UNED RESEARCH JOURNAL
CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN UNED

Efecto de la sustitución de leche caprina por bovina en queso tipo Crottin

Andrea Aguilar-Rodríguez[1], María Lourdes Pineda-Castro[1] & Alejandro Chacón-Villalobos[2]

1. Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio San José, Costa Rica; aguilarrodriguezandrea@gmail.com, maria.pinedacastro@ucr.ac.cr
2. Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Alfredo Volio Mata, La Unión, Cartago; alejandro.chacon@ucr.ac.cr

Recibido 09-IV-2026 ● Corregido 22-VI-2026 ● Aceptado 09-VII-2026
DOI: https://doi.org/10.22458/urj.v18i1.6474

ABSTRACT. "Effect of substituting goat's milk with cow's milk in Crottin-type cheese". **Introduction:** Crottin-type cheese is traditionally made with goat's milk, which gives it a distinctive sensory profile but may be too intense for some markets and more costly to produce; partial substitution with cow's milk may support product diversification, sensory modulation, and cost reduction. **Objective:** We evaluated the effect of replacing goat's milk with cow's milk at 0%, 50%, and 100% on yield, physicochemical characteristics, texture, color, and sensory acceptance during storage. **Methods:** We determined yield after manufacture. On day three, we evaluated fat, protein, salt, and overall sensory acceptance; on days three and 22, we measured moisture, % ATECAL, pH, color, and texture. We assessed consumer acceptance with 124 participants and analyzed the results by cluster analysis. **Results:** Protein content was the only compositional variable that differed significantly among cheeses ($p<0.05$), increasing with the proportion of goat's milk. During storage, pH and moisture decreased, while % ATECAL tended to decline as cow's milk increased. Cheese type significantly affected all color and texture variables ($p<0.05$), with cheese type × time interaction only for b* and C*. Hardness was greater in 100% goat's milk cheese and increased during storage. Cluster analysis showed that 56% of consumers accepted all formulations, especially those with 0% and 50% cow's milk; 19% rejected all formulations; and 25% preferred the 100% cow's milk cheese. **Conclusion:** Replacing goat's milk with cow's milk modified the physicochemical, color, and textural properties of Crottin-type cheese. Sensory acceptance varied by consumer segment, indicating diversification potential rather than a single optimal formulation.

Keywords: dairy products, quality, rheology, colorimetry, acceptance.

RESUMEN. Introducción: El queso tipo Crottin se elabora tradicionalmente con leche de cabra, que le da un perfil sensorial distintivo, pero que puede resultar demasiado intenso para algunos mercados y más costoso de producir; la sustitución parcial con leche de vaca podría favorecer la diversificación del producto, la modulación sensorial y la reducción de costos. **Objetivo:** Evaluamos el efecto de sustituir la leche de cabra por leche de vaca en proporciones de 0%, 50% y 100% sobre el rendimiento, las características fisicoquímicas, la textura, el color y la aceptación sensorial durante el almacenamiento. **Métodos:** Determinamos el rendimiento después de la elaboración. En el día tres, evaluamos grasa, proteína, sal y aceptación sensorial general; en los días tres y 22, medimos humedad, % ATECAL, pH, color y textura. Evaluamos la aceptación del consumidor con 124 participantes y analizamos los resultados mediante análisis de conglomerados. **Resultados:** El contenido de proteína fue la única variable composicional que difirió significativamente entre quesos ($p<0,05$), aumentando con la proporción de leche de cabra. Durante el almacenamiento, el pH y la humedad disminuyeron, mientras que el % ATECAL tendió a reducirse conforme aumentó la leche de vaca. El tipo de queso afectó significativamente todas las variables de color y textura ($p<0,05$), con interacción tipo de queso × tiempo solo para b* y C*. La dureza fue mayor en el queso con 100% leche de cabra y aumentó durante el almacenamiento. El análisis de conglomerados mostró que el 56% de los consumidores aceptó

todas las formulaciones, especialmente aquellas con 0% y 50% de leche de vaca; el 19% rechazó todas las formulaciones; y el 25% prefirió el queso con 100% leche de vaca. **Conclusión:** La sustitución de leche de cabra por leche de vaca modificó las propiedades fisicoquímicas, de color y de textura del queso tipo Crottin. La aceptación sensorial varió según el segmento de consumidores, lo que indica potencial de diversificación más que una única formulación óptima.

Palabras clave: productos lácteos, calidad, reología, colorimetría, aceptación.

Actualmente, la mayoría de los productos lácteos en el mundo se elaboran con leche de vaca, misma que se cataloga como la más común y consumida (Yu et al., 2024). En Costa Rica, la producción bovina de leche constituye una actividad agroindustrial de marcada relevancia dentro del sistema productivo nacional, no solo por el volumen alcanzado en 2024, estimado en 1 226,52 millones de litros, sino también por su capacidad de articulación socioeconómica, evidenciada en la generación de aproximadamente 28 mil empleos directos en la fase primaria, diez mil en procesos de agregación de valor y cinco mil empleos indirectos, condición que permite dimensionar el papel estructural del sector lácteo en la economía agropecuaria del país (Cámara Nacional de Productores de Leche [CNPL], 2025; Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria [SEPSA], 2025).

Por el contrario, la producción de leche caprina y sus derivados se caracterizan por realizarse de manera artesanal y familiar para uso doméstico o para venta en lugares aledaños, y no existen grandes industrias procesadoras que se dediquen a la industrialización de este tipo de lácteos pues, a diferencia de la industria bovina bien desarrollada, la industria caprina tiene una cadena de distribución y venta limitada (Chacón & Mora, 2017). Esto se debe a que los pocos productos disponibles en el mercado (principalmente leche fluida) enfrentan prejuicios sensoriales y culturales, así como desconocimiento por la baja disponibilidad, lo que hace que algunos consumidores habituados a estos productos estén dispuestos a pagar precios elevados (Barquero & Chacón, 2022).

Como alimento nutracéutico, la leche caprina presenta ciertas ventajas y beneficios nutricionales en comparación con la leche bovina como, por ejemplo, propiedades antialergénicas, que permiten su uso en poblaciones con necesidades nutricionales específicas (Bidot-Fernández, 2017; van Neerven & Savelkoul, 2019). La leche caprina contiene una mayor cantidad de ácidos grasos esenciales de cadena corta y media, así como de ácidos grasos mono y poliinsaturados; asimismo, los glóbulos de grasa son de menor tamaño, por lo que forman una mejor emulsión láctea, lo que incrementa la susceptibilidad a la acción de enzimas lipasas (Bidot-Fernández, 2017). Por su parte, contiene una mayor cantidad de vitamina A, hierro, zinc, magnesio y selenio (Zeña et al., 2024).

