

## Caracterización de mezclas a base de fermentos de leche de cabra y alimentos

### Characterization of mixtures based on goat milk ferments and foods

<sup>1</sup>Carolina Ramírez-López, <sup>2\*</sup>José Hugo Castorena-García, <sup>2</sup>Anne Karen Rojas-Martínez, <sup>2</sup>Víctor Santiago-Santiago, <sup>2</sup>Maribel Cano-Hernández

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, carretera Tepetitla-Santa Inés, Tepetitla, C. P. 90700, Tlaxcala, México. Correo electrónico: caramirezl@ipn.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9757-112X>

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Km 7.5, carretera San Martín Texmelucan, Puebla-Tlaxcala, San Diego, Xocoyucan, C. P. 90122, Tlaxcala, México. Correo electrónico: josehugo.cg@altiplano.tecnm.mx; castorenajose@itat.edu.mx; victor.ss@altiplano.tecnm.mx; maribel.ch@altiplano.tecnm.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0082-9161>; <https://orcid.org/0009-0008-0406-629X>; <https://orcid.org/0000-0002-7315-0670>, <https://orcid.org/0000-0003-2454-5331>

\*Autor para correspondencia

Recibido: 24 de julio del 2023

Aceptado: 12 de enero del 2024

Publicado: 31 de mayo del 2024

<https://doi.org/10.33064/iycuaa2024924986>  
e4986

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue formular mezclas de fermento de leche de cabra con pulpa de arándano, puré de zanahoria y carne de pollo. El fermento se obtuvo con leche de cabra y posteriormente fue mezclado con arándano, zanahoria o carne de pollo, proporción 50:50 (%v/v). Cada formulación fue evaluada microbiológicamente a los 7 y 30 días, contabilizando Unidades Formadoras en medio M17, BSM y MRS. El análisis de varianza registró diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en los días evaluados, interacción alimento con medio de cultivo, después de 30 días aún se registraron más de  $1 \times 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup> mínimo necesario para ser considerado probiótico. Las características fisicoquímicas que registraron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) fueron el pH en carne de pollo y los °Bx en arándano. Respecto al contenido de fenoles totales, no se registraron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) en las formulaciones propuestas.

**Palabras clave:** leche de cabra; bacterias ácido lácticas; probióticos; arándano; zanahoria; pollo

#### ABSTRACT

The objective of this research was to formulate mixtures of goat milk ferment with blueberry pulp, carrot puree and chicken meat. The ferment was obtained with goat milk and was subsequently mixed with blueberry, carrot or chicken meat, proportion 50:50 (% v/v). Each formulation was microbiologically evaluated at 7 and 30 days, counting Colony Forming Units (UFC mL<sup>-1</sup>) in M17, BSM and MRS culture media for acid lactic bacteria. The analysis of variance recorded a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) in evaluation days, food interaction with culture medium, after 30 days more than  $1 \times 10^6$  CFU mL<sup>-1</sup> were still recorded, the minimum

necessary to be considered probiotic. The physicochemical characteristics that registered a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) were pH in chicken meat, °Bx in blueberries. Regarding the content of total phenols, no significant differences ( $p \geq 0.05$ ) were recorded in the proposed formulations.

**Keywords:** Goat milk; lactic acid bacteria; probiotics; blueberry; carrot; chicken

## INTRODUCCIÓN

La pandemia del COVID-19 dejó una lección importante, ser más responsables en los alimentos que consumimos. Debido a esto, los alimentos funcionales han ganado mayor interés porque se espera lograr mejor calidad de vida y el deseo de las personas en prolongar su esperanza de vida. De acuerdo con Granato et al (2020), Los alimentos funcionales se describen como alimentos naturales o procesados, que pueden promover efectos beneficiosos más allá de la nutrición básica en salud, ayudando a reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles (dislipidemia, cáncer, diabetes tipo 2, accidente cerebrovascular, enfermedades cerebrales y cardiovasculares). El interés por consumir leche de cabra y sus derivados es parte de la tendencia reciente en los países desarrollados, pues se ha reconocido que la leche de cabra es más saludable que la de vaca (McGhee, Jones, & Park, 2015), con un contenido total de caseína más bajo que la leche bovina, y con poca o nulo contenido de caseína así péptido, molécula considerada un precursor de alergias (Hodgkinson, Wallace, Boggs, Broadhurst, & Prosser, 2018). Además, la leche de cabra se considera un excelente sustrato para cultivos probióticos (Mituniewicz-Malek, Zielinska, & Ziarno, 2019), que pueden producir de acuerdo a lo reportado por Liu et al (2023), varios compuestos de sabor agradable (ácido valérico, ácido nonanóico, ácido 2-etilhexanóico, ácido octanóico, ácido hexanóico, y ácido decanóico) durante la fermentación (Balthazar, et al., 2018).

