



Características fisicoquímicas y sensoriales de leches caprina y bovina enteras, descremadas y deslactosadas¹

Physicochemical and sensory characteristics of whole, skimmed and lactose-free goat and bovine milks

María Laura Álvarez-Figueroa², María Lourdes Pineda-Castro³, Alejandro Chacón-Villalobos⁴,
Elba Cubero-Castillo³

¹ Recepción: 20 de mayo, 2021. Aceptación: 10 de septiembre, 2021. Este trabajo formó parte de proyecto de graduación presentado para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, Universidad de Costa Rica.

² Nutrisol-Vite, Cartago, Costa Rica. laura.alvarezf@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-4549-684X>).

³ Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José, Costa Rica. maria.pinedacastro@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-4841-2955>), elba.cubero@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-4769-8536>).

⁴ Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. alejandro.chacon@ucr.ac.cr (autor para la correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-8454-9505>).

Resumen

Introducción. La caracterización y diversificación de los productos lácteos caprinos es muy importante para fortalecer a este incipiente sector productivo. **Objetivo.** Comparar las características fisicoquímicas y sensoriales de leches bovinas y caprinas enteras, descremadas y deslactosadas, así como de sus combinaciones. **Materiales y métodos.** En San José, Costa Rica, entre enero y diciembre del 2015 se evaluaron los contenidos de grasa (G), sólidos no grasos (SNG), acidez, proteína, densidad, pH, viscosidad y color de los tipos de leches citadas. Además, se efectuó un análisis sensorial descriptivo genérico y pruebas de agrado general. **Resultados.** La leche caprina entera presentó valores mayores de SNG, densidad y acidez, y menor pH, fue más blanca que la bovina y con una viscosidad similar. El proceso de deslactosado no afectó la viscosidad. Este factor interactuó con el tipo de leche, pero ninguno afectó los contenidos de grasa y proteína. Existió una interacción entre el tipo de leche y las modificaciones aplicadas para los parámetros de color. Los panelistas detectaron diferencias significativas para todos los atributos en los productos con excepción del aroma a ácido. Se estableció la presencia de tres conglomerados para la prueba de agrado compuestos por el 37,4 %, 28,8 % y 34,5 % de los jueces. El primero y segundo presentaron una preferencia por la leche entera y entera-deslactosada de vaca y, el tercero, por leche de cabra entera y entera-deslactosada de vaca y de cabra. El menor agrado general fue para las muestras tanto descremadas como deslactosadas bovinas y caprinas. **Conclusiones.** Los procesos de deslactosado y descremado modificaron la leche a nivel fisicoquímico, las leches de cabra con mayor agrado fueron las enteras y enteras-deslactosadas; el menor agrado general fue por las leches descremadas-deslactosadas en ambas especies.

Palabras claves: leche de cabra, leche de vaca, desnatado, lactosa, análisis de percepción.



Abstract

Introduction. The characterization and diversification of goat dairy products is very important to strengthen this incipient productive sector. **Objective.** To compare the physicochemical and sensory characteristics of whole, skimmed and lactose-free cow and goat milks, as well as their combinations. **Materials and methods.** In San Jose, Costa Rica, between January and December of 2015, the contents of fat (F), non-fatty solids (NFS), acidity, protein, density, pH, viscosity, and color of the types of milk mentioned were evaluated. Also, a generic descriptive sensory analysis and a general liking test were carried out. **Results.** Whole goat milk presented higher values of NFS, density and acidity, and lower pH, being whiter than bovine milk, with a similar viscosity. The removal of lactose did not affect viscosity; this factor interacted with the type of milk, but did not affect the fat and protein contents. There was an interaction between the type of milk and the modifications made for the color parameters. The panelists detected significant differences for all the attributes in the products except for the acid aroma. The presence of three clusters was established for the liking test, composed by 37.4 %, 28.8 %, and 34.5 % of the judges. The first and second showed a preference for whole and whole lactose-free cow's milk and the third for whole and whole-lactose-free cow's and goat's milk. The lowest overall liking was for both skimmed and lactose-free bovine and goat samples. **Conclusions.** The skimming and lactose removal process modified the milk at the physicochemical level, the goat milks with the highest liking were whole and whole lactose-free; the lowest overall liking was for those skimmed-lactose-free in both species.

Keywords: goat milk, cow milk, skimming, lactose, perception analysis.

