada o cultivada entera o integral en base al contenido de acidez, porcentaje de grasa y al crecimiento de las bacterias probióticas *Lactobacillus acidophilus* (10^7 ufc/ml) y *Bifidobacterium lactis* (10^6 ufc/ml), además de *Streptococcus thermophilus* (10^9 ufc/ml), las que cumplen las normas microbiológicas de las leches fermentadas o cultivadas. Se determinó el porcentaje de inóculo y la temperatura de fermentación, siendo el pH de corte de 4,5. El tiempo de proceso con leche de vaca, de cabra y con la mezcla de leche de cabra y de vaca (1:1) fue de 4 horas, 7 horas y 4 horas, respectivamente.

Palabras clave: leche de cabra y de vaca, proceso, leche fermentada, probióticos.

SUMMARY

In the present study was added a culture (composed by *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* and *Streptococcus thermophilus*) to goat and cow milk and a mix of goat and cow milk (1:1). It was gotten whole fermented milk with good acidity, fat percentage, and enough probiotic bacteria's growth (*Lactobacillus acidophilus* 10^7 cfu/ml, *Bifidobacterium lactis* 10^6 cfu/ml), besides *Streptococcus thermophilus* 10^9 cfu/ml. All of the fermented milks agreed with the food safety norms. The parameters of the process were: added culture (1% in goat and in cow and goat mix milk, fermentation temperature 42° C; 2% in cow milk and fermentation temperature 39° C); final pH of 4,5. The time of process with cow, goat, and cow and goat mix milk was: 4 hours, 7 hours and 4 hours respectively.

Keywords: goat and cow milk, process, fermented milk, probiotics.

INTRODUCCIÓN

La leche es un fluido segregado por las glándulas mamarias de las hembras sanas, poco después del calostro, cuando nace la cría; es un líquido de composición compleja, blanco y opaco; de sabor ligeramente dulce y pH casi neutro.

Las diferentes especies de mamíferos producen leches que varían en su composición y como consecuencia tienen propiedades diferentes (1).

La leche de vaca posee carbohidratos libres en solución en fase acuosa y unidos a proteínas; entre ellos se encuentra la lactosa en una proporción promedio de 50 g/l, que puede ser transformada por microorganismos benéficos (2,3) y contaminantes (4).

La leche de cabra es de sabor agradable y dulzón. Sus glóbulos de grasa tienen un tamaño menor de 5 micras, lo cual reduce el tiempo de residencia en el estómago, así como el tránsito intestinal. Sin embargo, durante el final de la lactación se produce de manera natural mayor cantidad de grasa y de ácidos grasos caproico, caprílico y cáprico (5), los que confieren sabor y aroma específico (5), que no siempre es aceptado por el público consumidor.

En cuanto a las proteínas, las caseínas representan la fracción mayoritaria en ambos tipos de leches. Además, en la leche de cabra se encuentran menores concentraciones de lactoalbúmina, pero más lactoglobulina que en la de vaca (6).

Según la Oficina de investigación Agraria del Ministerio de Agricultura, el Perú tuvo en el año

2000, aproximadamente, 2 022 756 cabezas de ganado caprino, distribuidas, principalmente, en los departamentos de Piura, Ayacucho, La Libertad, Ancash, Huancavelica y Lima (7). Es llamada, en forma general, "la ganadería de los pobres", ya que los hatos se concentran en ganaderos de escasos recursos. Los volúmenes de producción de leche de cabra oscilan entre 2 y 6 litros por día, por animal (6). En nuestro país el consumo de leche de cabra tiene mayor aplicación en la producción de quesos (8) y en segunda instancia en la producción de yogurt, mientras que la leche de vaca goza de uso industrial más diversificado, siendo cada vez mayor la producción de leches fermentadas cuyas propiedades y bondades –probadas por numerosos estudios– han incrementado su demanda en el mercado.

La característica principal de estos productos es que son procesados empleando microorganismos seleccionados, capaces de hidrolizar la lactosa presente; por ejemplo, los géneros de lactobacilos y estreptococos a los que se han sumado las bifidobacterias; todos ellos denominados probióticos (9). Actualmente existen muchos productos en el mercado internacional que incluyen este tipo de microorganismos, con el rótulo "Alimentos para uso especial en salud", (FOSHU), de los cuales más de 50 productos poseen *Bifidobacterium* en su composición. Su éxito radica en que suprime la absorción de colesterol (10), regulan la composición de microorganismos en el intestino (11), reducen la actividad de la nitroreductasa y b-glucoronidasa, que causan cáncer al colon, reducen la concentración de amonio y azoximetano, que inducen criptas aberrantes (12), sintetizan folatos e inmunoglobulinas, vitamina B y K, así como reducen traslocaciones de *Escherichia coli* (13,14 y 15).