Los probióticos representan del 60 al 70% de los alimentos funcionales (Tripathi & Giri, 2014). Los probióticos han sido estudiados por sus efectos positivo a la salud funcional, específicamente se reconoce su importancia por el potencial efecto antiinflamatorio (Kumar et al., 2023).

Un alimento para ser considerado como probiótico debe contener una concentración de bacterias ácido lácticas (BAL) mayor a las  $10^6$  UFC  $\text{mL}^{-1}$  o  $\text{g}^{-1}$  de producto alimentario portador en el momento del consumo para mantener los efectos terapéuticos en humanos (Ranadheera, 2017). Las BAL más comunes encontradas en alimentos probióticos son del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, ambas cepas reconocidas como seguras por la

FDA, lo que indica que no hay riesgos para la salud del huésped al consumirlos (Gallego & Salminen, 2016).

Las bacterias del género *Lactobacillus* producen específicamente proteínas extracelulares, exopolisacáridos, bacteriocinas y ácidos lipoteicos que influyen en la salud y fisiología del huésped mediante la interacción con las células epiteliales, mejorando el sistema inmunitario del huésped (Arasu et al., 2016).

El 90% de los alimentos comercializados como probióticos contienen leche de vaca como base en su formulación, pocos productos utilizan frutas, vegetales y carnes, como un medio para ser portadora de cepas probióticas. Algunos estudios reportados se han enfocado a evaluar la viabilidad de cepas probióticas en jugos a base de frutas y verduras, los cuales han sido muy bien aceptados por consumidores conscientes de su salud (Panghal, Janghu, Virkar, Gat, Kumar, & Chhikara, 2018). La hipótesis que se plantea es que un alimento fermentado con leche de cabra y mezclado con otros alimentos con propiedades funcionales mejora la aportación nutritiva y contribuye a atender la demanda creciente de alimentos saludables, por lo que el objetivo de la presente investigación fue diseñar y evaluar fermento de leche de cabra con diferentes cultivos de bacterias ácido lácticas utilizando arándano, zanahoria y carne de pollo como matrices alimentarias mejoradoras de características nutricionales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La leche de cabra utilizada fue obtenida de un rebaño de raza Alpina ubicado en la San Antonio Atotonilco, Ixtacuixtla, Tlaxcala, México. Los arándanos, zanahoria y carne de pollo, se adquirieron en un mercado local. Los cultivos lácticos de bacterias ácido lácticas (BAL) utilizados como iniciadores de la fermentación fueron: LA3 de Clerici-Sacco® compuesta por *Lactobacillus acidophilus*, es gram positivo microaerófilo, homofermentativa y que produce ácido láctico a partir de la fermentación de carbohidratos. BGP93 de Clerici-Sacco® compuesta por *Lactobacillus casei*, es gram positivo microaerófilo, heterofermentativo facultativo, produce ácido L-láctico a partir de la fermentación de glucosa. BLC01 de Clerici-Sacco® compuesta por *Bifidobacterium animalis* sp. *Lactis*, es gram positivo, anaeróbico estricto, heterofermentativo y produce ácido láctico y ácido acético a partir de la fermentación de carbohidratos y ABY-10 de Chr. Hansen® compuesta por una mezcla de *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.

## Preparación de formulaciones

Las matrices alimentarias (arándano, zanahoria y carne de pollo) se sometieron a cocimiento (80 °C, 15 min) y posteriormente fueron hechas puré en licuadora (Osterizer®). Los cultivos lácticos liofilizados fueron activados en leche de cabra hasta obtener un fermento con pH 4.1±0.2, el fermento obtenido fue utilizado para las mezclas requeridas y diseñar las formulaciones en proporción 50:50 (% v/v) (matriz alimentaria/fermento con BAL). En total, doce formulaciones (Tabla 1) fueron evaluadas como resultado de la combinación de tres matrices alimentarias (arándano, zanahoria y carne de pollo) en cuatro cultivos lácticos de BAL comerciales. Todas las formulaciones fueron conservadas en refrigeración 4 °C hasta que fueron utilizadas para su análisis.