Introducción

La leche de cabra es un alimento fundamental para muchas culturas, en las que se consume y comercializa, por lo general, como un producto fluido (Chacón-Villalobos et al., 2008; Impastato-Planelles, 2015). Se destaca por ser poseedora de muchas propiedades nutracéuticas sobresalientes al compararse con la leche de vaca, entre ellas, una mejor digestibilidad, un menor contenido de lactosa, menor alergenicidad y un contenido alto de minerales como el calcio (Bidot-Fernández, 2017; Kumar et al., 2016), vitaminas, y proteínas de alto valor biológico (Chacón-Villalobos, 2004; Raynal-Ljutovac et al., 2008; Rodrigues et al., 2014).

La grasa láctea caprina tiene un menor tamaño de glóbulos grasos y una alta proporción de β -caseína, que suele migrar desde el interior de las micelas al medio acuoso durante el almacenamiento en frío, factores que aumentan su susceptibilidad a la hidrólisis, que hace que presente una mayor acidez con respecto a la leche bovina (Broyard & Gaucheron, 2015; Corredig et al., 2019). Sin embargo, es portadora de fitoesteroles y contiene ácidos grasos de cadena mediana poli y monoinsaturados, como los ácidos grasos omega 3 y ácido linoleico conjugado (CLA, por sus siglas en inglés), los cuales se asocian con una reducción de la grasa corporal, protección contra enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Claps et al., 2017; Rodrigues et al., 2014; Silanikove et al., 2010). Aunque se acepta que el contenido de grasa y proteína en la leche de cabra es similar al de otros rumiantes (Getaneh et al., 2016; Tatar et al., 2015), existen estudios que reportan porcentajes de grasa superiores y contenidos menores a los de la leche de vaca (Yadav et al., 2016). La diversidad de resultados relacionados con el contenido de proteína en la leche caprina, se justifican por la falta de estandarización de los métodos de análisis utilizados y por las diferencias entre animales de una misma raza. Mientras que las variaciones en la grasa se acreditan a las diferencias entre razas, a la cantidad y calidad de alimento, la genética y al ciclo productivo (Getaneh et al., 2016). No obstante, esta leche se considera apropiada para tratar problemas de acidez, úlcera estomacal, enterocolitis y otros desórdenes gastrointestinales (Ribeiro & Ribeiro, 2010).

La leche íntegra de cabra posee adecuadas características sensoriales (Chacón-Villalobos, 2010), así como una mayor densidad, debido a una alta cantidad de sólidos no grasos (Chacón-Villalobos et al., 2016; Sanz-Ceballos et al., 2009). Esta leche sólo presenta alteración cuando el manejo favorece el deterioro oxidativo de la fracción grasa y la absorción de aromas del medio ambiente (Bidot-Fernández, 2017; Kumar et al., 2016). Su color es provocado por la dispersión y absorción de la luz en los glóbulos de grasa y las micelas de caseína (Belitz et al., 2012; Zavala-Pope, 2005). Por ello, en cuanto a productos procesados se refiere, mucho del rechazo que puede existir deriva de una mala expectativa y de la neofobia alimentaria (Chacón-Villalobos et al., 2008; Vargas-Aguilar et al., 2007).

La industria láctea es una de las actividades agroindustriales más representativas y dinámicas, no sólo en Costa Rica, sino en Latinoamérica en general (Chacón-Villalobos & Mora-Valverde, 2019). La misma se caracteriza por procesar y comercializar, en su vasta mayoría, leche de vaca (Corrales-Umaña & Chacón-Villalobos, 2005; Rojas-Castro et al., 2006; Vargas-Aguilar et al., 2007). La industria de la leche caprina suele estar supeditada a pequeñas plantas procesadoras con poca tecnificación y con limitada diversificación (Corrales-Umaña & Chacón-Villalobos, 2005). Prejuicios sensoriales y culturales que motivan el rechazo a su consumo (Chacón-Villalobos, 2005), el desconocimiento (Chacón-Villalobos et al., 2008), así como la poca disponibilidad y la variable calidad del producto (Vargas-Aguilar et al., 2007), han influido en que la leche de cabra y sus derivados tengan un nicho comercial reducido. Se considera que los costarricenses son consumidores de lácteos, lo cual posiciona al país como el mayor consumidor de los países con alto consumo de estos productos en Latinoamérica (Benavides-Moraga & Alpízar-Herrera, 2020; Muñoz & Zamora, 2013).