La industria no procesa leche fermentada de cabra con *Bifidobacterium*, siendo necesario introducir otras cepas como *Lactobacillus acidophilus* en el diseño de nuevos productos.

OBJETIVOS

1. Producir un tipo de leche fermentada con leche de cabra y de vaca que incluyan microorganismos prebióticos, tales como *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* y *Streptococcus thermophilus*.
2. Determinar los parámetros del proceso.
3. Determinar las características del producto final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de trabajo. se realizó en los Laboratorios del Centro en Investigación en Cáncer Maes Heller del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas de Lima- Perú (INEN), ONG PROCABRA y laboratorios de la Universidad Nacional del Callao.

Materia Prima. Leche de vaca de la raza Holstein; fresca y entera, procedente del establo Venturosa del Callao.

Leche de cabra de la raza anglo nubia, fresca y entera, de la ONG "Procabra". Leche en polvo descremada para preparación de fermento madre.

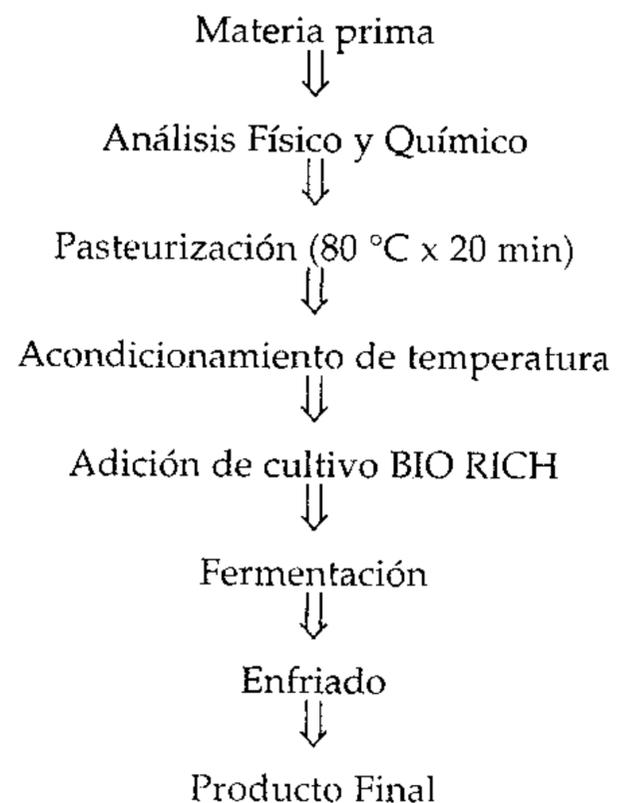
Fermento láctico mixto denominado comercialmente BIO RICH, que contiene cepas bien definidas de *Lactobacillus acidophilus* La- 1 *Bifidobacterium lactis* Bb-12 y *Streptococcus thermophilus*, procedentes de los laboratorios Christian Hansen.

MÉTODOS

1. Análisis físico-químico y microbiológico de la leche de cabra y de vaca de acuerdo a normas nacionales (15).
2. Para la producción de leche fermentada empleando leche de cabra, de vaca y la mezcla de ambas leches en partes iguales (1:1), se desarrolló el flujo general de operaciones que se expone en el Diagrama N.º 1.

DIAGRAMA N.º 1

FLUJO GENERAL PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE FERMENTADA



Se monitoreó el desarrollo de acidez, variación de pH, consistencia del gel lácteo y tiempo de fermentación al variar la temperatura y porcentaje de inóculo.

3. En el producto final se desarrolló el análisis sensorial descriptivo y el de ranking; la evaluación de las características físico-químicas básicas (acidez, pH, grasa y consistencia), los recuentos de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* y *Streptococcus thermophilus* (16) y de contaminantes (coliformes y hongos y levaduras), de acuerdo a normas nacionales (15).

RESULTADOS

1. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

La leche de cabra, de vaca y la mezcla de ambas leches en proporción de (1:1) tuvieron el siguiente resultado físico y químico:

Cuadro N.º 1: Análisis físico y químico de la materia prima

CARACTERÍSTICA EVALUADA	TIPO DE LECHE		MEZCLA(1:1)
	CABRA	VACA	CABRA:VACA
Densidad (g/ml) a 15° C	1,040	1,032	1,035
Acidez (° Dornic)	16	16	16
Grasa (g /100g)	4,3	3,2	3,9
Sólido no grasos (g. /100g)	9,0	8,5	8,6
Sólidos totales (g /100 g)	13,3	11,7	12,5
pH	6,7	6,7	6,7
Prueba del alcohol (68%)	Estable	Estable	Estable
Prueba azul metileno	Buena	Buena	Buena

En la numeración de aerobios mesófilos viables y de coliformes, se obtuvo valores menores de $1,5 \times 10^6$ ufc/ml y de 10^3 ufc/ml, respectivamente, en todas las muestras de leche de cabra, de vaca, y la mezcla de ambas en proporción de (1:1).