Tabla 1. Formulaciones evaluadas

Formulación	Matriz alimentaria	Cultivo láctico	Formulación	Matriz alimentaria	Cultivo láctico
Fo1	Arándano	LA3	Fo7	Arándano	BLC01
Fo2	Zanahoria	LA3	Fo8	Zanahoria	BLC01
Fo3	Pollo	LA3	Fo9	Pollo	BLC01
Fo4	Arándano	BGP93	Fo10	Arándano	ABY-10
Fo5	Zanahoria	BGP93	Fo11	Zanahoria	ABY-10
Fo6	Pollo	BGP93	Fo12	Pollo	ABY-10

Nota: Elaboración propia

## Evaluación microbiológica

Cada formulación fue sometida a evaluación microbiológica en tres medios de cultivo: Medio Agar MRS (Condalab®, Madrid, España) incubada a 37 °C, 72 h. Agar M-17 (Sigma-Aldrich®, St. Louis, MO, USA) incubada a 37 °C, 48 h, y agar BSM (Sigma-Aldrich®, St. Louis, MO, USA) incubada a 37 °C, 24-48 h. La preparación del medio de cultivo se realizó como lo indica el proveedor. La evaluación microbiológica se realizó con siembra directa en caja Petri con dilución hasta 10<sup>-7</sup> UFC mL<sup>-1</sup> por triplicado. La siembra en placa fue realizada en dos momentos, a los 7 y 30 días posterior al envasado. La cantidad de UFC mL<sup>-1</sup> fue determinada para cada formulación.

## Evaluación fisicoquímica de formulaciones

La medición de pH en cada muestra se realizó directamente con electrodo (potenciómetro HANNA modelo pH 211). Los sólidos solubles totales fueron determinados como grados Brix

(°Bx) con refractómetro (Atago, modelo PAL-1, 0-53%, Japón). El contenido fenoles totales en cada formulación se determinó mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (F-C) (De Sá, Castro, & Lino, 2014), que consiste en agregar 0.5 g de muestra o estándar de ácido gálico a un matraz Erlenmeyer de 10 mL que contenía 2 mL de agua destilada y 2.5 mL de F-C. Después de 3 min, se añadieron 2.5 mL de una solución acuosa de carbonato de sodio al 20%. La reacción se mantuvo por una hora en la oscuridad a temperatura ambiente. Se midió la absorbancia a 765 nm frente a una muestra en blanco que no contiene ácido gálico ni muestra, únicamente los demás reactivos (espectrofotómetro Vela Quin UV-Vis modelo 5600BV, México). La curva de calibración se realizó para las concentraciones de estándares de ácido gálico (0, 10, 20, 30 y 40 y 50 mg mL<sup>-1</sup>), la cual se obtuvo por regresión lineal; el contenido fenólico total se expresó como concentración equivalente de ácido gálico (mg mL<sup>-1</sup>).

### **Análisis estadístico de datos**

Los datos obtenidos de UFC mL<sup>-1</sup> y de las variables fisicoquímicas (pH, °Bx y fenoles totales) fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un modelo simple aleatorio. Se utilizó el procedimiento Modelos Lineales Generalizados (MLG) y la prueba de rango estudentizado de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) utilizando software estadístico SAS ver. 9.1 de SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

### **RESULTADOS**

El color que adoptan la formulación asociada a las aportaciones de cada matriz alimentaria se observa en la figura 1. Se resalta el color morado por la pulpa de arándano, color naranja de la zanahoria y color blanco por la carne de pollo. Como se esperaba obtener el producto, todas las formulaciones presentaron consistencia de puré.



Figura 1. Aspecto de color de las formulaciones propuestas.  
Fotografía de José Hugo Castorena-García

## Análisis de varianza del contenido de UFC mL<sup>-1</sup>

La tabla 2 muestra el análisis de varianza registrando diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para fechas de evaluación a 7 y 30 días, se obtuvo en promedio  $68 \times 10^7$  y  $17 \times 10^7$  UFC mL<sup>-1</sup>, respectivamente. Durante este período se logró mantener la calidad probiótica (mínimo requerido de  $1 \times 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup>). De la misma forma se obtuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para medio de cultivo e interacción matriz alimentaria con medio de cultivo.