El "Crottin de Chavignol" es un queso con denominación de origen francesa, elaborado con cuajada de leche cruda de cabra (Kizilirmak et al., 2009). Desde su introducción en Costa Rica hace décadas, los productores lo han adaptado y modificado para adecuarse a las condiciones locales rurales, dando como resultado un producto diferenciado que aún guarda algunas importantes similitudes con su antecesor. La inclusión de la leche vacuna, más disponible y barata que la caprina, proporciona una oportunidad de mejora que puede implementarse fácilmente y redituar en un producto más accesible tanto desde el punto de vista económico como sensorial. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes proporciones de leche caprina y bovina sobre las características físicas, químicas y sensoriales de un queso tipo Crottin. Se planteó como hipótesis que la sustitución parcial o total de leche caprina por leche bovina modificaría las propiedades fisicoquímicas, cromáticas y texturales del queso tipo Crottin, así como su patrón de agrado sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Efectuamos la manufactura del queso en la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), mientras que la evaluación de la calidad y composición de la leche de cabra y de vaca, los análisis físicos, químicos y sensoriales de las diferentes formulaciones las llevamos a cabo en los Laboratorios de Química y Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA). Ambas entidades pertenecen a la Universidad de Costa Rica (UCR). La leche que empleamos provino de cabras raza La Mancha y vacas raza Jersey, que son parte de los hatos de la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata (EEAVM) de la UCR**.**

Evaluación inicial de la leche

Las leches bovina y caprina, certificadas por la EEAVM como libres de enfermedades infectocontagiosas y de β-lactámicos, las mantuvimos a 4°C en promedio hasta el momento de la manufactura. Al momento de recibir las muestras de las diferentes leches en la planta de proceso, las analizamos para determinar su acidez titulable por medio del método 947.05 de la AOAC (AOAC, 2023), considerando un porcentaje menor o igual a 0,18% como aceptable (Huanca et al., 2023). El pH lo establecimos también siguiendo el método oficial de la AOAC 981.12 (AOAC, 2023). El peso específico de las leches lo determinamos siguiendo el método densimétrico 925.22 de la AOAC (AOAC, 2023). El porcentaje de grasa de las leches lo evaluamos por medio del método de Babcock (Kirk et al., 2004), mientras que el porcentaje de sólidos totales (%ST) y sólidos no grasos (%SNG) lo establecimos por medio de las fórmulas modificadas de Richmond (Patel & Boghra, 2018) a partir de los datos del porcentaje de grasa y del peso específico.

Proceso de manufactura de los quesos

Para elaborar los diferentes quesos experimentales, seguimos el proceso descrito por Chacón y Pineda (2009) (Fig. 1).

La filtración o depuración de la leche al momento del recibo la hicimos empleando una gasa desinfectada previamente con una solución de cloro a 50ppm, cuando la leche se encontraba a una temperatura de almacenamiento (4°C). Seguidamente procedimos a pasteurizar por tandas, aplicando el proceso LTLT (por sus siglas en inglés, Low Temperature Long Time) a una temperatura de 63°C por 30 minutos, empleando una marmita marca Groën de 40 litros de capacidad, modelo DN/TA-10SP. Posteriormente, al cabo de los 30 minutos, trasladamos la leche a tarros lecheros de aluminio para realizar el choque térmico, sumergiendo esos recipientes en agua con hielo hasta alcanzar los 38°C.

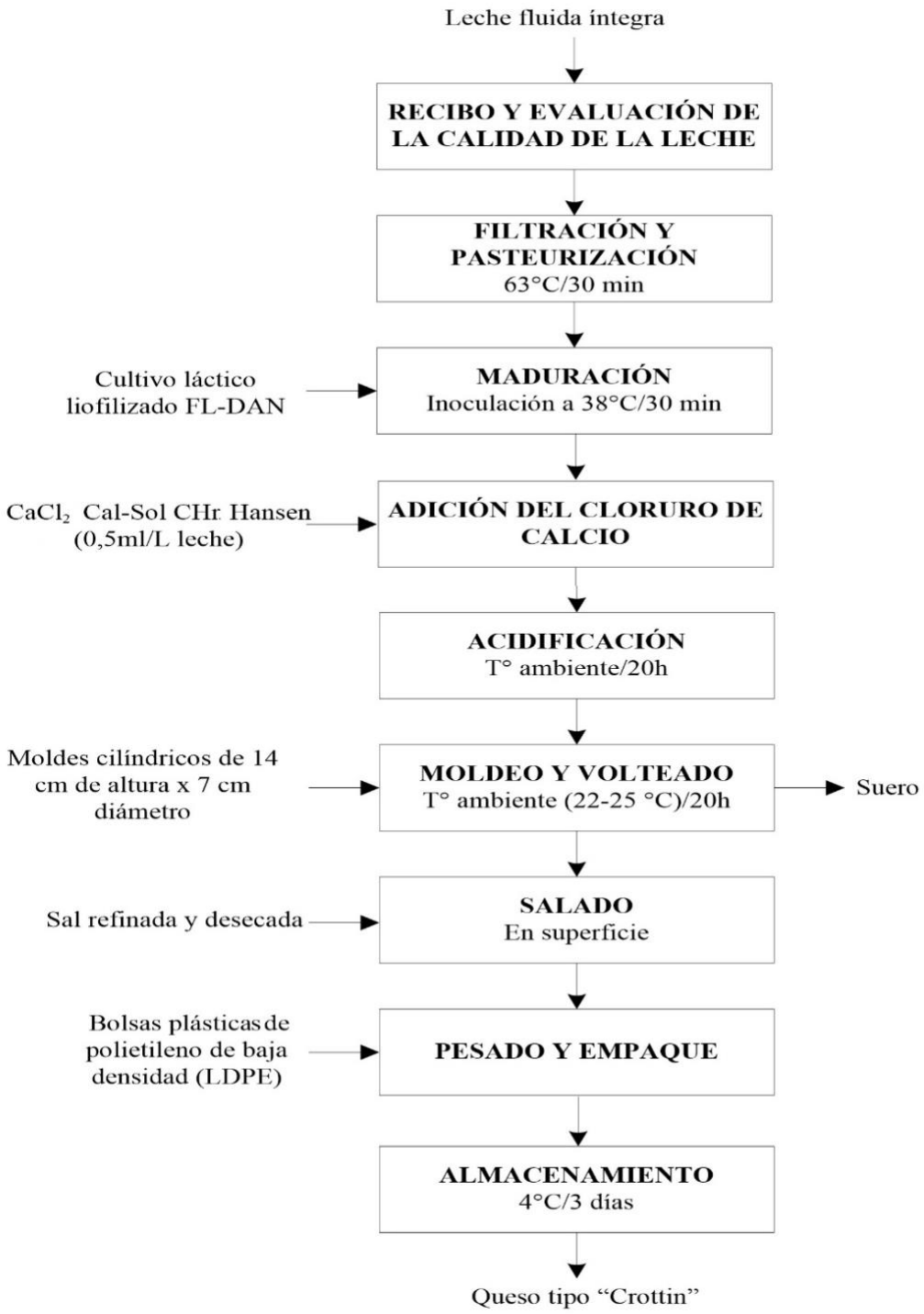


Fig. 1. Flujo de proceso para la elaboración del queso tipo Crottin.