2. FERMENTACIÓN

Durante el proceso de fermentación empleando leche de cabra, de vaca y la mezcla de ambas leches en partes iguales, se obtuvo los siguientes resultados:

2.A. Con leche de cabra

Cuadro N.º 2: Acidez (°d) generada en el producto final utilizando leche de cabra como materia prima

%INÓCULO	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
45° C	101	101	102	107	108	103
42° C	95	96	98	100	105	104
39° C	91	93	96	101	103	104

Cuadro N.º 3: Consistencia (cm) de los geles lácteos al finalizar la fermentación con leche de cabra

%INÓCULO	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
45 °C	6,9	7,5	7,0	6,8	6,8	6,5
42 °C	7,8	6,7	6,8	6,8	7,0	7,1
39 °C	7,2	6,8	6,8	7,0	6,8	6,7

El tiempo de proceso estuvo determinado por el tiempo necesario para llegar al pH de 4,5 llamado pH de corte; siendo de 4 horas 30 minutos, 7 horas y 7 horas 40 minutos a 45 °C, 42 °C y 39 °C, respectivamente.

3.A. Análisis del producto final (con leche de cabra)

La evaluación sensorial descriptiva se hizo en cuanto a las características de sabor, consistencia, olor y color, con los siguientes resultados.

El **sabor** fue ácido suave y se percibió sensación cremosa con bajos porcentajes de inóculo en las muestras procesadas con las temperaturas experimentales; siendo más acentuada a mayor temperatura y adición de cultivo mixto. Además, la percepción de mayor acidez magnifica el sabor típico de la leche de cabra.

La **consistencia** del gel lácteo fue firme y estructurado con las tres temperaturas ensayadas y los porcentajes de inóculos adicionados, observándose sinéresis de color amarilla.

En cuanto al **olor**, todas las leches fermentadas fueron levemente aromáticas percibiéndose diacetilo, como también el aroma característico de leche de cabra.

Finalmente, el **color** fue blanco en todas las muestras.

Cuadro N.º 4: Recuento de bacterias benéficas en leche fermentada de cabra con diferentes temperaturas de fermentación y porcentaje de inóculo

%INÓCULO	0,5	1	1,5	2	2,5	3
L.acidophilus (*)						
°TF= 45 °C	+	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**)						
°TF= 45 °C	+	+	+	+	+	+
B.lactis (***)						
°TF= 45 °C	-	-	-	-	-	-
L.acidophilus(*)						
°TF= 42 °C	+	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**)						
°TF= 42°C	+	+	+	+	+	+
B. lactis (***)						
°TF= 42 °C	-	+	+	+	+	+
L.acidophilus(*)						
°TF= 39 °C	+	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**)						
°TF= 39 °C + +	+	+	+	+	+	+
B. lactis (***)						
°TF= 39 °C	-	+	+	+	+	+

(*) *Lactobacillus acidophilus*, recuento mayor o igual a 10⁷ ufc/ml.
 (**) *Streptococcus thermophilus*, recuento mayor o igual a 10⁹ ufc/ml.
 (***) *Bifidobacterium lactis*, recuento mayor o igual a 10⁶ ufc/ml.
 °TF: temperatura de fermentación.

Análisis sensorial de Ranking: con las muestras procesadas a 42 °C se determinó el porcentaje óptimo de fermento añadido a leche de cabra; de acuerdo a los aspectos sabor, consistencia, color y aroma, por 8 jueces entrenados.

Cuadro N.º 5: Evaluación Sensorial de leche de cabra fermentada a 42 °C con diferentes porcentajes de Fermento Bio Rich, mediante el método de Ranking.

Característica	% inóculo					
	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sabor	17	13	18	34	39	47
Consistencia	18	15	15	36	39	45
Aroma	18	14	16	38	38	44
Color	16	16	16	35	39	46

La evaluación de los jueces indicó que la mejor muestra fue la procesada con 1% de fermento láctico.

Cuadro N.º 6: Análisis Físico-Químico de Leche de Cabra Fermentada a 42° C y 1 % de Fermento Bio Rich.

ÍTEM	RESULTADO
Acidez (° Dornic)	93
pH	4,5
Grasa (%)	4,5
Consistencia del Gel (cm)	6,7

Cuadro N.º 7: Análisis microbiológico de leche de cabra fermentada a 42 °C con 1% de fermento Bio Rich.

DETECCIÓN	RECUESTO MICROBIANO
Hongos y levaduras	Ausencia
Coliformes (NMP)	<3 UFC / ml
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	2,4x 10 ⁷ ufc/ml
<i>Streptococcus thermophilus</i>	3 x 10 ⁹ ufc/ml
<i>Bifidobacterium lactis</i>	10 ⁶ ufc/ml

De los resultados obtenidos en el cuadro anterior, se puede concluir que las muestras procesadas contenían las bacterias probióticas en cantidades adecuadas y de acuerdo a las normas internacionales, encontrándose libre de microorganismos que representen peligro para la salud del consumidor.