Las leches de vaca y cabra son diferentes, lo que ha motivado esfuerzos de investigación en la Universidad de Costa Rica orientados a la caracterización, diversificación y mejoramiento de productos derivados de la leche caprina, tales como el yogurt batido (Rojas-Castro et al., 2006), queso fresco (Corrales-Umaña, 2004), queso tipo Crotting de Sauvignol (Chacón-Villalobos & Pineda-Castro, 2009), helados emulsificados (Jiménez-Goebel, 2011) y dulce de leche (Chacón-Villalobos et al., 2013).

El descremado y el deslactosado de la leche de cabra podrían representar opciones para diversificar este producto (Olivares et al., 2003). Un 75 % de la población adulta del mundo (alrededor de un 60 % en Latinoamérica) tiene una capacidad limitada para digerir la lactosa, por lo que la degradación enzimática de este disacárido es una estrategia competitiva de valor agregado (Hidalgo-Ardón et al., 2004).

Estudios realizados en yogurt y dulce de leche muestran cómo la leche de cabra puede presentar diferencias con respecto a la leche de vaca cuando se industrializa, no sólo en términos de las características técnicas del producto final, sino también en la respuesta sensorial (Chacón-Villalobos et al., 2013; Rojas-Castro et al., 2006). Esto motiva a evaluar si se traslada a las características fisicoquímicas y sensoriales de otros productos, como el descremado y deslactosado de la leche. Con este propósito pueden emplearse no sólo estudios de laboratorio, sino también técnicas de análisis sensorial descriptivo, como el mapeo de preferencias, para comprender el papel que la apariencia, olor, sabor y textura juegan en los productos lácteos, cómo estos se distinguen según diferentes descriptores sensoriales (Shepard et al., 2013) y cuál es su efecto sobre el agrado por parte del consumidor (Lawless & Heyman, 2010).

El objetivo de este trabajo fue comparar las características fisicoquímicas y sensoriales de leches bovinas y caprinas enteras, descremadas y deslactosadas, así como de sus combinaciones.

Materiales y métodos

Localización

La obtención y evaluación inicial de la calidad de la leche entera de cabra y de vaca, se realizó entre enero y diciembre del 2015 en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata (EEAVM), Universidad de Costa Rica, localizada en Ochomogo, Cartago, Costa Rica, que cuenta con una precipitación media anual de 2050 mm, altura de 1542 m.s.n.m., humedad relativa de 84 % y temperatura media de 19,5 °C. Esta estación posee hatos caprinos Lamancha y bovinos Jersey libres de enfermedades infectocontagiosas. Las prácticas de ordeño automatizado existentes y el mantenimiento de una cadena de frío (4 °C), garantizaron la inocuidad de ambos productos.

Los análisis fisicoquímicos y el procesamiento de la leche bajo cadena de frío tomaron lugar en el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), mientras que los análisis sensoriales se realizaron en la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), ambas ubicadas en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, en San Pedro de Motes de Oca, provincia de San José.

Proceso de transformación de la leche

La leche fresca caprina y bovina provino de cuatro lotes diferentes de 20 L cada uno, obtenidos a partir de ordeños con dos semanas de separación. Estos se recolectaron en contenedores de aluminio sanitizados con antelación, y se trasladaron en refrigeración a 4 °C (Chacón-Villalobos, 2004) a las instalaciones del CITA, localizadas a 14 km de distancia. A su llegada, las leches se pasteurizaron de manera inmediata, por medio de un proceso de largo tiempo y baja temperatura (30 min / 65 °C) con posterior choque térmico hasta 40 °C (Chacón-Villalobos, 2004).

A partir de las muestras pasteurizadas, se tomaron 10 L de cada tipo de leche y se sometieron a un descremado mecánico por centrifugación a 1700 rpm, con una descremadora Alfa-Laval (modelo 2a AE).

Para obtener las muestras deslactosadas, se tomaron 5 L por lote de leche pasteurizada de cabra y de vaca que se trataron con la enzima β -galactosidasa, marca CHR Hansen, por 24 h a 4 °C, con una concentración de 1000 unidades neutras por litro, estimándose un 80 % de hidrólisis (CHR Hansen Holding A/S, 2005). Por medio de cromatografía líquida de alta resolución con detector de índice de refracción (HPLC), se corroboró la eficacia de la acción enzimática en el primer lote. Para ello, se compararon los tiempos de retención de patrones comerciales de lactosa, glucosa y galactosa, con los tiempos de retención de muestras de leche entera, entera-deslactosada y descremada-deslactosada.