A partir de la leche pasteurizada, y según el tratamiento correspondiente, manufacturamos cuatro lotes de queso para tres grupos experimentales: 100% leche de cabra, mezcla 50:50 de leche

bovina y caprina, y 100% leche bovina. En todos los casos usamos cuajo CHY-MAX, cultivo lácteo liofilizado FL-DAN (Flora Dánica), y cloruro de calcio Cal-Sol en solución al 50%, todos estos productos de la marca Chr. Hansen. Seguimos en todos los casos las indicaciones de las fichas técnicas del fabricante para efectos de las cantidades a emplear según volumen de leche. Adicionalmente, usamos sal de mesa refinada marca "SOL" de la casa comercial Conaprosal R.L. a un 1% masa/masa sobre la superficie del queso.

Una vez obtenida la cuajada, no la cortamos durante la etapa de acidificación y la mantuvimos en completo reposo durante el proceso. El desuerado de esta cuajada durante la acidificación lo hicimos por medio de la gravedad dentro de los moldes con perforaciones de 3mm de diámetro. El volteado de la cuajada lo realizamos girando los moldes luego de transcurrida la mitad del tiempo total del moldeo. Al queso una vez salado, lo pesamos en una balanza granataria y lo empacamos con plástico adhesivo de polietileno de baja densidad.

Análisis de los quesos

Para los diferentes tipos de quesos, determinamos el rendimiento porcentual (%) el día después del desmoldeo y antes de realizar el salado, efectuando el cálculo con base en la masa de leche fresca utilizada y la masa final de queso obtenida. Analizamos también el contenido de grasa y proteína, el porcentaje de sal y el agrado sensorial general de los quesos en estado fresco al día 3. Adicionalmente, determinamos el porcentaje de humedad, % ATECAL, pH, color y textura al día tres y al día 22 de almacenamiento.

El contenido de humedad lo establecimos utilizando el método oficial de la AOAC 926.08 (AOAC, 2023) con una temperatura de 60°C por 12 horas. Para determinar el pH seguimos el método de la AOAC 981.12 (AOAC, 2023), utilizando 10,00g de muestra y 10,0ml de agua destilada (relación 1:1). La acidez de los quesos la evaluamos por medio del método volumétrico 920.124 de la AOAC (AOAC, 2023), expresando esta como porcentaje de ácido láctico. Para estimar el porcentaje de proteína, determinamos el nitrógeno total, utilizando el método oficial 920.123 AOAC (AOAC, 2023) y el factor N x 6,38, expresando el resultado como porcentaje masa/masa (%m/m). El porcentaje de grasa lo establecimos por el método AOAC 920.125 (AOAC, 2023), expresando el resultado como porcentaje masa/masa (%m/m). El contenido de sal de cada muestra de queso lo cuantificamos por medio del método de Mohr (Ávila et al., 2018).

El agrado general de las diversas formulaciones lo evaluamos por medio de un panel sensorial con consumidores de queso. Las muestras de queso las estudiamos en cuatro sesiones donde participaron 31 personas en cada una. Al final de la evaluación contamos con un total de 124 consumidores de queso (36 hombres y 86 mujeres, así como dos personas que no indicaron su sexo) entre los 15 y 26 años, en su mayoría estudiantes y profesionales. Empleamos una escala hedónica híbrida de 10cm, anclada en el centro y a los extremos (Maynard, 2019). A los participantes en el panel sensorial también les solicitamos que llenaran una encuesta que incluyó preguntas sobre los hábitos de consumo de productos lácteos.

El color de los quesos lo determinamos por medio del colorímetro HunterLab modelo ColourFlex®, usando los sistemas de color CIELab y CIELch; las variables que medimos fueron L*, a*, b*, C* y h°. El iluminante que empleamos fue D65, un ángulo del observador de 10° y una geometría 45°/0°, según condiciones previamente establecidas para este tipo de queso (Chacón & Pineda, 2009).

El análisis de perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés) lo realizamos con un texturómetro TA.XTPlus de Stable Micro Systems, empleando el software "Exponent" versión 4.0.8.0. La secuencia de compresión que aplicamos fue de dos ciclos (perfil de textura), usando una celda cilíndrica de 3,5cm de carga de 50kg, una velocidad de preprueba de 120mm/min, velocidades de prueba y posprueba de 60mm/min, tiempo entre ciclos de 5 segundos y una fuerza del gatillo de

$5*10^{-2}$N (Castillo et al., 2026). A partir de la prueba pudimos calcular los parámetros de dureza, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y adhesividad. La temperatura de almacenamiento (4°C) de las muestras la mantuvimos constante hasta el momento del análisis.

Diseño experimental y análisis estadístico

Utilizamos, para determinar el efecto de sustitución de las leches sobre la grasa, proteína, sal y el agrado sensorial, un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos, correspondientes a los tres niveles de leche de vaca en el queso (0%, 50% y 100%). Para humedad, % ATECAL, pH, color y textura, aplicamos un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2 × 3. Los factores fueron el porcentaje de sustitución de leche caprina por leche bovina, con tres niveles (0%, 50% y 100%), y el tiempo de almacenamiento, con dos niveles (3 y 22 días), para un total de seis tratamientos. Las diferencias entre medias de los parámetros fisicoquímicos las evaluamos por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias significativas globales entre los tratamientos y, para identificar cuáles promedios diferían entre sí, usamos la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia de 0,05. Para determinar el efecto del grado de sustitución de leche de cabra por la leche de vaca en la aceptación, aplicamos un análisis de conglomerados (clústeres) por el método de Ward y un ANDEVA para cada conglomerado. Para determinar las diferencias, usamos la prueba LSD. En todos los análisis estadísticos empleamos el programa JMP, versión cuatro (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). En todos los casos, reportamos promedio ± desviación estándar (D.E.).

RESULTADOS

La leche bovina presentó valores promedio superiores de grasa, sólidos no grasos y sólidos totales en comparación con la leche caprina. La leche caprina registró un mayor valor promedio de ATECAL y un pH ligeramente menor. El peso específico fue semejante entre ambas matrices lácteas (TABLA 1).