2.B. Con leche de vaca

A continuación se presentan los cuadros resumen de la acidez y consistencia del gel lácteo procesado con leche de vaca:

Cuadro N.º 8: Acidez (°D) generada en el producto final utilizando leche de vaca como materia prima

%INÓCULO	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
45 °C	70	72	76	76	78	82
42 °C	54	61	63	63	62	68
39 °C	56	61	60	63	65	66

Cuadro N.º 9: Consistencia (cm) de los geles lácteos al finalizar la fermentación con leche de vaca

%INÓCULO	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
45 °C	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,2
42 °C	5,5	5,5	5,3	5,6	6,0	5,8
39 °C	8,0	7,5	6,8	5,9	5,8	6,4

Cuadro N.º 10: Recuento de bacterias benéficas en leche fermentada de vaca con diferentes temperaturas de fermentación y porcentaje de inóculo

%INÓCULO	0,5	1	1,5	2	2,5	3
L.acidophilus (*)						
°TF= 45 °C-	-	+	-	+		
S.thermophilus(**)						
°TF= 45 °C-	-	-	-	-		
B.lactis (***)						
°TF= 45 °C	-	-	-	+	+	+
L.acidophilus(*)						
°TF= 42 °C	-	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**)						
°TF= 42 °C-	-	-	-	-		
B. lactis (***)						
°TF= 42 °C	-	-	+	+	+	+
L.acidophilus(*)						
°TF= 39 °C	+	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**)						
°TF= 39 °C+	+	+	+	+		
B. lactis (***)						
°TF= 39 °C	+	+	+	+	+	+

(*) *Lactobacillus acidophilus*, recuento mayor o igual a 10^7 ufc/ml.

(**) *Streptococcus thermophilus*, recuento mayor o igual a 10^9 ufc/ml.

(***) *Bifidobacterium lactis*, recuento mayor o igual a 10^6 ufc/ml.

°TF: Temperatura de fermentación.

3.B. Análisis del producto final (con leche de vaca)

La evaluación de las características de sabor, olor, consistencia y color mediante el método descriptivo fue el siguiente:

El **sabor** fue evaluado a través de la acidez, la cual fue suave con 0,5% de fermento y para todas las temperaturas de proceso. Cremosas y de acidez persistente en el paladar a elevada temperatura.

En cuanto a la **consistencia**, el gel fue muy bien conformado y con sinéresis amarilla a temperaturas de 45 °C y 42 °C desde 1,5% a 3% de fermento Bio Rich, y a 39 °C entre 2% y 3%; siendo frágiles entre 0,5% y 1% en todas las temperaturas; sin observarse sinéresis.

El aroma fue a diacetilo, en las tres temperaturas. Finalmente, el color de las leches fermentadas fue crema en todos los casos.

De los resultados obtenidos se observa que la temperatura que permitió el crecimiento adecuado de las tres bacterias benéficas empleadas fue de 39 °C. Análisis sensorial de ranking: para determinar el porcentaje óptimo de fermento en las muestras procesadas a 39 °C.

Cuadro N.º 11: Evaluación sensorial de leche de vaca fermentada a 39 °C con diferentes porcentajes de fermento Bio Rich, mediante el método de ranking

% INÓCULO						
CARACT.	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sabor	46	40	34	14	15	18
Consistencia	46	35	39	12	15	21
Aroma	46	36	38	14	14	20
Color	46	39	35	14	15	19

Con la tabla de Ranking y un nivel de significación del 5%, se determinó que la mejor muestra fue la procesada con leche de vaca, a 39 °C y adicionada de 2% de fermento láctico.

Cuadro N.º 12: Análisis Físico Químico de leche de vaca fermentada a 39°C adicionada de 2% de fermento Bio Rich

CARACTERÍSTICA	RESULTADO
Acidez (°D)	63
pH	4,5
Grasa (%)	3,2
Consistencia del Gel (cm)	5,9

Cuadro N.º 13: Análisis microbiológico de leche de vaca fermentada a 39 °C adicionada de 2% de fermento Bio Rich

DETECCIÓN	RECuento MICROBIANO
Hongos y levaduras	Ausencia
<i>Coliformes</i>	< 3 ufc/ml
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	8 x 10 ⁷ ufc/ml
<i>Streptococcus thermophilus</i>	8 x 10 ⁹ ufc/ml
<i>Bifidobacterium lactis</i>	5x10 ⁶ ufc/ml

Los resultados obtenidos permiten indicar que las muestras corresponden a leches fermentadas enteras o integrales, de vaca.

