

# III Congreso Argentino de Producción Caprina I Congreso de la Red CONBIAND Argentina II Foro Nacional de Productores caprinos y Agricultura Familiar

Paseo Cultural La Rioja  
Pelagio B. Luna y Catamarca  
La Rioja  
4, 5 y 6 de noviembre 2021



## **AUTORIDADES**

**Ricardo Quintela**

Gobernador de la Provincia de La Rioja

**Abog. María Florencia López**

Vice-Gobernadora de la Provincia de La Rioja

**Abog. Juan Luna Corzo**

Jefe de Gabinete

**Armando Molina**

Secretario General

**Abog. Jesús Fernández Rejal**

Ministro de Producción y Ambiente

**M.V. Juan Antonio Carbel**

Secretario de Ganadería

**Claudio Gustavo Robledo**

Director de Producción y Sanidad Animal

---

## **COMISIÓN ORGANIZADORA**

**Dr. Patricio Dayenoff**

INTA EEA Rama Caída-Universidad Nacional de La Pampa

**M.V. Juan Antonio Carbel**

Secretaría de Ganadería de la Provincia de La Rioja

**M.V. Gustavo Robledo**

Dirección de Ganadería de la Provincia de La Rioja

**M.V. Agustina Grasselli**

Secretaría de Ganadería de la Provincia La Rioja

**Ing. Francisco Oliva**

Ley caprina-UEP La Rioja

**M.V. Juan Manuel Pizarro**

Subsecretaría de Ganadería de la Nación-Universidad Maza

**Tec. Daniel Leguiza**

INTA EEA Salta

**Ing. Pablo Dri**

Dirección Provincial de Ganadería de Mendoza

**Dr. Sebastián de la Rosa**

Universidad Nacional del Nordeste

**Ing. Javier Macario**

INTA AER Malargüe

## **COMITÉ CIENTÍFICO**

**M.V. Patricio Ghirardi**  
Universidad de Buenos Aires

**Ing. M. Sc. Patricia Chagra-Dib**  
INTA EEA Salta- Universidad Católica de Salta

**Dra. María Revidatti**  
Universidad Nacional del Nordeste

**Ing. M. Sc. Cristina Deza**  
Universidad Nacional de Córdoba

**Dr. Daniel Bedotti**  
INTA EEA Anguil

**Dr. Carlos Codiviola**  
Universidad Nacional de La Plata

**Dra. Sandra Romero**  
INTA/IPAF NOA

**M.V. M. Sc. Tomás Vera**  
INTA AER Hornillos

**Ing. Omar Zoratti**  
Universidad Nacional del Litoral

**M.V. M. Sc. Juan Alberghini**  
INTA EEA San Juan

## Elaboración de una leche de cabra fermentada funcional Development of a functional fermented goat milk

Marquez A<sup>1</sup>, Andrada E<sup>1,2</sup>, Russo M<sup>1</sup>, Medina R<sup>1,2</sup>, Gauffin-Cano P<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA)-CONICET

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía y Zootecnia (UNT).

Correo electrónico: amarquez@cerela.org.ar

### Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una leche de cabra funcional, con potencial probiótico para enfermedades metabólicas, usando lactobacilos aislados de productos lácteos de cabra, con propiedades funcionales previamente estudiadas. Se utilizó *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CRL1447 como cepa iniciadora para fermentar la leche (elevada tasa de acidificación en leche) suplementada con diferentes consorcios probióticos formados por las cepas *Limosilactobacillus fermentum* CRL1446, *Lactiplantibacillus plantarum* CRL1449 y CRL1472 (efectos positivos sobre la inhibición de la  $\alpha$ -glucosidasa, actividad hidrolasa de sales biliares, asimilación del colesterol y mejora de perfil lipídico en *Caenorhabditis elegans* y ratones obesos). La cepa CRL1447 consumió la lactosa presente en la leche de cabra como fuente de energía, con la consecuente síntesis de ácidos láctico como producto metabólico final. El perfil de ácidos grasos revela una mayor cantidad de ácido oleico (C18: 1 n-9) en la leche de cabra fermentada respecto a la leche sin fermentar. Las cepas utilizadas como cultivos adjuntos sobrevivieron después del periodo de almacenamiento (21 días a 4 °C) manteniendo un recuento final entre 7,3 y 8,2 log UFC/mL y pH constante. No se detectaron coliformes, hongos ni levaduras, lo que demuestra que la pasteurización de la leche y la fermentación láctica evitaron el deterioro de la matriz por microorganismos indeseables. Estos resultados evidencian el uso de leche de cabra fermentada como una nueva matriz para la formulación de alimentos funcionales con potenciales propiedades probióticas.