Tabla 2. Análisis de varianza de UFC mL<sup>-1</sup>

Fuente de Variación	Cuadrados Medios (CME)	Valor F	Valor P
Matriz alimentaria (Ma)	1668	1.03	0.3676 ns
Cepa (Ce)	3976	2.45	0.0778 ns
Día (Di)	43709	26.89	<.0001 s
Medio de cultivo (Mc)	6388	3.93	0.0276 s
Ma x Ce	1448	0.89	0.5106 ns
Ma x Di	1491	0.92	0.4076 ns
Ma x Mc	6234	3.84	0.0099 s
Ce x Di	1342	0.83	0.4875 ns
Ce x Mc	1109	0.68	0.6643 ns
Di x Mc	727	0.45	0.6423 ns
Error	1625		
R <sup>2</sup>	0.65		
C.V	96		
CME <sup>1/2</sup>	40.3		
Media general	$42 \times 10^7$		

Estadísticamente significativa (s), valor de ( $p \leq 0.05$ ).

Estadísticamente no significativo (ns), valor de ( $p \geq 0.05$ ). Coeficiente de variación (C.V). Coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>)

Nota: Elaboración propia

## Evaluación de formulaciones con fermento de leche de cabra y arándano

Para la formulación de leche de cabra con arándano (Fo1, Fo4, Fo7 y Fo10), la tabla 3 muestra el contenido de BAL cuantificados con cada uno de los cultivos lácticos y con los diferentes medios de cultivo. Se observa que LA3® presentó mayor crecimiento por lo que puede tener mejor efecto probiótico pues se contabilizaron más UFC mL<sup>-1</sup> en las placas Perti con medio M-17 y BSM. Mientras que BGP93® observó menos crecimiento lo que puede representar menor efecto probiótico con respecto a los demás cultivos lácticos evaluados. Todas las evaluaciones realizadas cumplieron con ser considerada potencialmente

probiótica en base al contenido total de BAL cuantificadas mayores a  $1 \times 10^6$ , valor mínimo requerido. Se observó una reducción considerable después de 30 días de elaborada la formulación.

Tabla 3. Contenido de BAL  $\times 10^7$  UFC  $\text{mL}^{-1}$  evaluadas con fermento y pulpa de arándano

Cepa	M-17		BSM		MRS	
	7 días	30 días	7 días	30 días	7 días	30 días
BLC01	89±2 <sup>b</sup>	6±1 <sup>c</sup>	93±3 <sup>b</sup>	10±1 <sup>b</sup>	40±2 <sup>b</sup>	2±1 <sup>c</sup>
BGP93	33±1 <sup>b</sup>	5±1 <sup>c</sup>	55±2 <sup>b</sup>	9±1 <sup>b</sup>	33±2 <sup>b</sup>	8±1 <sup>c</sup>
ABY-10	81±3 <sup>b</sup>	8±1 <sup>c</sup>	77±3 <sup>b</sup>	4±1 <sup>b</sup>	66±3 <sup>b</sup>	3±1 <sup>c</sup>
LA3	170±4 <sup>a</sup>	5±1 <sup>c</sup>	185±4 <sup>b</sup>	160±5 <sup>a</sup>	45±3 <sup>b</sup>	2±1 <sup>c</sup>

Letras iguales son estadísticamente equivalentes para cada una de las variables evaluadas ( $p \leq 0.05$ )

Nota: Elaboración propia.

La tabla 4 muestra las características fisicoquímicas registradas con pulpa de arándano y fermento de leche de cabra. Se resalta un alto contenido de fenoles totales que en general las formulaciones mantienen. Entre los dos momentos evaluados, la reducción de pH indica que las BAL se mantienen activas hasta un tiempo en que el medio es antagónico al crecimiento.