TABLA 1

Composición de la leche bovina y caprina utilizada en la elaboración de los quesos tipo Crottin

Parámetro evaluado	Tipo de leche	
	Bovina	Caprina
Grasa (%)	3,90 ± 0,23	3,21 ± 0,23
SNG (%)	8,89 ± 0,10	8,63 ± 0,19
ST (%)	12,81 ± 0,24	11,83 ± 0,26
Peso específico	1,029 ± 0,005	1,0287 ± 0,0008
ATECAL (%)	0,102 ± 0,010	0,124 ± 0,011
pH	6,69 ± 0,06	6,58 ± 0,09

Nota: promedio (n=4) ± D.E.

El contenido de proteína disminuyó a medida que aumentó la proporción de leche bovina, observándose diferencias significativas únicamente entre los quesos elaborados con 0% y 100% de leche bovina (TABLA 2). En contraste, el contenido de grasa, el porcentaje de sal y el rendimiento no presentaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas. El porcentaje de rendimiento mostró un promedio general de 21 ± 3% (TABLA 2). Asimismo, el efecto del lote fue significativo para los contenidos de grasa y proteína.

TABLA 2

Parámetros de composición de los quesos tipo Crottin con diferentes sustituciones de leche de cabra por leche de vaca

Parámetro (%)	Porcentaje de leche de vaca		
	0	50	100
Grasa	17,6 ± 0,9[a]	18,0 ± 1,7[a]	17,8 ± 2,3 [a]
Proteína	12,1 ± 0,7[a]	12,0 ± 0,8[ab]	11,5 ± 0,4[b]
Sal	1,4 ± 0,7[a]	1,54 ± 0,4[a]	1,28 ± 0,24[a]
Rendimiento	19,1 ± 2,2[a]	20,0 ± 2,8[a]	23,3 ± 2,0[a]

Notas: Promedio (n=4) ± D.E. Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencias significativas a p ≤ 0,05.

El análisis de conglomerados permitió identificar tres grupos de consumidores. El conglomerado 1, con 70 participantes, presentó agrado alto para las tres formulaciones, con mayores calificaciones para los quesos con 0% y 50% de leche bovina. El conglomerado 2, integrado por 23 participantes, registró las menores calificaciones y no mostró diferencias significativas entre formulaciones. El conglomerado 3, integrado por 31 participantes, mostró mayor agrado por el queso elaborado con 100% de leche bovina y menor agrado por la formulación con 50% de leche bovina (TABLA 3), siendo el sabor y la textura los atributos más señalados para la escogencia del queso. Respecto al consumo de lácteos, la mayoría de los participantes indicó consumirlos diariamente.

TABLA 3

Agrado general en el día tres de almacenamiento, según conglomerado, para queso tipo Crottin con diferentes sustituciones de leche de cabra por leche de vaca

Conglomerado	Porcentaje de leche de vaca			n
	0	50	100	
1	7,8 ± 1,6[a]	7,8 ± 1,5[a]	7,1 ± 2,2[b]	70
2	3,4 ± 2,3[a]	3,2 ± 2,6[a]	2,5 ± 1,4[a]	23
3	5,6 ± 1,7[b]	3,7 ± 1,5[c]	7,0 ± 1,5[a]	31

Notas: Promedio ± D.E. Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencias significativas a p ≤ 0,05.

Entre los días tres y 22 de almacenamiento, el pH, la humedad, L*, la elasticidad, la cohesividad y la masticabilidad disminuyeron, mientras que a*, la dureza y la magnitud de la adhesividad aumentaron (TABLA 4).

TABLA 4

Medias de los tres tipos de queso (n=12) para pH, humedad, parámetros L* y a* de color y parámetros del perfil de textura en dos tiempos de almacenamiento

Parámetro	Tiempo de almacenamiento (días)	
	3	22
pH	4,31 ± 0,06 [a]	4,29 ± 0,07[b]
Humedad (% m/m)	64,5 ± 1,3[a]	62,7 ± 1,5[b]
L*	92,8 ± 1,6[a]	91,0 ± 1,6[b]
a*	-1,1 ± 1,4[a]	-0,7 ± 1,3[b]
Dureza (N)	15 ± 3[b]	19 ± 5[a]
Adhesividad ($Nm*10^{-3}$)	-2,2 ± 1,3[b]	-4,1 ± 2,5[a]
Elasticidad (mm)	6,9 ± 1,0[a]	5,8 ± 1,3[b]
Cohesividad	0,43 ± 0,07[a]	0,36 ± 0,06[b]
Masticabilidad (Nm)	0,046 ± 0,016[a]	0,040 ± 0,014[b]

Notas: Promedio ± D.E. Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencias significativas a $p \leq 0,05$.

El porcentaje de ATECAL fue menor conforme aumentó la proporción de leche bovina en la formulación. Entre los días tres y 22, el ATECAL aumentó en los quesos que contenían leche bovina, con el mayor incremento en la formulación con 50% de leche bovina. En el queso elaborado con 100% leche caprina, los valores fueron similares entre ambos tiempos de almacenamiento (Fig. 2).

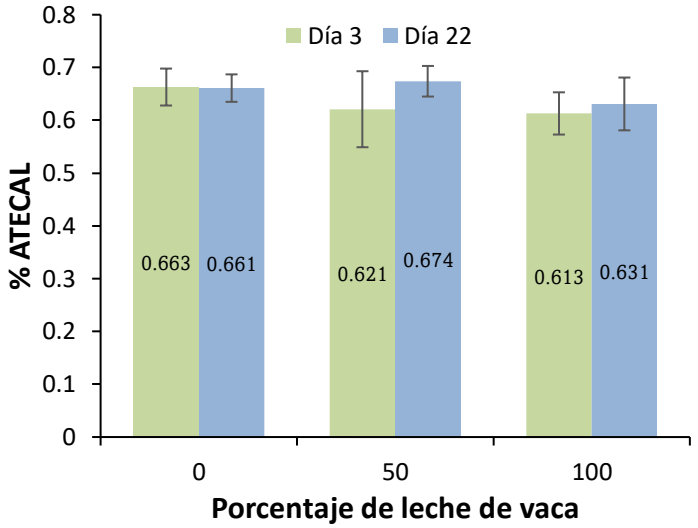


Fig. 2. Efecto del porcentaje de leche de vaca y del tiempo de almacenamiento en el % ATECAL de de color de los quesos: A) b* y B) C*. *Nota: promedio (n=4) ± D.E.*

Efecto del porcentaje de leche bovina sobre color y textura

El porcentaje de leche bovina influyó sobre los parámetros de color y textura evaluados. En color, L* y h° disminuyeron conforme aumentó la proporción de leche bovina, mientras que a* aumentó (TABLA 5). En textura, el queso con 0% de leche bovina presentó la mayor dureza y uno de los valores más bajos de elasticidad; el queso con 100% de leche bovina registró los mayores valores

de elasticidad y cohesividad; y la formulación con 50% de leche bovina presentó la mayor magnitud de adhesividad y la menor masticabilidad (TABLA 5).