Los tratamientos establecidos para el presente ensayo fueron de leches: a) entera pasteurizada bovina (LVE), b) entera pasteurizada caprina (LCE), c) entera-deslactosada caprina (LCED), d) entera-deslactosada bovina (LVED), e) descremada caprina (LCD), f) descremada bovina (LVD), g) descremada-deslactosada caprina (LCDD) y h) descremada-deslactosada bovina (LVDD).

A partir de las muestras de leche pasteurizadas y deslactosadas de cada especie, se tomaron 5 L y se sometieron al proceso de descremado y se obtuvieron las muestras de LCDD y LVDD.

Caracterización física y química de las muestras de leche caprina y bovina

Para evaluar la composición de las leches caprinas y bovinas íntegras, descremadas, deslactosadas y descremadas-deslactosadas, se extrajeron de forma aleatoria, submuestras lácteas. Se midieron de manera instrumental los sólidos grasos, sólidos no grasos, proteína y densidad de las muestras de leche con un analizador ultrasónico Ekomilk, modelo MILKANA KAM98-2^a (Bulteh 2000 Ltd., 2011). Se determinó, con base en las

recomendaciones de Horwitz & Latimer (2010), el pH por potenciometría, acidez de la leche por titulación con NaOH 0,1 N, y viscosidad con un viscosímetro de Ostwald.

Se realizó una medición del color en la escala cartesiana de CIELab y la polar CIELCh con un colorímetro Hunterlab, modelo Colourflex, con un ángulo del observador de 10°, iluminante D65 y geometría 45°/0°, se calibró con patrones blanco y negro, y se verificó con un patrón verde (Hunterlab, 2013). La medición colorimétrica se expresó como un vector tridimensional, en el cual el eje perpendicular denota la luminosidad (L^*), mientras que los ejes en el plano, a^* y b^* , representan los componentes cromáticos rojo/verde y amarillo/azul, en ese orden. El componente a^* va de verde (valores negativos) a rojo (valores positivos), mientras que el b^* va de azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos) (MacDougall, 2002). La intensidad del color (saturación) se estableció por medio del parámetro de cromaticidad (C^*), mientras que el matiz o tono (h°) correspondió al ángulo de giro derivado de los valores a^* y b^* , en el cual un ángulo de 0° representa el color rojo, 90° corresponde al color amarillo, 180° al verde y 270° al azul (Cordero-García, 2010).

Análisis sensorial

Se efectuó un panel con diez evaluadores que trabajaron en forma grupal y que fueron entrenados en tres etapas (Lawless & Heymann, 2010): en una primera etapa los panelistas generaron un vocabulario estandarizado, que describió las diferencias sensoriales entre las muestras que se utilizaron, como anclaje para fijar los términos descriptivos para los atributos de sabor, aroma, dulzor y sensación en la boca. En una segunda etapa, estas personas fueron expuestas a los estándares elegidos por ellos mismos, con el fin de corroborar y corregir su coincidencia con los descriptores desarrollados (alineación de términos de los descriptores). En la tercera se estableció la reproducibilidad de los jueces al evaluar la consistencia de los términos en la comprensión de los atributos sensoriales. Al final del entrenamiento, se valoró la consistencia de los jueces al evaluar muestras modelo por duplicado con las escalas y atributos elegidos.

Los productos lácteos y demás utilizados como estándares, se adquirieron como productos comerciales procesados en supermercados, con excepción de la leche fresca, que se obtuvo de un productor de la zona.

Al evaluar las muestras, se empleó una escala no estructurada lineal con rótulos al inicio y al final, correspondientes a la intensidad de los descriptores de cada atributo a evaluar. Los productos fueron evaluados por triplicado, en dos bloques de cuatro y uno de tres muestras, con un máximo de dos bloques por día, uno en la mañana y otro en la tarde; se llevó a cabo un total de nueve sesiones para la valoración final. La evaluación de las muestras en una misma sesión se hizo en forma monádica y se solicitó a los panelistas esperar quince segundos entre la valoración de una muestra y otra para evitar la adaptación, el acarreamiento y la fatiga. La recolección de los datos se realizó con el software FIZZ (V.2.10c, Biosystemes, Francia).

La aceptación de los diferentes tratamientos se evaluó por medio de un panel con 105 personas consumidoras de leche. Se empleó una escala híbrida, según lo sugieren Villanueva et al. (2005). Las muestras se rotularon con números de tres dígitos escogidos al azar y se presentaron de forma aleatoria a cada participante, en bloques de 4, 4 y 3 muestras, en una misma sesión.