**Palabras claves:** Alimento funcional; Alimentos fermentados probióticos; Productos lácteos fermentados; Bacterias lácticas.

**Keywords:** Functional food; Probiotic fermented food; Fermented dairy products; Lactic acid bacteria.

### Introducción

Actualmente existe una alta demanda de probióticos y alimentos funcionales por parte de los consumidores, por lo que el desarrollo de estos productos es una prioridad clave de la investigación y un desafío para el sector industrial y científico. En particular, los productos lácteos son considerados las principales fuentes para el aislamiento de probióticos<sup>(1)</sup> como así también los principales vehículos de “delivery” de los mismos<sup>(2)</sup>, entre los que podemos mencionar los yogures, leches fermentadas, quesos, cremas ácidas, entre otros. Debido a su elevado consumo y composición nutricional saludable, la leche fermentada ha sido ampliamente utilizada como base para desarrollar alimentos funcionales con probióticos. Sus propiedades bioactivas podrían estar asociadas con los propios microorganismos o con



<http://dx.doi.org/10.19137/cienvet2021esp01-04>

los metabolitos resultantes de la fermentación<sup>(3)</sup>. Aunque la gran mayoría de las bebidas lácteas probióticas se preparan a partir de leche bovina, leche de otras especies de mamíferos (cabra, oveja, camello, etc.) se están utilizando debido a su composición nutricional intrínseca<sup>(4)</sup>. Actualmente, la producción mundial de leche no bovina representa más del 17% de toda la producción de leche. De esta, el 13,5% corresponde a la producción de leche de cabra, que se considera uno de los principales contribuyentes a la producción de leche no bovina<sup>(5)</sup>, y esta leche se diferencia de la leche de vaca por tener una mejor digestibilidad, una alcalinidad distinta, una mayor capacidad bufferante y ciertos valores terapéuticos que la hacen potencialmente útil en la medicina y nutrición humana<sup>(5)</sup>. Todas estas características brindan ventajas funcionales y tecnológicas que convierten a los productos lácteos de cabra en excelentes matrices portadoras de probióticos<sup>(2)</sup>.

## Materiales y métodos

### 1-Cepas bacterianas y condiciones de cultivo

Se utilizaron cuatro cepas de lactobacilos aislados de leche y queso de cabra del Noroeste de Argentina, depositadas en la Colección de Cultivos CRL del Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA-CONICET, Tucumán, Argentina). Las cepas probióticas (seleccionadas por su elevada tasa de acidificación en leche, sus efectos positivos sobre la inhibición de la  $\alpha$ -glucosidasa, actividad hidrolasa de sales biliares, asimilación del colesterol y mejora de perfil lipídico en *Caenorhabditis elegans* y ratones obesos) utilizadas en este trabajo son: *Limosilactobacillus fermentum* CRL1446 (CRL1446), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CRL1447 (CRL1447), *Lactiplantibacillus plantarum* CRL1449 (CRL1449) y *Lactiplantibacillus plantarum* CRL1472 (CRL1472). Se formaron las siguientes mezclas (mixes) con las cepas: Mix 1 (CRL1446, CRL1449 y CRL1472), Mix 2 (CRL1446 y CRL1449), Mix 3 (CRL1446 y CRL1472) y Mix 4 (CRL1449 y CRL1472). Las bacterias se cultivaron en caldo de Man Rogosa Sharpe (MRS) durante 18 h 37 °C en aerobiosis, excepto CRL1447 se cultivó a 42 °C.

### 2- Elaboración de leche de cabra fermentada (LCF) suplementada con los mix de cepas

Para la fermentación de la leche de cabra (LC) se utilizó LC en polvo comercial (La Primera, Córdoba, Argentina) reconstituida en agua destilada estéril al 10% (p/v). Se llenaron matraces estériles con 400 mL de LC, y luego se pasteurizó a 90 °C durante 15 minutos y se enfrió a 45 °C. Se inoculó al 4% (v/v) utilizando la cepa CRL1447 como cultivo iniciador para la fermentación de la LC y se incubó a 42 °C durante 8-10 h. Estas condiciones óptimas de fermentación se establecieron previamente con la monitorización del pH hasta 5,4–5,2. Se desarrollaron cuatro LCF de la siguiente manera: al final de la fermentación, se agregaron Mix 1, Mix 2, Mix 3 o Mix 4 en una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC/mL en cada LCF. Se almacenaron alícuotas de LC y LCF a 4 °C para el análisis de la composición nutricional.