Tabla 4. Características fisicoquímicas con fermento y pulpa de arándano

Cepa	pH		°Bx		Fenoles ( $\text{mg mL}^{-1}$ )
	7 días	30 días	7 días	30 días	30 días
BLC01	4.4±0.2 <sup>c</sup>	3.2±0.1 <sup>c</sup>	14±0.5 <sup>b</sup>	15±0.3 <sup>b</sup>	51±3.5 <sup>a</sup>
BGP93	4.0±0.1 <sup>c</sup>	3.0±0.2 <sup>c</sup>	18±0.4 <sup>b</sup>	16±0.2 <sup>b</sup>	51±2.0 <sup>a</sup>
ABY-10	4.0±.1 <sup>c</sup>	3.0±0.2 <sup>c</sup>	14±0.2 <sup>b</sup>	13±0.2 <sup>b</sup>	45±1.5 <sup>a</sup>
LA3	4.3±0.2 <sup>c</sup>	3.1±0.1 <sup>c</sup>	13±0.1 <sup>b</sup>	16±0.4 <sup>b</sup>	39±1.0 <sup>a</sup>

Letras iguales son estadísticamente equivalentes para cada una de las variables evaluadas ( $p \leq 0.05$ )

Nota: Elaboración propia.

Con base a estudios reportados que muestran contenido de BAL por arriba de  $10^6$  UFC  $\text{mL}^{-1}$  en el tiempo 0 se decidió no realizar la evaluación microbiológica para no desperdiciar reactivo y así contribuir a reducir impacto ambiental negativo.

### Evaluación de formulaciones con fermento leche de cabra y puré de zanahoria

La tabla 5 muestra el contenido microbiológico de las formulaciones con leche de cabra y puré de zanahoria (Fo2, Fo5, Fo8 y Fo11). Se observó que el medio BSM resultó más favorable para BGP93, ABY-10 y LA3. Mientras que el medio MRS fue menos favorable para esta evaluación debido a que se registró una reducción importante en el contenido de BAL a los 30 días.

Tabla 5. Contenido de BAL  $10^7$  UFC mL<sup>-1</sup> evaluadas con fermento y pulpa de zanahoria

Cepa	M-17		BSM		MRS	
	7 días	30 días	7 días	30 días	7 días	30 días
BLC01	99±3 <sup>a</sup>	33±2 <sup>b</sup>	31±2 <sup>b</sup>	23±2 <sup>b</sup>	7±1 <sup>c</sup>	2±1 <sup>c</sup>
BGP93	26±2 <sup>b</sup>	16±1 <sup>c</sup>	180±5 <sup>a</sup>	25±3 <sup>b</sup>	8±2 <sup>c</sup>	1±0 <sup>c</sup>
ABY-10	57±2 <sup>b</sup>	28±2 <sup>b</sup>	170±3 <sup>a</sup>	28±3 <sup>b</sup>	8±1 <sup>c</sup>	1±0 <sup>c</sup>
LA3	86±4 <sup>b</sup>	20±1 <sup>b</sup>	165±4 <sup>a</sup>	19±2 <sup>b</sup>	11±2 <sup>c</sup>	3±1 <sup>c</sup>

Letras iguales son estadísticamente equivalentes para cada una de las variables evaluadas ( $p \leq 0.05$ )

Nota: Elaboración propia.

La tabla 6 muestra las características fisicoquímicas registradas con puré de zanahoria y fermento con leche de cabra. Se resalta que se obtuvo un alto contenido de fenoles totales y que en general se mantiene a un mismo nivel en todas las formulaciones.

Tabla 6. Características fisicoquímicas con puré de zanahoria y fermento

Cepa	pH		°Bx		Fenoles (mg mL <sup>-1</sup> )
	7 días	30 días	7 días	30 días	30 días
BLC01	4.3±0.1 <sup>b</sup>	3.5±0.1 <sup>b</sup>	7.0±1 <sup>b</sup>	6.0±1 <sup>b</sup>	34±2 <sup>a</sup>
BGP93	4.2±0.2 <sup>b</sup>	3.8±0.2 <sup>b</sup>	7.5±2 <sup>b</sup>	8.0±2 <sup>b</sup>	35±3 <sup>a</sup>
ABY-10	4.0±0.1 <sup>b</sup>	3.8±0.1 <sup>b</sup>	7.5±2 <sup>b</sup>	8.5±2 <sup>b</sup>	38±2 <sup>a</sup>
LA3	4.3±0.2 <sup>b</sup>	3.8±0.2 <sup>b</sup>	7.3±1 <sup>b</sup>	6.5±1 <sup>b</sup>	41±3 <sup>a</sup>

Letras iguales son estadísticamente equivalentes para cada una de las variables evaluadas ( $p \leq 0.05$ )

Nota: Elaboración propia.