Diseño experimental y evaluación estadística

Se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo factorial 2 x 4, en el cual los factores que se evaluaron fueron: el tipo de leche a dos niveles (cabra y vaca) y la modificación de la leche a aplicar a cuatro niveles: entera (control), entera-deslactosada, descremada y descremada-deslactosada; resultando en un total de ocho tratamientos. Se utilizaron tres lotes de cada tratamiento del diseño, que correspondieron a los bloques. Las variables de respuesta fueron los parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

Con los resultados obtenidos de cada una de las variables fisicoquímicas se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con interacciones (tipo de leche*modificación), para determinar diferencias significativas entre los niveles de los factores. Cuando no se dio interacción y existieron diferencias significativas, se empleó la prueba de Tukey para establecer la naturaleza de dichas diferencias. Cuando existieron interacciones, su comportamiento se evaluó de manera gráfica y con la aplicación de una prueba de comparación de medias de Tukey para los ocho tratamientos (LVE, LCE, LVED, LCED, LVD, LCD, LVDD y LCDD). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete JMP (V.4.0.4, SAS Institute).

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de cada atributo sensorial del análisis descriptivo genérico. En caso de existir diferencias entre los productos, se realizó la prueba de comparación de medias de Fisher LSD. Para analizar las pruebas de aceptación, se efectuó un análisis de conglomerados (“clusters”), seguido de un ANDEVA de los productos para cada conglomerado y una prueba de Tukey. Con la finalidad de determinar la relación existente entre los distintos descriptores de las leches, se hizo un análisis de componentes principales. Los análisis estadísticos de las pruebas sensoriales se realizaron con el complemento XLSTAT (V.6.03, Addinsoft) del paquete de EXCEL.

Resultados

Características fisicoquímicas de las leches crudas

Los parámetros fisicoquímicos de las leches crudas de cabra y de vaca utilizados en este estudio se muestran en el Cuadro 1. Los contenidos de grasa (G), sólidos no grasos (SNG), acidez, densidad y el color verdoso (mayor

Cuadro 1. Características fisicoquímicas promedio de las leches crudas de cabra y de vaca. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) y Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2019.

Table 1. Average physicochemical characteristics of goat and cow raw milks. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) and Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 2019.

Parámetro evaluado	Tipo de leche			
	Caprina	DE	Bovina	DE
Grasa	5,8 %	0,4	4,5 %	0,5
Proteína	2,6 %	0,1	3,0 %	0,1
Sólidos no grasos	8,6 %	0,1	7,7 %	0,3
Acidez (ácido láctico)	0,15 %	0,01	0,12 %	0,03
pH	6,5	0,1	6,64	0,05
Viscosidad (mPa s)	2,30	0,04	2,4	0,2
Densidad (kg m ⁻³)	1026,6	0,9	1024,3	0,9
Color:				
L*	92	1	90	2
a*	-3,4	0,6	-2	1
b*	9,1	0,3	11,2	0,6
C*	9,7	0,4	11,5	0,5
h°	110	3	101	5

DE: desviación estándar. / DE: standard deviation.

valor de a* hacia el cuadrante verde) son mayores en la leche caprina, mientras que el contenido de proteína, el pH, b*, C* y h° fueron mayores en la leche bovina. No hubo diferencias en viscosidad y luminosidad entre los dos tipos de leche.

Variación de las características fisicoquímicas

Por medio del análisis estadístico (ANDEVA) se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,0001$, $gl=1$) entre los tipos de leche procesadas para todos los parámetros estudiados, excepto proteína, viscosidad, b*, C* y h°. También hubo diferencias entre las modificaciones efectuadas para todos los parámetros ($p < 0,0001$, $gl=3$), y la interacción tipo de leche*modificación fue significativa para grasa, proteína, a*, b*, C* y h° ($p < 0,05$, $gl=3$).

Al comparar la composición de las leches descremadas y deslactosadas de ambas especies con las leches enteras (Cuadro 1), se observó un efecto de los procesos de pasteurización en conjunto con las modificaciones. Los valores de acidez, densidad y SNG de ambos tipos de leche aumentaron con los procesos, mientras que el pH disminuyó.

La leche de cabra procesada mostró valores de SNG, densidad, acidez y L* superiores y menor pH que los de leche de vaca sometida al mismo tratamiento ($p < 0,05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedio para los parámetros fisicoquímicos de sólidos no grasos, densidad, pH y acidez para las leches caprina y bovina a partir de las cuales se generaron las diferentes muestras experimentales. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Table 2. Average values for the physicochemical parameters such as non-fatty solids (SNG), density, pH, and acidity for goat and bovine milks from which the different experimental samples were generated. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2019.