TABLA 5

Medias de los días tres y 22 de los valores de L*, a* y h° de color y de los parámetros de textura del queso tipo Crottin con diferentes sustituciones de leche de cabra por leche de vaca

Parámetro	Porcentaje de leche de vaca		
	0	50	100
L*	92,8 ± 1,9[a]	91,7 ± 1,8[b]	91,2 ± 1,6[c]
a*	-2,4 ± 0,6[c]	-0,79 ± 0,62[b]	0,43 ± 0,77[a]
h°	99,6 ± 4,6[a]	92,8 ± 2,2[b]	90,4 ± 5,8[c]
Dureza (N)	18,60 ± 5,3 [a]	16,6 ± 4,2 [b]	15,9 ± 2,7 [b]
Adhesividad ($Nm*10^{-3}$)	-2,8 ± 1,8 [a]	-4,1 ± 2,7 [b]	-2,54 ± 1,8 [a]
Elasticidad (mm)	5,9 ± 1,3 [b]	6,1 ± 1,4 [b]	6,94 ± 0,92 [a]
Cohesividad	0,382 ± 0,078 [b]	0,378 ± 0,078 [b]	0,431 ± 0,064 [a]
Masticabilidad (Nm)	0,041 ± 0,013 [a]	0,039 ± 0,017 [b]	0,048 ± 0,014 [a]

Nota: Promedio (n=8) ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencias significativas a p ≤ 0,05.

El tipo de queso afectó todos los parámetros de color evaluados. El tiempo de almacenamiento y el lote afectaron únicamente L* y a*, mientras que la interacción tiempo*tipo de queso fue significativa para b* y C*. Estos dos parámetros presentaron un comportamiento dependiente de la proporción de leche bovina y del tiempo de almacenamiento: en los quesos con 50% y 100% de leche bovina variaron entre los días tres y 22, mientras que en el queso elaborado con 0% de leche bovina disminuyeron durante el almacenamiento (Fig. 3).

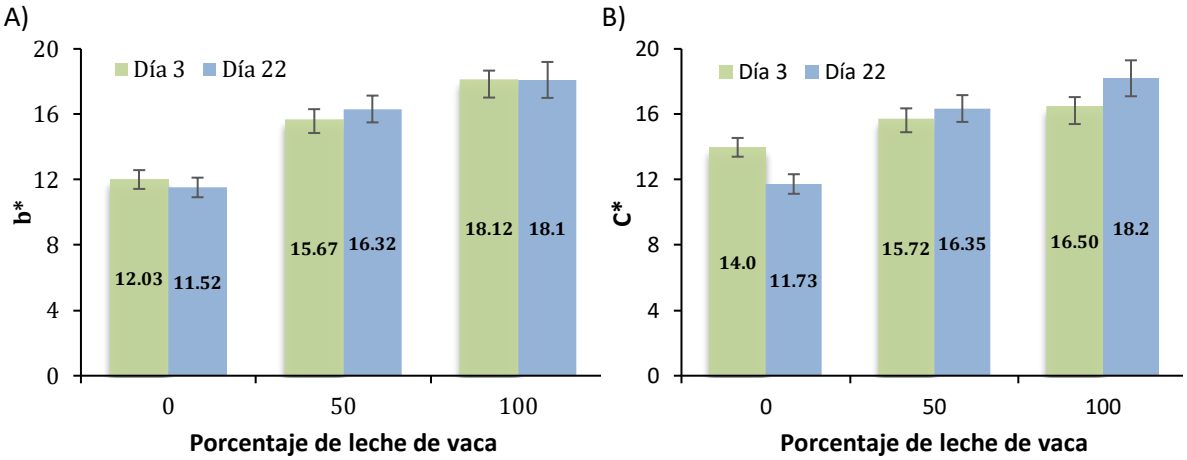


Fig. 3. Efecto del porcentaje de leche de vaca y del tiempo de almacenamiento en los parámetros de color de los quesos: A) b* y B) C*. *Nota: promedio (n=4) ± D.E.*

DISCUSIÓN

Respecto a la composición de las leches bovina y caprina, el monitoreo composicional inicial nos permitió evidenciar que ambas matrices lácteas no solo exhibieron las características intrínsecas y las variaciones fisiológicamente esperables que la literatura les atribuye (Barquero & Chacón, 2022; Malavassi et al., 2023), sino que se ubicaron dentro de los rangos operativos habituales para leche destinada a procesamiento industrial. En este sentido, las diferencias que observamos entre especies resultan coherentes con su distinta naturaleza biológica y con perfiles composicionales típicamente divergentes, aunque comparables en términos de sus fracciones químicas y su distribución relativa (Bidot-Fernández, 2017).

En términos de rendimiento, los resultados muestran que, bajo las condiciones de manufactura empleadas, la sustitución de leche caprina por bovina no comprometió la eficiencia del proceso. Un mayor contenido de sólidos totales y el tipo mayoritario de caseínas presente está asociado con el rendimiento quesero (García, 2006; Rosas, 2005), lo cual, sin embargo, no parece estarse evidenciando en nuestros resultados.

Con relación al contenido de grasa, proteína y sal y agrado al día tres, encontramos una disminución del contenido de proteína conforme aumentó la proporción de leche bovina, lo que nos sugiere que la matriz caprina aportó una fracción proteica ligeramente mayor bajo las condiciones evaluadas. Un estudio costarricense (Chacón & Pineda, 2009) demostró que el queso tipo Crottin tiene un contenido de proteína de 12,0%, similar a los datos de nuestro estudio, y un contenido de grasa de 25,5%, mayor a lo obtenido en nuestro estudio, utilizando la misma raza caprina y con especímenes provenientes de la misma zona geográfica. Dadas estas semejanzas en el origen de la leche, concluimos que las diferencias en el contenido de grasa entre los dos estudios pueden estar relacionadas con variaciones en el proceso para obtener los quesos, incluyendo la temperatura de almacenamiento de la leche (Franceschi et al., 2023), el contenido de grasa de la leche (Strani et al., 2019), la agitación de la masa luego del corte de la cuajada (de Sousa Campos et al., 2020), la presión de homogeneización, y el pH y temperatura de coagulación (Kim et al., 2022).

Consideramos que las diferencias asociadas al lote en la grasa y la proteína del queso pueden relacionarse con cambios en la composición de la leche utilizada, ya que esta depende de factores externos como la dieta, sistema de ordeño, prácticas de manejo, temperatura, condiciones sanitarias; y factores intrínsecos como raza, genética, nivel de producción, estado fisiológico y lactancia (Salazar et al., 2023).

La relevancia atribuida al sabor y la textura en la escogencia del queso es consistente con la importancia de estos atributos, junto con el color, en la determinación de los estándares de calidad, compra y aceptación de este producto (Pineda, 2011).