### Evaluación de formulaciones con fermento de leche de cabra y carne de pollo

La tabla 7 muestra el contenido microbiológico de las formulaciones con fermento de leche de cabra y carne de pollo (Fo3, Fo6, Fo9 y Fo12) para cada cepa con los diferentes medios de cultivo. En general, el medio M-17 fue favorable en todas las cepas. Mientras que el

medio MRS fue favorable únicamente en ABY-10 y LA3. En medio BSM y MRS se obtuvo una reducción importante en el contenido de BAL a los 30 días.

Tabla 7. Contenido de BAL  $10^7$  UFC  $\text{mL}^{-1}$  evaluadas con fermento y pulpa de zanahoria

Cepa	M-17		BSM		MRS	
	7 días	30 días	7 días	30 días	7 días	30 días
BLC01	44±2 <sup>b</sup>	44±2 <sup>b</sup>	25±1 <sup>b</sup>	8±1 <sup>c</sup>	11±2 <sup>c</sup>	5±1 <sup>c</sup>
BGP93	57±3 <sup>b</sup>	45±2 <sup>b</sup>	34±1 <sup>b</sup>	4±1 <sup>c</sup>	3±1 <sup>c</sup>	2±1 <sup>c</sup>
ABY-10	53±3 <sup>b</sup>	42±1 <sup>b</sup>	10±1 <sup>c</sup>	1±0 <sup>c</sup>	150±3 <sup>a</sup>	4±1 <sup>c</sup>
LA3	34±1 <sup>b</sup>	47±1 <sup>b</sup>	11±1 <sup>c</sup>	2±1 <sup>c</sup>	155±3 <sup>a</sup>	3±1 <sup>c</sup>

Nota: Elaboración propia

La tabla 8 muestra la caracterización de la matriz alimentaria compuesta por fermento con leche de cabra y carne de pollo. Los valores para cada análisis se mantienen estables en el período de análisis. Se registró un contenido menor de fenoles totales en cepa ABY-10. A diferencia de los 7 días, las cepas ABY10 y LA3 se encuentran saturadas.

Tabla 8. Características fisicoquímicas con carne de pollo y fermento

Cepa	pH		°Bx		Fenoles ( $\text{mg mL}^{-1}$ )
	7 días	30 días	7 días	30 días	30 días
BLC01	4.8±0.1 <sup>b</sup>	4.5±0.1 <sup>b</sup>	7.0±0.2 <sup>b</sup>	8.0±0.2 <sup>b</sup>	41±3 <sup>a</sup>
BGP93	4.6±0.1 <sup>b</sup>	4.4±0.1 <sup>b</sup>	8.5±0.3 <sup>b</sup>	9.0±0.2 <sup>b</sup>	42±2 <sup>a</sup>
ABY-10	4.6±0.1 <sup>b</sup>	4.6±0.2 <sup>b</sup>	7.5±0.2 <sup>b</sup>	10±0.1 <sup>b</sup>	28±2 <sup>a</sup>
LA3	5.0±0.2 <sup>b</sup>	4.7±0.2 <sup>b</sup>	8.0±0.2 <sup>b</sup>	7.5±0.2 <sup>b</sup>	41±3 <sup>a</sup>

Nota: Elaboración propia

El mayor contenido de fenoles totales fue registrado para formulaciones a base de fermento de leche de cabra y arándano ( $46.5 \text{ mg mL}^{-1}$ ). Esta cuantificación únicamente fue realizada después de 30 días de haber sido elaborado el producto, considerado tiempo promedio para ser consumido desde la fecha de elaboración.

## DISCUSIÓN

El desarrollo de bebidas que incluyan fuentes de probióticos y otros ingredientes con características funcionales como compuestos fenólicos, vitaminas y minerales, es de suma importancia. Después de la leche de vaca, la leche de cabra es considerada como

segundo principal portador de probióticos. En este tipo de leche se ha demostrado la viabilidad de probióticos debido a sus propiedades adecuadas, como un pH, una buena capacidad de amortiguación y un alto contenido de nutrientes (de Moraes, 2017).

La leche de cabra ha sido reconocida como un excelente alimento funcional debido a que la pueden consumir personas con problemas de intolerancia a la lactosa. Adicionalmente, frutas, vegetales y carne de pescado, han sido propuestos como portadores de bacterias ácido láctico con propiedades probióticas.