Tipo de leche	Media				
	SNG (%)	Densidad (kg m ⁻³)	pH	Acidez (%)	L*
Leche de cabra	9,58 ^a	1033,0 ^a	6,32 ^b	0,17 ^a	90,14 ^a
Leche de vaca	8,91 ^b	1031,3 ^b	6,50 ^a	0,13 ^b	87,67 ^b

SNG: sólidos no grasos (SNG). Letras diferentes en la misma columna indican que hay diferencias significativas ($p < 0,0001$). / SNG: non-fat solids. Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0,0001$).

El deslactosado y el descremado, cada uno por su parte, aumentaron de manera significativa ($p \leq 0,05$) los SNG y la densidad, y la combinación de ambos procesos potenció este efecto. El pH disminuyó y la acidez aumentó cuando se combinaron el deslactosado con el descremado. También se observó relación entre los SNG y la densidad, y entre la acidez y el pH. Las dos modificaciones que incluyeron descremado generaron disminución de la viscosidad y de la luminosidad en las leches procesadas. No se evidenció un efecto del deslactosado sobre el pH, acidez, viscosidad y L* de las leches (Cuadro 3).

El contenido de grasa de la leche de vaca entera y en las leches descremadas de ambas especies fue inferior a la leche entera de cabra. El proceso de deslactosado no provocó efecto sobre el contenido de grasa en ningún caso (Figura 1).

En general, se observó un aumento de la proteína cuando se aplicó algún tipo de modificación (deslactosado y/o descremado), dicho efecto fue significativamente más pronunciado en la leche de cabra ($p \leq 0,05$) (Figura 1).

En cada tipo de leche, el contenido de proteína y grasa y las coordenadas de color a*, b*, C* y h° resultaron afectadas en forma diferente ($p \leq 0,05$) por las modificaciones del proceso (Cuadro 2, Cuadro 3, Figura 1 y Figura 2).

Cuadro 3. Valores promedio de las leches caprina y bovina para los parámetros fisicoquímicos de sólidos no grasos, densidad, pH y acidez de las leches pasteurizadas con diferentes modificaciones y resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Table 3. Average values of goat and bovine milks for the physicochemical parameters such as non-fat solids, density, pH, and acidity of pasteurized milk with different modifications, and results of Tukey's multiple comparison test. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Modificaciones	Media					
	SNG (%)	Densidad (kg m ⁻³)	pH	Acidez (%)	Viscosidad (mPa s)	L*
Entera	8,14 ^c	1025,5 ^d	6,57 ^a	0,13 ^b	2,35 ^a	91,25 ^a
Entera-deslactosada	9,05 ^b	1029,2 ^c	6,45 ^a	0,15 ^{ab}	2,31 ^a	91,59 ^a
Descremada	9,49 ^b	1035,1 ^b	6,48 ^a	0,14 ^b	1,75 ^b	86,19 ^b
Descremada-deslactosada	10,29 ^a	1038,8 ^a	6,14 ^b	0,18 ^a	1,72 ^b	86,59 ^b

SNG: sólidos no grasos (SNG). Letras diferentes en la misma columna indican que hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$). / SNG: non-fat solids. Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0,05$).