Los conglomerados obtenidos para el agrado general nos mostraron que la sustitución de leche caprina por bovina no produjo una respuesta hedónica uniforme entre consumidores. Esto nos confirma la importancia de analizar estos productos por segmentos, más que únicamente mediante promedios generales. También se han descrito conglomerados de consumidores con perfiles diversos en su agrado por natillas preparadas con distintas proporciones de leches de cabra y de vaca (Álvarez et al., 2022).

Con relación al efecto del almacenamiento y del % de leche de vaca en el pH, % ATECAL, color y textura, concluimos que la ligera disminución del pH durante el almacenamiento puede relacionarse con la continuidad de la actividad acidificante en la matriz del queso. La baja magnitud del cambio, no obstante, puede interpretarse considerando la capacidad amortiguadora de la matriz láctea (Abdalla et al., 2022; Sánchez-Macías et al., 2010). Por otro lado, la humedad disminuyó, lo que asociamos con la evaporación superficial (Sánchez-Macías et al., 2010), la difusión por salado (Koranteng et al., 2021) y la sinéresis (Lepesioti et al., 2021). La acidificación, la pérdida de humedad

y la sinéresis pueden favorecer una mayor compactación de la matriz proteica, modificando con ello la respuesta estructural del producto y, particularmente, sus parámetros de dureza y elasticidad.

La menor ATECAL observada conforme aumentó la proporción de leche bovina puede atribuirse a la acidez inicial de la leche utilizada en la elaboración. La leche de cabra tiene una mayor acidez en comparación con la leche de vaca, lo que puede relacionarse con el menor tamaño de sus glóbulos grasos y la mayor susceptibilidad a la acción de lipasas y la consecuente liberación de ácidos grasos (Bidot-Fernández, 2017).

Valores de pH cercanos a 4,5 como los observados en el presente estudio, son característicos de quesos elaborados por coagulación ácida (Kilic et al., 2004). De manera similar, se han reportado valores entre 4,0 y 4,5 para queso Crottin de Chavignol (Kizilirmak et al., 2009). El bajo pH del queso se asocia, en gran medida, con la actividad de las bacterias ácido lácticas, cuyo crecimiento, proveniente de microbiota fermentativa heterogénea o de cultivos iniciadores, conduce a la producción de ácido láctico al fermentar la lactosa (Suhartanti & Septian, 2014). En el caso de la leche de cabra, su mayor aporte relativo de proteínas, grasa y minerales tiende a favorecer el desarrollo de acidez (Raynal-Ljutovac et al., 2005). En productos lácteos como dulce de leche y natilla, también se ha reportado que la acidez aumenta conforme se incrementa la proporción de leche caprina en la formulación (Álvarez et al., 2022; Chacón et al., 2013).

Las diferencias que hallamos entre los lotes de producción de queso para la grasa, la proteína, el pH, la humedad y el ATECAL estuvieron relacionadas, entre otros aspectos del proceso, con la composición de la leche utilizada en la elaboración de cada producto. Sin embargo, los valores de todos los lotes estuvieron dentro del rango informado para queso fresco de cabra turco y queso Crottin de Chavignol (Kilic et al., 2004; Kizilirmak et al., 2009).

Las diferencias observadas en las variables de color indican que la formulación del queso y el almacenamiento influyeron en la expresión cromática del producto. En particular, la interacción entre tiempo y tipo de queso para b* y C* sugiere que la evolución de las tonalidades amarillas y de la saturación del color dependió de la proporción de leche bovina incorporada.

El mayor brillo del queso elaborado con 100% de leche caprina y el desplazamiento de a* hacia valores positivos conforme aumentó la inclusión de leche bovina resultan consistentes con la mayor blancura y la tendencia hacia tonalidades verdosas descritas en productos elaborados con leche de cabra, comportamiento que suele asociarse con su menor contenido de carotenoides y, por ende, con una menor expresión de pigmentación amarillenta en la matriz láctea (Zeña et al., 2024). Durante el almacenamiento, la disminución de L* y el aumento de a* pueden relacionarse con la formación de productos de oscurecimiento relacionados con la presencia de galactosa, vía la reacción de Maillard (Adachi et al., 2020), por lo que el queso pierde brillantez y pasa a tener coloraciones menos verdosas. Este comportamiento permite inferir que la modificación cromática observada durante el almacenamiento no estuvo determinada únicamente por la proporción inicial de leche caprina o bovina presente en la formulación, sino que también pudo asociarse con transformaciones químicas progresivas de la matriz, las cuales habrían contribuido a disminuir la luminosidad y a desplazar la expresión del color hacia tonalidades con menor predominio verdoso. Las variaciones de L* y a* entre lotes se relacionan con la composición de las leches.

Los mayores valores de b* y C* que observamos al aumentar el contenido de leche de vaca los podemos explicar por su contenido de carotenoides (Zeña et al., 2024), en tanto que el aumento de estos parámetros en el tiempo en los quesos con leche de vaca en su composición se explica por la reacción de Maillard, al igual que los cambios observados en L* y a*. La fracción bovina pudo haber aportado una mayor reserva pigmentaria al inicio del proceso, condición que, durante el almacenamiento, habría favorecido una expresión cromática más intensa de dichos tonos, posiblemente asociada con fenómenos progresivos de oscurecimiento y amarilleamiento de la matriz. La disminución de b* y C* durante el almacenamiento del queso 100% leche de cabra

contrasta con reportes previos de aumento de b* durante el almacenamiento de queso artesanal de cabra con diferentes contenidos de grasa (Sánchez-Macías et al., 2010). En nuestro caso, este comportamiento podría explicarse porque el queso elaborado con 100% leche de cabra partió de una matriz cromáticamente más blanca, menos saturada y prácticamente desprovista de β-caroteno; en ese contexto, y ante la ausencia de una reserva pigmentaria bovina significativa, es posible que durante el almacenamiento ligeros procesos de desaturación superficial hayan predominado sobre los mecanismos normalmente asociados al amarilleamiento (Ferraz et al., 2024). El comportamiento del ángulo h° sugiere que las formulaciones se mantuvieron dentro del cuadrante amarillo, aunque la matriz caprina presentó una expresión amarillo-verdosa menos intensa por su baja saturación.