2.C. Con mezcla de leche de cabra y vaca (1:1)

La evolución de la acidez, pH y consistencia de los productos resultantes se exponen a continuación:

Cuadro N.º 14: Acidez (°d) generada en el producto final utilizando leche de cabra y vaca (1:1) como materia prima

%INÓCULO	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
45°C	82	82	86	91	96	98
42°C	74	81	82	87	88	84
39°C	71	78	76	79	88	86

Cuadro N.º 15: Consistencia (cm) de los geles lácteos al finalizar la fermentación con leche de cabra y vaca (1:1)

%INÓCULO	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
45 °C	6,5	6,0	6,2	6,1	6,5	6,5
42 °C	7,7	6,4	6,0	6,0	6,5	6,0
39 °C	7,7	7,2	7,5	7,2	6,2	6,0

Por otro lado el tiempo de proceso requerido para llegar al pH de 4,5 a las temperaturas de 45 °C y 42 °C fue de 4 horas y a 39 °C de 4 horas 25 minutos.

3.C. Análisis del producto final (con leche de cabra y vaca 1:1)

Análisis sensorial descriptivo: se desarrolló de acuerdo a las características de sabor, consistencia, olor y color.

El **sabor** se percibió ácido y cremoso adicionando porcentajes reducidos de cultivo, pero se sintieron más ácidos, cremosos y con sabor a leche de cabra cuando el porcentaje de inóculo fue mayor. Estos resultados indicarían que al generar valores de acidez mayores, es posible detectar el típico sabor de la leche de cabra en la mezcla.

En cuanto al ítem **consistencia**, el gel lácteo estuvo muy bien estructurado en las muestras procesadas a 45 °C, valorándose como bien estructuradas aquellas que fueron trabajadas con todos los inóculos a 45 °C, y de 1% a 3% las fermentadas a 42 °C, así como aquellas adicionadas de 2% a 3% de fermento y cultivadas a 39 °C. A temperaturas de 39 °C y entre 0,5% y 1,5%, los geles fueron frágiles; con suero amarillo claro cuando el porcentaje de inóculo osciló entre 2% y 3%, e incoloro cuando el inóculo fue igual o menor a 1,5% en todas las temperaturas de trabajo.

Por otro lado, el aroma fue a ácido y diacetilo a 45 °C y 42 °C, tornándose más tenue en las muestras fermentadas a 39 °C.

Finalmente, todos los geles evaluados fueron de color blanco.

Este análisis demostró que la muestra mejor calificada por los panelistas fue aquella procesada con leche de cabra y vaca en iguales proporciones (1:1), fermentada a 42 °C y adicionada de 1% de cultivo láctico.

Cuadro N.º 16: Recuento de bacterias benéficas en mezcla de leche de cabra y de vaca (1:1) fermentada a diferentes temperaturas de fermentación y porcentaje de inóculo

%INÓCULO	0,5	1	1,5	2	2,5	3
L.acidophilus (*) °TF= 45 °C	-	-	+	+	+	+
S.thermophilus(**) °TF= 45 °C	-	+	+	+	+	+
B.lactis (***) °TF= 45 °C	-	-	-	+	+	+
L.acidophilus(*) °TF= 42 °C	+	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**) °TF= 42 °C	+	+	+	+	+	+
B. lactis (***) °TF= 42 °C	+	+	+	+	+	+
L.acidophilus(*) °TF= 39 °C	+	+	+	+	+	+
S.thermophilus(**) °TF= 39 °C	+	+	+	+	+	+
B. lactis (***) °TF= 39 °C	+	+	+	+	+	+

(*) *Lactobacillus acidophilus*, recuento mayor o igual a 10⁷ ufc/ml
 (**) *Streptococcus thermophilus*, recuento mayor o igual a 10⁹ ufc/ml
 (***) *Bifidobacterium lactis*, recuento mayor o igual a 10⁶ ufc/ml
 °TF: temperatura de fermentación.

De los datos obtenidos, se puede indicar que la temperatura óptima de proceso fue de 42 °C, por permitir el crecimiento adecuado de las tres bacterias benéficas en el menor tiempo de proceso.

El análisis sensorial de Ranking fue desarrollado para determinar el porcentaje óptimo de cultivo entre todas las muestras procesadas con la mezcla de leche de cabra y de vaca (1:1) a 42 °C.

Cuadro N.º 16: Evaluación sensorial de leche de cabra y vaca (1:1) fermentada a 42 °C con diferentes porcentajes de fermento Bio Rich, mediante el método de Ranking

Característica	% inóculo					
	0,5%	1%	1,5%	2%	2,5%	3%
Sabor	33	8	17	25	38	47
Consistencia	37	11	15	25	36	44
Aroma	27	10	17	28	39	47
Color	34	8	17	27	38	44

Cuadro N.º 17: Análisis físico-químico de leche de cabra y vaca (1:1) fermentada a 42 °C y 1% de fermento Bio Rich

ÍTEM	RESULTADO
Acidez (°Dornic)	81
pH	4,5
Grasa (%)	4
Consistencia del Gel (cm)	6,4