El arándano es valorado por su alta capacidad antioxidante asociada a las antocianinas presentes como la cianidina y delfinidina, también es una fuente importante de ácido gálico, flavonoides (quercetina y micertina), ácido ascórbico ( $45 \pm 6$  mg en 100 g en fruta fresca (FF) y carotenoides como  $\beta$ -caroteno ( $70 \pm 2$   $\mu$ g en 100 g FF) y luteína ( $866 \pm 7$   $\mu$ g en 100 g FF) (Reyes, Villacres, Santacruz, Castro, & Armas, 2019). Estos antioxidantes son reconocidos como preventivos de cáncer y diabetes, debido que retardan la oxidación de los radicales libres en el cuerpo humano motivo por el cual este fruto ha incrementado su consumo en formas diversas (Tombozara, Donnoc. Razafindrakotoa, Randriamampiononaa, & Beccaro, 2020).

La zanahoria desde el punto de vista nutracéutico mejora los aportes nutricionales con sus flavonoides del tipo quercetina con 0.07 mg por 100 g en promedio y carotenoides, fundamentalmente  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -caroteno en cantidades promedio de 10.65  $\mu$ g y 18.25  $\mu$ g por 100 g, respectivamente (Li, 2008). La vitamina A es esencial para el correcto funcionamiento de la visión, especialmente la nocturna, pero además tiene mucha importancia en el sistema inmune, mejora la calidad de piel y la protege contra los rayos UV. Ha sido reportado que ayuda a prevenir diferentes tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y baja el riesgo de accidentes vasculares (Duke, 1997).

La carne de pollo es un alimento muy versátil, completo y asequible, rico en proteínas y aminoácidos, vitaminas (B3 y B6) y minerales (fósforo y selenio), y más bajo en calorías y colesterol respecto a la carne roja (Hailemariam et al., 2022).

El pH es uno de los factores más importantes que afectan la supervivencia de los probióticos, mientras que las proteínas y la fibra dietética pueden proteger a las células del estrés ácido. Los lactobacilos son generalmente resistentes y sobreviven en jugos con pH entre 3.7 y 4.3, por otro lado, las bifidobacterias son menos tolerantes a los ácidos y un pH de alrededor de 4.6 es perjudicial para su supervivencia (Tripathi & Giri, 2014). Nguyen et. al, 2019 investigaron la fermentación del jugo de piña con *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, obtuvieron buen crecimiento después de 24 h de fermentación, el recuento de células de lactobacilos superó el nivel de  $5 \times 10^9$  UFC mL<sup>-1</sup>, mientras que el número de células de

bifidobacterias alcanzó un nivel de  $10^9$  UFC mL<sup>-1</sup>. La población microbiana no cambió significativamente durante el primer mes de almacenamiento. Sin embargo, después 2 meses, las bacterias probióticas perdieron viabilidad 0.11 log UFC mL<sup>-1</sup>. En un estudio realizado por Silva et al (2022), se reporta que el uso de bacterias del género *Lactobacillus* y la adición de harina de subproductos de la uva, contribuyeron a mejorar los aspectos nutricionales (presencia de compuestos fenólicos y actividad antioxidante) y sensoriales. Los estudios anteriores confirman que los ingredientes propuestos en este estudio son susceptibles a mejorar estos aspectos nutricionales.

## CONCLUSIONES

La contribución del presente estudio busca resaltar los beneficios de emplear la leche de cabra como una alternativa de mayores ventajas nutricionales y que debido a su contenido menor de lactosa es ampliamente recomendada para la población intolerante a este carbohidrato. El fermento de leche de cabra y zanahoria probada con tres cepas (BGP93, ABY10, LA3), así como el fermento de leche de cabra con arándano ensayada con la cepa LA3 fueron los fermentos con mayor número de LAB. Se observó que en todas las formulaciones a los 30 días de haber sido envasadas disminuyen las UFC mL<sup>-1</sup> pero se mantienen la calidad probiótica con un contenido mínimo de  $1 \times 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup> manteniéndose las propiedades fisicoquímicas de pH, °Bx y fenoles totales. Trabajos futuros para mejorar la presente investigación incluirían un estudio de evaluación sensorial que permita conocer la aceptación del producto por parte del consumidor.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación contó con el apoyo financiero del Tecnológico Nacional de México con clave de proyecto: 10015.21-P.

## REFERENCIAS

- Arasu, M.V., Al-Dhabi, N.A., Ilavenil, S., Choi, K.C., Srigopalram, S. (2016). In vitro importance of probiotic *Lactobacillus plantarum* related to medical field. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(1), S6-S10, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.022>
- Balthazar, C. F., Silva, H. L., Esmerino, E. A., Rocha, R. S., Moraes, J., Carmo, M.A., & Cruz, A. G. (2018). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*, 246, 464-472.