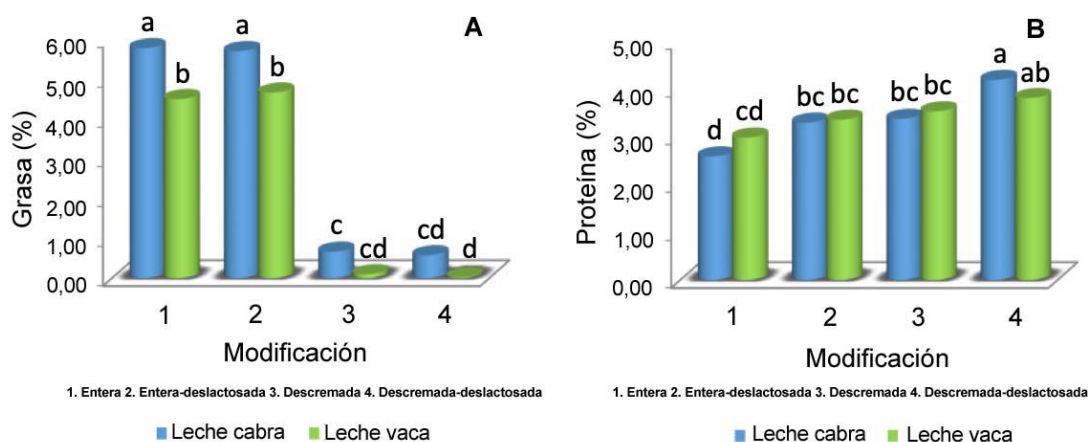


Figura 1. Representación gráfica de los porcentajes de grasa (A) y de proteína (B) en función de todas las modificaciones aplicadas a las leches caprina y bovina, y resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Figure 1. Graphic representation of the percentages of fat (A) and protein (B) as a function of all the modifications applied to goat and bovine milks, and results of the Tukey's multiple comparison test. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Different letters indicate significant differences ($p \leq 0,05$).

El descremado produjo una disminución del valor de a^* hacia coloraciones más verdosas (valores de a^* más negativos). Este efecto fue más pronunciado en la leche vacuna, en comparación con la caprina, la cual pasó de valores de a^* menos negativos que la leche caprina, cuando las leches estaban enteras, a valores más negativos cuando las leches estaban descremadas. Por su parte, el deslactosado no tuvo efecto sobre el parámetro a^* de color de las leches de ambas especies sometidas a los diversos tratamientos (Figura 2).

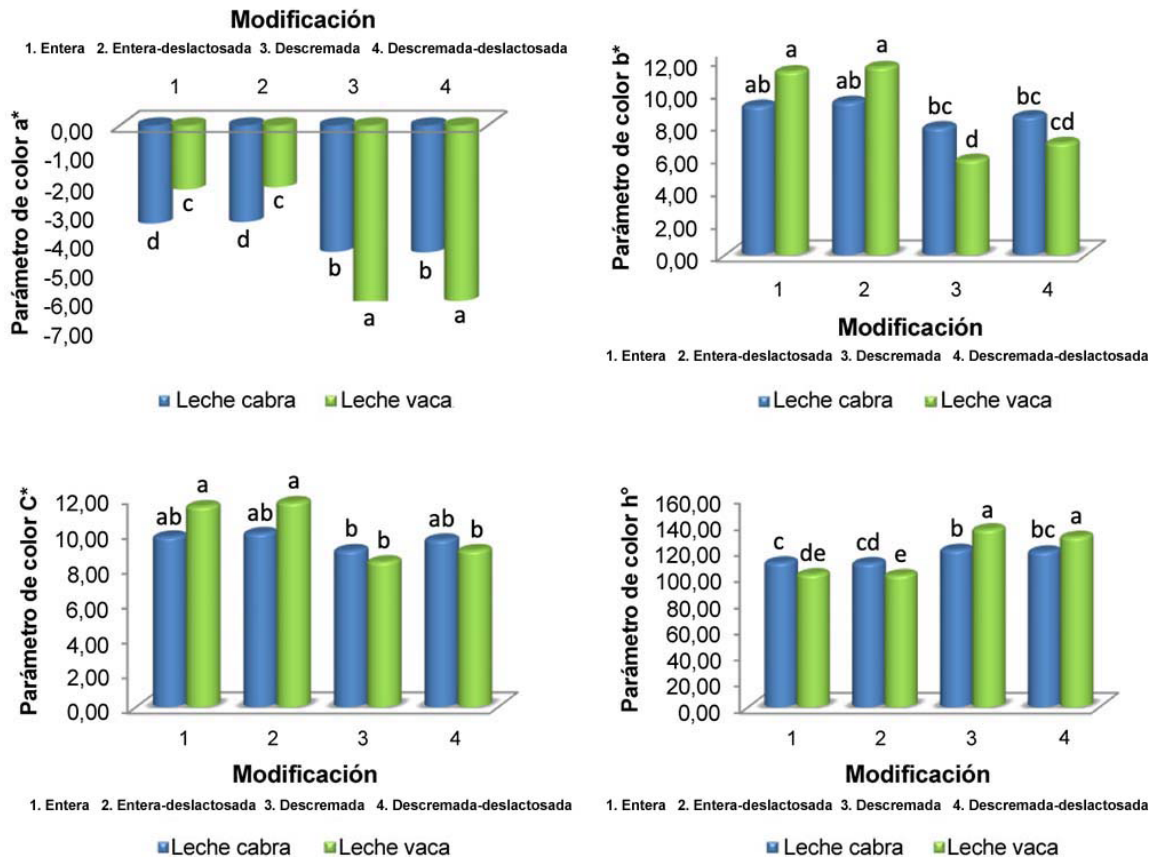


Figura 2. Parámetros de color a*, b*, C* y h° en función de las modificaciones aplicadas a las leches caprina y bovina, y resultado de la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Figure 2. Color parameters a*, b*, C*, and h° according to the modifications applied to goat and bovine milks, and results of the Tukey's multiple comparison test. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Different letters indicate significant differences ($p \leq 0,05$).