La textura de los quesos nos sugiere que la formulación influyó en la firmeza, la elasticidad, la cohesividad, la adhesividad y la masticabilidad de la matriz. Los quesos más duros generalmente son menos flexibles, y ambas propiedades están relacionadas con el contenido de humedad, ya que la dureza tiende a aumentar y la flexibilidad disminuye a medida que disminuye el contenido de humedad (Chacón & Pineda, 2009). En este contexto, la mayor dureza registrada en el queso elaborado exclusivamente con leche caprina podría interpretarse como la expresión de una matriz proteica con menor capacidad de deformación, mientras que la incorporación de leche bovina habría favorecido la formación de quesos comparativamente menos firmes y con una respuesta elástica más marcada. Cuando consideramos los bajos valores de dureza, elasticidad, cohesividad, y adhesividad exhibidos en general por los quesos que estudiamos, independientemente de la proporción de leche de vaca en la formulación, los podemos catalogar como quesos suaves, frágiles y quebradizos, con posibilidades de que ocurra colapso o desintegración estructural y que no se van a adherir al paladar cuando sean consumidos (González et al., 2018).

El aumento de la dureza durante el almacenamiento puede relacionarse con la pérdida de humedad (Tunick, 2023). Esto nos indica que los quesos se tornan más duros, pero más propensos a romperse y a ser más pegajosos al paladar. Las diferencias en textura que observamos entre lotes las podemos relacionar con el contenido de grasa y humedad (Sánchez-Macías et al., 2010), con las condiciones en que llevamos a cabo la coagulación (Kim et al., 2022) y con el tratamiento de la leche (Lepesioti et al., 2021). Las modificaciones texturales que notamos durante el almacenamiento parecen estar asociadas con un proceso combinado de pérdida de humedad, reorganización progresiva de la matriz proteica y cambios en la interacción entre agua, grasa y proteína, condiciones que en conjunto podrían explicar la evolución estructural del queso durante este periodo.

Entre las limitaciones del estudio debemos considerar que el panel sensorial estuvo conformado principalmente por consumidores jóvenes, en su mayoría estudiantes y profesionales, condición que limita la extrapolación de los patrones de agrado observados hacia otros segmentos de la población. De igual forma, aunque evaluamos variaciones fisicoquímicas, cromáticas y texturales durante el almacenamiento, no incluimos análisis microbiológicos ni una valoración prolongada de vida útil; por tanto, la estabilidad del producto debe interpretarse únicamente en función de las variables medidas y de los tiempos considerados en el estudio.

En conclusión, la sustitución parcial o total de leche caprina por leche bovina modificó de manera apreciable el perfil fisicoquímico, cromático, textural y sensorial del queso tipo Crottin, sin afectar negativamente el rendimiento ni los contenidos de grasa y sal. El incremento de la proporción bovina se relacionó con la obtención de quesos de menor firmeza y mayor elasticidad, mientras que la formulación elaborada exclusivamente con leche caprina conservó las características más próximas al producto tradicional. Desde una perspectiva hedónica, la segmentación de consumidores permitió evidenciar que la aceptabilidad del producto no responde a una formulación única, dado que el queso 100% caprino mantuvo una elevada aceptación en el grupo mayoritario, en tanto que la alternativa 100% bovina resultó más favorable para un segmento

específico. De este modo, los resultados permiten establecer que la sustitución total con leche bovina representa una alternativa tecnológicamente viable para diversificar la elaboración de queso tipo Crottin, aunque la formulación 50:50 debe ser objeto de optimización antes de considerarse como opción preferente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la EEAVM, al CITA y a la ETA de la UCR, cuyo apoyo material hizo posible concretar este estudio.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Los autores declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, estamos de acuerdo con la versión editada final del documento. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista. Contribución: AAR: recopilación y análisis de los datos; ACV y MLPC: diseño del estudio, así como en la recopilación y análisis de los datos y preparación del manuscrito.

REFERENCIAS

Abdalla, A., Abu-Jdayil, B., Alsereidi, H., Hamed, F., Kamal-Eldin, A., Huppertz, T., & Ayyash, M. (2022). Low-moisture part-skim mozzarella cheese made from blends of camel and bovine milk: Gross composition, proteolysis, functionality, microstructure, and rheological properties. *Journal of Dairy Science*, *105*(11), 8734-8749. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22144

Adachi, K., Igoshi, A., & Murata, M. (2020). Analyses of factors affecting the browning of model processed cheese during storage. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, *66*(4), 364-369. https://doi.org/10.3177/jnsv.66.364

Álvarez, M.L., Pineda, M.L., Chacón, A., & Cubero, E. (2022). Características fisicoquímicas y sensoriales de leches caprina y bovina enteras, descremadas y deslactosadas. *Agronomía Mesoamericana, 33*(2), 47039. https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47039

AOAC International. (2023). *Official methods of analysis of AOAC International* (G. W. Latimer Jr., Ed.; 22nd ed.). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001

Ávila, J.G., Carrillo, M.L., & Reyes, A. (2018). Modificación de la técnica volumétrica de Mohr para cuantificar sodio en queso fresco. *Revista de Simulación y Laboratorio, 5*(16), 1-4. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol5num16/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V5_N16_1.pdf

Barquero, L.M., & Chacón, A. (2022). Características fisicoquímicas y sensoriales de leches saborizadas elaboradas con leche caprina y bovina. *Agronomía Mesoamericana*, *33*(1), 46743. https://doi.org/10.15517/am.v33i1.46743

Bidot-Fernández, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal, 29*(2), 32–41. http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n2/rpa05217.pdf

Cámara Nacional de Productores de Leche. (2025, 8 de enero). *Ante la finalización del proceso de desgravación de los productos lácteos sensibles en el CAFTA* [Comunicado de prensa]. https://proleche.com/wp-content/uploads/2025/01/CP_CNPL_ante_la_finalizacion_desgravacion_CAFTA_IQV_8-1-241.pdf

Castillo, V.M., Cordero, M., & Chacón, A. (2026). Efecto de la transglutaminasa en las características de quesos frescos semiduros caprinos y bovinos. *Nutrición Animal Tropical, 20*(1), 1-33. https://doi.org/10.15517/6bxwfv04

Chacón, A., & Mora, D. (2017). Caracterización sectorial de la caprinocultura en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical, 11*(2), 23-60. https://doi.org/10.15517/nat.v11i2.31653

Chacón, A., & Pineda, M. (2009). Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo “Crottin de Chavignol”. *Agronomía Mesoamericana, 20*(2), 297-309. https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4946

Chacón, A., Pineda, M.L., & Méndez, S.G. (2013). Efecto de la proporción de leche bovina y caprina en las características del dulce de leche. *Agronomía Mesoamericana, 24*(1), 149-167. https://doi.org/10.15517/AM.V24I1.9792

de Sousa Campos, S. A., Assumpção, G. M. P., de Abreu, L. R., & Pinto, S. M. (2020). Yield of cheese type Camembert with addition of protein extenders with and without mass stirring. *Caderno de Ciências Agrárias*, *12*, 1-11. https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.15989

Ferraz, A. R., Pintado, C. S., & Serralheiro, M. L. (2024). A Global Review of Cheese Colour: Microbial Discolouration and Innovation Opportunities. *Dairy*, *5*(4), 768-785. https://doi.org/10.3390/dairy5040056