### 3- Perfil de carbohidratos, ácidos orgánicos y ésteres metílicos de ácidos grasos (EMAGs) en LC y LCF

La concentración de carbohidratos y ácidos orgánicos se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución (UHPLC) utilizando una columna Aminex HPX-87H (Bio-Rad Labs., EE. UU.), a un caudal de 0,6 mL/min usando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 mM como fase móvil a una



<http://dx.doi.org/10.19137/cienvet2021esp01-04>

temperatura de 45 °C. La detección de ácidos orgánicos y carbohidratos se realizó con un detector de UV (210 nm) y un detector de índice de refracción, respectivamente. Los picos de ácidos orgánicos y azúcares se identificaron utilizando estándares analíticos como referencias (Sigma-Aldrich Chemical Co.). Los EMAGs se determinaron mediante un cromatógrafo de gases Thermo Scientific TRACE 1300 Mainframe acoplado a un detector de masas Thermo Scientific ISQ, utilizando un caudal de 1 mL/min con una temperatura inicial del horno a 40 °C durante 2 min y luego se aumentó a 200 °C a una velocidad de 10 °C /min. La concentración de ácidos grasos individuales se cuantificó de acuerdo con el área del pico y se expresó como porcentaje del total de ácidos grasos.

#### 4-Análisis microbiológico

La LCF y LCF suplementadas con los diferentes consorcios fueron analizadas microbiológicamente en los días 1 y 21, tiempo correspondiente a la vida de estante<sup>(6)</sup>, para asegurar la viabilidad de las cepas y las condiciones higiénicas de la leche. Se sembraron diluciones en serie utilizando los siguientes medios y condiciones: lactobacilos en medio agar MRS a 37 °C durante 48 h, bacterias gramnegativas en agar Mac Conkey a 37 °C durante 48 h y hongos y levaduras en agar Sabouraud a 25-30 °C durante 5-7 días. El pH se determinó en los diferentes tipos de leche los días 1 y 21 con un pHmetro digital (Altronix TPX I, EE. UU.).

#### 5- Análisis estadístico

El análisis estadístico y gráficos se realizaron utilizando GraphPad Prism versión 6.0 (GraphPad Software, Inc., CA, EE. UU.). Las diferencias significativas se determinaron aplicando ANOVA de una vía seguida de la prueba de Tukey. Los valores de  $p < 0,05$  se consideraron estadísticamente significativos.

## Resultados y discusión

### *1-Composición nutricional de LC y LCF*

La cepa CRL1447 aumentó una unidad logarítmica durante la fermentación, alcanzando un crecimiento aproximado de 7,4 log UFC/mL después de 10 h de incubación, con una disminución del pH de 6,62 a 5,18 (Figura 1). La Tabla 1 muestra pH, carbohidratos, ácidos orgánicos y ácidos grasos de LC y LCF. El nivel basal de lactosa en la leche es de 2.9%, y después de la fermentación mostró una concentración de 2.4%. Estos resultados indicaron que la fermentación se logró en base al consumo de lactosa, ya que disminuyó significativamente en un 16% con respecto a la leche de cabra sin fermentar. El consumo de lactosa produjo una disminución en los valores de pH, de 6,62 a 5,18, lo que se asocia con la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación. Se observó una alta producción de ácido láctico (100 veces mayor que la leche sin fermentar) y una pequeña producción de ácido acético. El ácido láctico juega un papel esencial como conservante natural y contribuye a las propiedades sensoriales; por el contrario, grandes cantidades de ácido acético dan como resultado un sabor a vinagre, lo que disminuye la aceptabilidad del consumidor<sup>(7)</sup>. El perfil de ácidos grasos de las dos muestras revela una amplia variedad de ácidos grasos saturados de las series C8:0 a C18:0. El principal ácido graso presente en las



muestras fue el ácido palmítico (C16:0) (33,3 y 33,1% en LC y LCF, respectivamente), seguido del ácido cáprico (C10:0) (22,4 y 22,7% en LC y LCF, respectivamente). Se observaron niveles significativamente más altos de ácido mirístico (C14:0) y oleico (C18:1 n-9) en la LCF (14.1 y 7.3%, respectivamente) comparados con LC (11.9 y 6.2%). La LC se caracteriza por tener la composición de ácidos grasos más aceptable en términos de nutrición saludable, y sus componentes lipídicos pueden tener beneficios en la prevención de la aterosclerosis<sup>(8)</sup>. Entre los ácidos grasos insaturados, el ácido oleico juega un papel esencial en la prevención de enfermedades cardiovasculares<sup>(9)</sup>.