Cuadro N.º 18: Análisis microbiológico de leche de cabra y vaca (1:1) fermentada a 42 °C y adicionada de 1% de fermento Bio Rich

DETECCIÓN	RECUESTO MICROBIANO
Hongos y levaduras	Ausencia
Coliformes, (NMP)	<3 ufc/ml
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	1,5x10 ⁷ ufc/ml
<i>Streptococcus thermophilus</i>	3,5 x 10 ⁹ ufc/ml
<i>Bifidobacterium lactis</i>	2x10 ⁶ ufc/ml

Las bacterias benéficas presentaron recuentos que permitieron catalogar al producto obtenido como leche fermentada, además de comprobarse que cumplía con las normas microbiológicas internacionales.

DISCUSIÓN

Al analizar la leche de vaca antes de iniciar la fase experimental, se pudo determinar, de acuerdo a cada característica evaluada, que cumplía con los valores establecidos por la Norma Técnica Nacional para leche cruda (15). Cabe indicar que los valores de sólidos no grasos y sólidos totales estuvieron por encima de los mínimos recomendados, así como la densidad.

La leche de cabra tuvo también buen contenido de grasa, sólidos no grasos, sólidos totales y densidad. En nuestro país no existe data sobre análisis de leche de cabra pero se puede indicar que los valores hallados se encuentran dentro de los rangos reportados por investigadores chilenos (17); así tenemos que muestran en sólidos totales un promedio de 14,80% (máx. 18,18% y mín. 11,43%), 5,57% de materia grasa (máx. 7,9% y mín. 3,25%) en leche de ganado caprino del sur de ese país. La acidez (0,15 g/100g de leche), densidad (1,040 g/ml) y pH de 6,7 se encuentran dentro de los parámetros en hatos caprinos españoles (6).

De igual manera, en la prueba del alcohol con leche de cabra, se observó la formación de copos caseosos de tamaño muy pequeño después de 4 horas.

Es posible que la leche de cabra tenga mayor densidad, ya que el extracto seco total puede ser mayor así como el contenido graso, la caseína, albúminas y globulinas con respecto a la leche de vaca (1); lo que puede observarse en los resultados obtenidos; pero también se sabe que oscilan por influencia de factores como son raza del animal, época de lactación, tipo de alimentación, etc.

Finalmente, los recuentos de aerobios mesófilos, así como de coliformes en leche de cabra, de vaca y en la mezcla, fueron menores a los indicados por la norma (15,18), porque dieron resultado las medidas de higiene durante el recojo de la leche tales como: ordeño de animales sanos, lavado y desinfección de ubres y pezones, desinfección de las máquinas ordeñadoras, acopio de la leche en

envases lavados, limpieza del área de ordeño, manipuladores uniformados y con manos limpias. Mejoras en la calidad microbiológica de la leche de cabra, también han sido reportadas en Chile empleando estrategias semejantes siendo percibidas en la reducción del número de coliformes y en la prueba del azul de metileno (17).

El flujo de operaciones desarrollado en base a la utilización de leches crudas de vaca o cabra o la mezcla de ambas en partes iguales, fue tendiente a efectuar el proceso sobre un sustrato de buena calidad microbiológica, de preferencia estéril. En nuestro caso, la temperatura de 80 °C por 20 minutos dio excelentes resultados en el producto final, pero no debe olvidarse que la carga bacteriana inicial fue poco numerosa; es decir, el tratamiento térmico debe estar en relación con la cantidad y calidad de la carga microbiana inicial de la leche y el tiempo de vida del producto procesado. El procesamiento de las leches fermentadas concluye normalmente en una acidez titulable mínima de 0,60%, posteriormente se enfría entre 22 °C y 24 °C, para frenar el desarrollo de la acidez con agitación y producir una mezcla homogénea, brillante y viscosa, refrigerando a no más de 5 °C (19,1).

La mayor cantidad de acidez se produjo a la temperatura de 45 °C, siendo especialmente elevada en la leche de cabra y en la mezcla de ésta con leche de vaca. En las referencias bibliográficas de leche acidófila se indica que en el proceso de fermentación se genera entre 60° Dornic y 100° Dornic de acidez, lo cual concuerda con los resultados obtenidos (1).

El pH final de proceso fue de 4,5, semejante a la producción de yogurt por tratarse del mismo sustrato a fermentar. La modificación del pH por fermentación láctica, provoca la destrucción de las micelas y la neutralización de su carga sin fraccionar la caseína, que precipita en forma total a pH de 4,6. El fenómeno de sinéresis se hizo evidente cuando el producto fue procesado a temperaturas más elevadas; siendo además de color amarillo tenue. Este fenómeno también se produce en el yogurt, posiblemente porque el gel lácteo deja escapar una fracción del líquido intersticial espontáneamente, por contracción de la red, debida a la disminución gradual de la hidratación de las micelas que reducen sus dimensiones y logran dispersarse más (4).