- De Moraes, G.M.D. 2017. Functional Properties of *Lactobacillus mucosae* Strains Isolated from Brazilian Goat Milk. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(3), 235-245.
- Duke, J. A. 1997. *The Green Pharmacy*. Emmaus, PA: Rodale Press. 528p.
- Gallego, C. G., & Salminen, S. (2016). Novel probiotics and prebiotics, how can they help in human gut microbiota dysbiosis?, *Applied Food Biotechnology*, 3, 72–81.
- Granato, D., Barba, F. J., Bursac Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Hailemariam, A., Esatu, W., Abegaz, S., Urge, M., Assefa, G. & Dessie, T. (2022). Nutritional composition and sensory characteristics of breast meat from different chickens, *Applied Food Research*, 2(2), 100233, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100233>.
- Hodgkinson, A. J., Wallace, O. A., Boggs, I., Broadhurst, M., & Prosser, C. G. (2018). Gastric digestion of cow and goat milk, impact of infant and young child in vitro digestion conditions. *Food Chemistry*, 245, 275–281.
- Kumar, H., Dhalaria, R., Guleria, S., Cimler, R., Choudhary, R., Dhanjal, D.S., Singh, R., Kimta, N., Dulta, K., Pathera, A.K., Khan, A., Nausad, M., Alomar, S.Y., Manickam, S., Kuča, K. (2023). To exploring the role of probiotics, plant-based fermented products, and paraprobiotics as anti-inflammatory agents in promoting human health. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14:100896, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100896>.
- Li, T. S. (2008). *Vegetables and fruits: Nutritional and therapeutic values*. Boca Raton, FL: CRC Press. 286p. <https://doi.org/10.1080/10496500802701846>
- Liu, D., Zhao, F., Li, L., Zhang, J., Wu, S., Lü, X., Zhang, H. & Yi, Y. (2023). Enhancing the antioxidant capacity and quality attributes of fermented goat milk through synergistic action of *Limosilactobacillus fermentum* WXZ 2-1 with starter culture, *Journal of Dairy Science*, Article in press. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24135>
- McGhee, C.E., Jones, J.O., & Park, Y.W. (2015). Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. *Small Ruminant Research*, 123, 293–300.
- Mituniewicz-Malek, A., Zielinska, D., & Ziarno, M. (2019). Probiotic monocultures in fermented goat milk beverages-sensory quality of final product. *International Journal of Dairy Technology*, 72, 1–8.

- Nguyen, B.T., Bujna, E., Fekete, N., Tran, A., Rezessy-Szabo, J., Prasad, R., & Nguyen, Q. (2019). Probiotic beverage from pineapple juice fermented with *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. *Frontiers in Nutrition*, 6(54),1-7. doi: 10.3389/fnut.2019.00054
- Panghal, A., Janghu, S., Virkar, K., Gat, Y., Kumar, V., & Chhikara, N. (2018). Potential non-dairy probiotic products—a healthy approach. *Food Bioscience*, 21,80–89.
- Ranadheera, C. (2017). Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. Non-Dairy beverages. *Fermentation*, 3(4), 67.
- Reyes, I. Y., Villacres, C. E., Santacruz, S. G., Castro, M. R., & Armas, A. C. (2019). Efecto antibacteriano y antioxidante de frutos rojos ecuatorianos sobre *streptococcus mutans*: estudio in vitro. *Odontología Vita*, 31, 23–30.
- Silva, F., Queiroga, R., de Souza, E., Voss, G., Borges, G., Lima, M., Pintado, M., Vasconcelos, M. (2022). Incorporation of phenolic-rich ingredients from integral valorization of Isabel grape improves the nutritional, functional and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt, *Food Chemistry*, 369,130957. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130957>.
- Tombozara, N., Donnoc, D., Razafindrakotoa, Z., Randriamampiononaa, D., & Beccaro, G. L. (2020). The first assessment on antioxidant and antidiabetic activities of leaves and stems of *Vaccinium secundiflorum* Hook. (*Ericaceae*), an endemic plant of Madagascar. *South African Journal of Botany*, 130, 422-429.
- Tripathi, M.K., & Giri, S.K. (2014). Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225–241.