Franceschi, P., Formaggioni, P., Brasca, M., Natrella, G., Faccia, M., Malacarne, M., & Summer, A. (2023). Fatty acids composition and lipolysis of Parmigiano Reggiano PDO cheese: effect of the milk cooling temperature at the farm. *Animal Bioscience*, *36*(1), 132-143. https://doi.org/10.5713/ab.22.0080

García, B. (2006). *Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo HGO con el fin de proponer normas de calidad.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Repositorio institucional-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/506

González, M.L., Sánchez, H.C., Franco, F.M.J., Güemes, V.N., & Soto, S.S. (2018). Physical, chemical and texture characteristics of Aro cheese. *Food Research, 2*(1), 61-67. https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(1).211

Huanca, G., Quiroga, B.M., & Ticona, O.R. (2023). Evaluación fisicoquímica y sensorial del helado con tres niveles de yogurt y suero de leche bovina. *Cibum Scientia, 2*(2), 7-16. https://doi.org/10.53287/jzki7577nt34b

Kilic, S., Uysal, H., Kavas, G., Akbulut, N., & Kesenkas, H. (2004). Manufacture and some properties of Turkish fresh goat cheese. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *7*(6), 1037–1039. https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1037.1039

Kim, J., Watkinson, P., Lad, M., Matia-Merino, L., Smith, J. R., & Golding, M. (2022). Effect of process and formulation variables on the structural and physical properties in cream cheese using GDL acidulant. *Food Biophysics*, *17*(2), 273-287. https://doi.org/10.1007/s11483-022-09719-w

Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (2004). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. Compañía Editorial Continental. Colombia.

Kizilirmak, O., Balkir, P., Seckin, A., & Irkin, R. (2009). The effect of modified atmosphere and vacuum packaging on the physicochemical, microbiological, sensory and textural properties of Crottin de Chavignol cheese. *Food Science and Technology Research*, *15*(4), 367-376. https://doi.org/10.3136/fstr.15.367

Koranteng, B. A., Awodoyin, O. R., Adediran, A. O., & Omojola, A. B. (2021). Physicochemical and sensory characteristics of soft cheese as affected by different salt levels. *Nigerian Journal of Animal Production*, *48*(5), 124-134. https://doi.org/10.51791/njap.v48i5.3193

Lepesioti, S., Zoidou, E., Lioliou, D., Moschopoulou, E., & Moatsou, G. (2021). Quark-type cheese: Effect of fat content, homogenization, and heat treatment of cheese milk. *Foods*, *10*(1), 184. https://doi.org/10.3390/foods10010184

Malavassi, P., Chacón, A., Víquez, D., & Cordero, M. (2023). Características fisicoquímicas y sensoriales del dulce de leche caprino con inclusión de amaretto. *Agronomía Mesoamericana, 34*(2), 51879. https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51879

Maynard, M. (2019). *Evaluación del efecto de la reducción del contenido de sodio proveniente de la sal (NaCl) sobre la aceptación sensorial de papas tostadas, en un contexto industrial.* [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional-UCR. https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/handle/123456789/11009

Patel, K.J., & Boghra, V.R. (2018). Modifications in Richmond formula for calculating Solids-not-fat/Total solids percent in cows' milk in Gujarat State. *Asian Journal of Dairy and Food Research, 37*(4), 278-282. https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1312

Pineda, J. (2011). *Producción y estudio para la comercialización de queso semimaduro de cabra ahumado en el cantón Ibarra provincia de Imbabura*. [Tesis de Grado, Universidad de las Américas]. Repositorio Institucional de la Universidad de Las Américas. http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/745

Raynal-Ljutovac, K., Gaborit, P., & Lauret, A. (2005). The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Ruminant Research*, *60*(1–2), 167–177. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.010

Rosas, B. (2005). *Relación entre producción de leche, su composición química y rendimiento en la elaboración de queso en cabras lecheras.* [Tesis de Posgrado, Universidad de Colima]. Repositorio Biblioteca Virtual de la Universidad de Colima. https://bvirtual.ucol.mx/consultaxcategoria.php?autor=992&categoria=3&id=5847

Salazar, M.N., Pichardo, C., & Blandón, E.J. (2023). Características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de vaca producida en la finca Las Mercedes, Managua, Nicaragua. *La Calera, 23*(40), 77-83. https://doi.org/10.5377/calera.v23i40.16348

Sánchez-Macías, D., Fresno, M., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-de la Nuez, A., Álvarez, S., & Argüello, A. (2010). Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese. *Journal of Dairy Science, 93*(9), 3950–3956. https://doi.org/10.3168/jds.2010-3193

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. (2025, 31 de marzo). *Metodología: estimación de la producción de leche en Costa Rica. Período 2017–2024 (SEPSA-INF-2025-006).* Ministerio de Agricultura y Ganadería. https://infoagro.go.cr/wp-content/uploads/2025/04/SEPSA-INF-2025-006_Estimacion_Produccion_Leche_CR_2025.pdf

Strani, L., Grassi, S., Casiraghi, E., Alamprese, C., & Marini, F. (2019). Milk renneting: study of process factor influences by FT-NIR spectroscopy and chemometrics. *Food and Bioprocess Technology*, *12*(6), 954-963. https://doi.org/10.1007/s11947-019-02266-2

Suhartanti, D., & Septian, R. (2014). Comparison of the antibacterial activity of cow milk kefir and goat milk kefir against bacteria Bacillus cereus. *Disease Prevention and Public Health Journal, 8*(2), 71-76. https://doi.org/10.12928/kesmas.v8i2.1030

Tunick, M.H. (2023). Cheese Rheology and Texture. En M. H. Tunick (Ed.), *Handbook of Cheese Chemistry* (pp. 202-222). The Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/BK9781839169908-00202

van Neerven, R. J. J., & Savelkoul, H. F. J. (2019). The two faces of cow's milk and allergy: Induction of cow's milk allergy vs. prevention of asthma. *Nutrients, 11*(8), 1945. https://doi.org/10.3390/nu11081945

Yu, M., Li, B., Hong, T., Li, Z., Ru, X., Bian, W., Zhu, W., Chen, L., & Han, J. (2024). Advancements in nutritional composition of milk and species identification. *Food Quality and Safety, 8*, fyae039. https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyae039

Zeña, E.N., Huamanchay, A.V., Balladares, A.D., Guadalupe-Sifuentes de Posadas, L. F., & Arias, G.C. (2024). Leche de cabra (*Capra aegagrus hircus*): una revisión de su valor nutricional, actividades biológicas, tratamiento térmico y productos alimenticios derivados. *Perspectivas en nutrición humana, 25*(2), 177-192. https://doi.org/10.17533/udea.penh.v25n2a06