En cuanto a la consistencia, los mejores resultados se consiguieron con leche de vaca, mientras que con leche de cabra, los geles fueron frágiles, conformándose mejor al adicionar inóculos entre 2% y 3%. Al mezclar ambas leches, se observó que la consistencia de las muestras mejoró con respecto a los resultados obtenidos con leche de cabra.

El tiempo de proceso fue el tiempo en el que se formó el gel lácteo y para que ello ocurra las caseínas deben estar neutras e insolubles; lo que se cumple en la leche a pH de aproximadamente 4,5. En los experimentos efectuados se observó un mayor tiempo en la producción del gel lácteo empleando leche de cabra, que en la mezcla de leche de vaca y cabra en la proporción de (1:1); mientras que con leche de vaca el tiempo de proceso fue menor.

La evaluación sensorial objetiva de la leche de cabra y la mezcla en proporción (1:1) fermentadas con los diferentes porcentajes de fermento Bio Rich y en las distintas temperaturas ensayadas dieron las siguientes características:

Sabor: Ácido y cremoso, que acentúa el sabor típico de la leche de cabra.

Consistencia: Gel firme y estructurado a bien estructurado en la mezcla de leches, pudiendo presentarse sinéresis.

Aroma: A diacetilo y a leche de cabra.

Color: Blanco.

En leche fermentada de vaca:

Sabor: Ácido y cremoso.

Consistencia: Firme y muy bien estructurado, pudiendo presentarse sinéresis.

Aroma: A ácido y a diacetilo.

Color: Crema.

Las características sensoriales de las leches fermentadas producidas con leche de cabra, de vaca y con la mezcla de ambas leches en proporciones iguales, coinciden con las que obligan las normas internacionales de Mercosur (16).

En la evaluación sensorial, empleando el método de Ranking con un nivel de significación del 5%, los jueces concluyeron que las mejores muestras eran las procesadas con leche de cabra y la mezcla de leche de cabra y de vaca (1:1), adicionadas con 1% de cultivo Bio Rich y fermentadas a 42 °C; mientras que con leche de vaca, las mejores muestras fueron procesadas a 39 °C e inoculadas con 2% de fermento selecto láctico.

De los análisis físicos y químicos obtenidos al evaluar los mejores productos con leche de cabra, de vaca y la mezcla en proporciones iguales, se puede aseverar que pueden ser clasificadas como leches fermentadas o cultivadas enteras o integrales por los contenidos de acidez, grasa y pH de los productos.

Según los resultados hallados en los recuentos bacterianos, podemos decir que *Lactobacillus acidophilus* tuvo buen crecimiento microbiano de 10^7 ufc/ml en leche de vaca, cabra y la mezcla de ambas en iguales proporciones, que es la cantidad límite recomendada por las normas para el bacilo empleado en la producción de yogurt (20). Se pudo observar que la temperatura influyó en el crecimiento de este microorganismo, especialmente en leche de vaca, por lo que la temperatura óptima de proceso fue de 39 °C, en este caso. Con *Bifidobacterium lactis* se obtuvo recuentos de 10^6 ufc/ml en ambas leches así como en la mezcla de leche de cabra y de vaca; la cantidad mínima de esta bacteria de acuerdo a la norma se detectó en las muestras procesadas a 42 °C en leche de cabra y desde 39 °C en leche de vaca (16,21). Por el contrario *Streptococcus thermophilus* fue ampliamente superior en leche de cabra y en la mezcla de ambas leches procesadas entre 45 °C y 39 °C (10^9 ufc/ml); mientras que en leche de vaca, obtuvo crecimiento semejante a partir de 39 °C. Parece ser que al emplear leche de cabra o la mezcla de ambas como sustrato, su crecimiento es óptimo y no se ve influenciado por el porcentaje de fermento Bio Rich o la temperatura de proceso, lo cual no ocurrió en leche de vaca. La mezcla de los tres microorganismos del fermento Bio Rich se estimulan mutuamente en relación, posiblemente, proto-cooperativa. Se sabe que los bacilos y los estreptococos requieren fuentes adicionales de aminoácidos (21), que los consiguen a través de actividad proteolítica ubicada en la pared celular, pudiendo generar mayor suministro de aminoácidos y, por