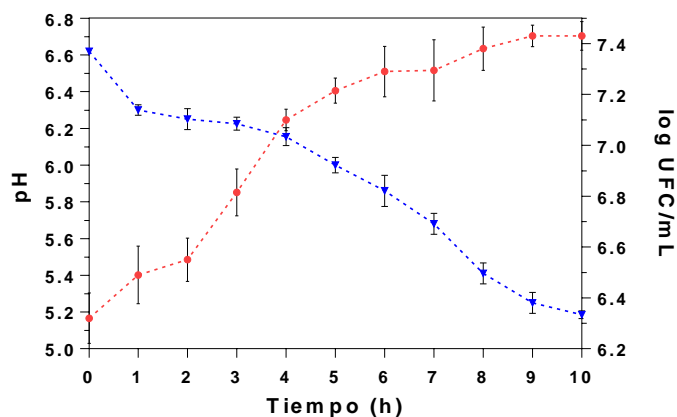


Figura 1: Recuento de células CRL1447 viables (●) y medición de pH (▼) durante la fermentación de la leche de cabra con la cepa CRL1447. Los datos se expresan como media ± error estándar (ES).

Tabla 1: Composición nutricional de LC y LCF por la cepa CRL1447

	LC	LCF
<b>pH</b>	6.62±0.01 <sup>b</sup>	5.17±0.02 <sup>a</sup>
<b>Carbohidratos (% w/v)</b>		
Lactosa	2.90±0.07 <sup>b</sup>	2.44±0.06 <sup>a</sup>
Glucosa	<0.1	<0.1
Galactosa	ND	ND
<b>Ácidos orgánicos (mM)</b>		
Lactato	0.20±0.01 <sup>a</sup>	26.65±0.65 <sup>b</sup>
Acetato	0.10±0.0 <sup>a</sup>	1.00±0.02 <sup>b</sup>
Propionato	<0.1	<0.1
<b>Ácidos grasos* (g/100g EMAGs)</b>		
C8:0	5.4±0.2 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>a</sup>
C10:0	22.4±0.5 <sup>a</sup>	22.7±0.6 <sup>a</sup>
C12:0	8.2±0.4 <sup>a</sup>	9.3±0.6 <sup>a</sup>
C14:0	11.9±0.2 <sup>a</sup>	14.1±0.4 <sup>b</sup>
C16:0	33.3±0.8 <sup>a</sup>	33.1±0.7 <sup>a</sup>
C18:1 n-9	6.2±0.1 <sup>a</sup>	7.3±0.2 <sup>b</sup>
C18:0	13.3±0.3 <sup>b</sup>	10.8±0.3 <sup>a</sup>





\*C8:0 ácido caprílico; C10:0 ácido cáprico; C12:0 ácido láurico; C14:0 ácido mirístico; C16:0 ácido palmítico; ácido oleico C18: 1 n-9; C18:0 ácido esteárico. Los datos se expresan como media  $\pm$  ES (n=3). Los valores con diferentes letras en superíndice en la misma fila son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) según lo evaluado por la prueba de Tukey. LC: leche de cabra; LCF: leche de cabra fermentada; ND: no detectado.

### 2-Crecimiento y viabilidad microbiana en LCF y LCF suplementadas con los mix

Se determinaron las bacterias lácticas totales viables y el pH en el día 1 y 21 en LCF y LCF suplementada con los mix (Tabla 2). Se puede observar que las cepas fueron capaces de mantener recuentos viables elevados (entre 7,3 y 8,2 log UFC/mL) en todas las muestras al final del almacenamiento. Los productos desarrollados contiene una cantidad adecuada de células probióticas viables, las cuales deben superar las  $10^6$  UFC/mL ( $> 6$  log UFC/mL) al momento de su consumo para ejercer sus efectos beneficiosos sobre el consumidor<sup>(10)</sup>. Además, no se observaron diferencias significativas en el pH durante el almacenamiento de las muestras, excepto en LCF+Mix1, con una disminución del pH de 0,2 unidades. No se detectaron microorganismos coliformes, y se detectaron hongos y levaduras en valores  $< 10^2$  UFC/mL al final del período de almacenamiento (datos no presentados), probablemente debido al potencial antimicrobiano de las bacterias lácticas<sup>(11)</sup>, garantizando así la seguridad del producto.