tanto, desarrollar mayor acidez, tal como puede apreciarse en los productos procesados con leche de cabra. Además, se ha comprobado que *Streptococcus thermophilus* también produce bióxido de carbono que es estimulante del crecimiento de bacilos y ácido fórmico, precursor de la purina que promueve la síntesis de ARN; lo cual conlleva a la mayor producción de ácido láctico y acetaldehído (20). Por otro lado, Radke Mitchell y Sandine reportaron que, independientemente de la temperatura de fermentación, en el yogurt siempre se registran recuentos microbianos mayores de estreptococos que de bacilos (21); lo cual también se observó en el presente trabajo. Cuando la fermentación concluye la proporción de bacilos a cocos puede ser entre 1:1 y 1:8 (20). En las leches fermentadas experimentales analizadas se obtuvo la proporción de *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus* de 1:10:1000. De los resultados obtenidos, se puede aseverar que la leche de cabra, de vaca o la mezcla en partes iguales fermentadas con el cultivo Bio Rich pudieron ser definidas o clasificadas como leches enteras o integrales, fermentadas o cultivadas con *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* y *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*. La buena calidad sanitaria de las leches fermentadas se vio reflejada en la ausencia de microorganismos dañinos para la salud (23,24) y, por ende, en el cumplimiento de las normas internacionales para leches fermentadas o cultivadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VEISSEYRE, Roger. 1986. Lactología Técnica. Zaragoza, Edit. Acribia.
2. JIANG, T. *et al.* may 1996. Improvement of lactose digestion in humans by ingestion of unfermented milk containing *B. longum*. Journal of Dairy Science, 79(5): 750 - 7.
3. JIANG, T. November 1997. Modification of colonic fermentation by bifidobacteria and pH in vitro. Impact on lactose metabolism, short chain fatty acid, and lactate production. Dig-Dis-Sci. 42 (11):2370-7.
4. SANTOS, Armando. 1987. Leche y sus derivados. México D.F., Edit. Trillas.
5. Walstra, P y Jenes, R. 1987. Química y Física Lactológica. Zaragoza, Edit. Acribia.
6. BUXADE, C. 1998. ZOOTECNIA: Base de Producción Animal: Bases de Producción Caprina. Zaragoza, Edit. Acribia.
7. Ministerio de Agricultura. 1997. ESTADÍSTICA AGRARIA: Producción. Lima, Oficina de Investigación Agraria.
8. BRITO, C. 1989. Miti-Miti: nueva variedad de queso de cabra. Alimentos. Vol. 14, N.º 4, 7:15.
9. HANSEN, Christian. 2000. Información técnica. Dinamarca.
10. TAHRI, K, *et al.* September 1995. Effects of three strains of Bifidobacterias on cholesterol. Letters of applied microbiology, 21(3): 149 - 51.
11. ABDELALI, H. *et al.* 1995. Effect of dairy products on initiation of precursor lesion of colon cancer in rats. Nutrition & Cancer, Vol. 24(2): 121 - 32.
12. GALLAHER, D. May 1996. Probiotics, cecal microflora and aberrant crypts in the rat colon. Journal nutrition, 126(5): 1362 - 71.
13. KLINGE, Germán. 1999. INFORMACIÓN TÉCNICA: Termofilos de pasta cocida. Holanda Ezal (Grupo Rhone - Poulenc).
14. SUSUKI, T. *et al.* August 1997. Inhibition of bacterial translocation from the gastrointestinal tract of mice by oral administration of a culture condensate of *B. longum*. Journal of Veterinary Medical Science, 59(8): 665 - 9.
15. INDECOPI. Normas Técnicas Nacionales: Leche cruda: requisitos; NTP 202.001:2003
16. Ministerio de Agricultura. 1997. Ganadería y Pesca, Reglamento Técnico MERCOSUR de Identidad y Calidad de Leches Fermentadas. Montevideo, MGC.
17. MOLINA, C. y col. 1991. Calidad higiénica y composicional de leche de cabra sector Bocco (Quillota) V región. (Avance de resultados). Libro resumen del IX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Santiago de Chile, p. 48.
18. Ministerio de Salud. 1997. Nuevo Reglamento Sanitario de los Alimentos. Santiago de Chile, Chile; Diario Oficial de *La República de Chile*.
19. GARCÍA, F. y col. Julio - agosto 1994. Alteraciones reológicas en procesos fermentativos lácteos. Revista Alimentaria, 41-8.
20. GARCÍA, M. y col. 1998. Biotecnología Alimentaria. México D.F., Edit. Limusa.

21. ABU-TARABOUSH, H. al-Dagal, M. al Royli, M. Feb 1998. Growth, viability, and proteolytic activity of bifidobacteria in whole camel milk. *J. Dairy-Sci.*, 81(2): 354-61.
22. HARDY DIAGNOSTICS. 2000. STREPTOCOCCUS: Información Técnica. Holanda, HD.
23. MASSA, S. *et al.* May 1997. Survival of *Escherichia coli* 0157:H7 in yogurt during preparation and storage at 4 °C. *Lett-Appl-Microbiol.* 24(5): 347-50.
24. BIELECKA, M.; BIEDRIZCKA, E.; SMORAGIEWICZ, L.; WSMIESZEK, M. Dec 8, 1998. Interaction of *Bifidobacterium* and *Salmonella* during associated growth. *Int-J-Food-Microbiol.*, 45(2): 151-5.