Tabla 2: Recuento de células viables y pH en LCF y LCF suplementado con diferentes mix almacenadas 21 días a 4 °C

Muestra *	Día 1		Día 21	
	Células viables **	pH	Células viables **	pH
LCF	7.43 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	5.18 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	7.28 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	5.07 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>
LCF+Mix1	8.60 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	5.15 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	8.41 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	4.98 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
LCF+Mix2	8.46 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	5.17 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	8.25 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	5.08 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
LCF+Mix3	8.37 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	5.20 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	8.07 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	5.06 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
LCF+Mix4	8.32 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	5.16 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	8.12 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	5.18 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>

\*LCF:leche de cabra fermentada; Mix 1: CRL1446, CRL1449 y CRL1472; Mix 2: CRL1446 y CRL1449; Mix 3: CRL1446 y CRL1472; Mix 4: CRL1449 y CRL1472. \*\* log UFC/mL. Los datos se expresan como media  $\pm$  ES (n = 3). Los valores con diferentes letras en superíndice para cada parámetro en la misma fila son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) según lo evaluado por la prueba de Tukey.

### Conclusión

En este trabajo utilizamos la leche de cabra como matriz para la elaboración de nuevas bebidas fermentadas funcionales. Demostramos que las cepas aisladas de productos lácteos caprinos pueden crecer y fermentar leche de cabra y sobrevivir durante un período de almacenamiento de 21 días a 4 °C. Este alimento representa un grupo de productos alimenticios con amplias perspectivas por sus prometedoras propiedades nutritivas y terapéuticas para las enfermedades metabólicas, el cual podría usarse en la prevención de la dislipidemia e hiperglucemia en personas obesas. Los productos de leche de cabra



fermentada elaborados en este estudio se están probando actualmente en ratones con obesidad inducida por la dieta (estudios preclínicos).

## Bibliografía

1. da Silva LA, Lopes Neto JHP, Cardarelli HR. Safety and probiotic functionality of isolated goat milk lactic acid bacteria. *Ann Microbiol.* 2019 Dec;69(13):1497–505.
2. Ranadheera C, Naumovski N, Ajlouni S. Non-bovine milk products as emerging probiotic carriers: recent developments and innovations. *Curr Opin Food Sci.* 2018 Aug 1;22:109–14.
3. Iraporda C, Romanin DE, Rumbo M, Garrote GL, Abraham AG. The role of lactate on the immunomodulatory properties of the nonbacterial fraction of kefir. *Food Res Int.* 2014 Aug;62:247–53.
4. Turkmen N, Akal C, Özer B. Probiotic dairy-based beverages: A review. *J Funct Foods.* 2019 Feb;53:62–75.
5. Ranadheera C, Evans CA, Baines SK, Balthazar CF, Cruz AG, Esmerino EA, et al. Probiotics in Goat Milk Products: Delivery Capacity and Ability to Improve Sensory Attributes. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2019 Jul;18(4):867–82.
6. Ranadheera C, Evans CA, Adams M, Baines SK. Co-culturing of probiotics influences the microbial and physico-chemical properties but not sensory quality of fermented dairy drink made from goats' milk. *Small Rumin Res.* 2016 Mar;136:104–8.
7. Rodrigues D, Rocha-Santos TAP, Pereira CI, Gomes AM, Malcata FX, Freitas AC. The potential effect of FOS and inulin upon probiotic bacterium performance in curdled milk matrices. *LWT - Food Sci Technol.* 2011 Jan 1;44(1):100–8.
8. Voblikova T, Permyakov A, Rostova A, Masyutina G, Eliseeva A. Study of Fatty-acid Composition of Goat and Sheep Milk and Its Transformation in the Production of Yogurt. *KnE Life Sci [Internet].* 2020 Jan 15 [cited 2021 Aug 14]; Available from: <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Life/article/view/6161>
9. Perdomo L, Beneit N, Otero YF, Escribano Ó, Díaz-Castroverde S, Gómez-Hernández A, et al. Protective role of oleic acid against cardiovascular insulin resistance and in the early and late cellular atherosclerotic process. *Cardiovasc Diabetol.* 2015 Dec;14(1):75.
10. Dan T, Chen H, Li T, Tian J, Ren W, Zhang H, et al. Influence of *Lactobacillus plantarum* P-8 on Fermented Milk Flavor and Storage Stability. *Front Microbiol.* 2019;9:3133.
11. de Melo Pereira GV, de Oliveira Coelho B, Magalhães Júnior AI, Thomaz-Soccol V, Soccol CR. How to select a probiotic? A review and update of methods and criteria. *Biotechnol Adv.* 2018 Dec;36(8):2060–76.