Para los parámetros b* y c*, en general, el descremado ocasionó una reducción de los valores, lo que implicó muestras menos amarillas y saturadas, mientras que el deslactosado no tuvo efecto sobre estos parámetros. Al igual que con el parámetro a*, el efecto del descremado sobre el parámetro b* resultó más pronunciado en las muestras de leche de vaca, en estas leches se presentaron valores superiores de b* que los de las leches de cabra enteras, y valores inferiores de b*, en comparación con los de las leches de cabra descremadas (Figura 2).

En el caso del ángulo h°, el descremado ocasionó un aumento que implicó coloraciones más amarillo-verdosas. Las leches enteras presentaron valores más cercanos a los 90°, menores a los de las leches descremadas, que exhibieron valores entre 118° y 135°. El efecto del descremado fue más pronunciado para la leche vacuna que para la caprina y no hubo efecto del deslactosado en ninguno de los dos tipos de leche (Figura 2).

En resumen, las leches descremadas presentaron valores negativos de a* mayores, valores positivos de b* menores y ángulos h° mayores de 90°, lo que indica que su coloración tiende al verde. En contraposición, en las leches enteras predominaron coloraciones más tendientes al amarillo, debido a que tuvieron valores de a* más cercanos a cero, mayores valores de b* y ángulos h° cercanos a 90°.

Evaluaciones sensoriales de las leches enteras y modificadas

En el análisis descriptivo genérico de las muestras de leche procesadas (QDA) los jueces generaron un total de diez descriptores, donde cuatro fueron para el sabor y dos para cada una de las categorías de apariencia, aroma y sensación en boca. Las definiciones generadas se muestran en el Cuadro 4, según atributo, además de los estándares utilizados como anclas inferior y superior de los descriptores, con el fin de homogenizar el criterio de evaluación.

Cuadro 4. Atributos, definiciones y estándares de los descriptores desarrollados por el panel entrenado en la caracterización sensorial de las leches modificadas (caprina y bovina). Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Table 4. Attributes, definitions, and standards developed of the descriptors by the trained panel for the sensory characterization of modified milks (goat and bovine). Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2019.

Atributo	Definición	Estándar ^a	
Apariencia	Color	Mín: blanco Máx: amarillo	Blanco: cáscara de huevo blanco Amarillo: mezcla proporción 2:1 de crema ácida y leche entera de vaca UHT
	Fluido-cremoso	Mín: fluida	Fluido: mezcla leche descremada UHT y agua proporción 20:5 v/v
		Máx: cremoso	Cremoso: crema ácida elaborada con leche fresca de vaca
	Aroma	Agrio	Mín: aroma leche entera de vaca UHT
Máx: aroma leche entera agria			Agrio: leche fresca de vaca expuesta por 24 h a 25°C.
Ácido		Mín: ausencia de aroma	No ácido: leche entera de vaca UHT
		Máx: aroma yogur comercial	Ácido: mezcla crema ácida y leche fresca de vaca (1:1)
Sabor	Agrio	Mín: sabor leche entera	No agrio: leche entera de vaca UHT
		Máx: sabor leche entera agria	Agrio: leche fresca de vaca expuesta por 24 h a 25°C.
	Dulce	Mín: Ausencia sabor dulce	No dulce: leche entera de vaca UHT
		Máx: sabor a coco (<i>Cocos nucifera</i> L.)	Dulce: leche descremada UHT mezclada con agua de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) proporción 20:5 v/v
	Cremoso	Mín: sensación de leche diluida	Aguado: mezcla de leche descremada UHT y agua proporción 20:5 v/v.
		Máx: sensación leche en polvo comercial	Cremoso: mezcla de leche descremada UHT y grasa láctea 20:5 v/v
Cocinado	Mín: leche pasteurizada (65 °C/ 0,5 h) Máx: leche evaporada	No cocinada: leche fresca pasteurizada (65 °C/ 0,5 h) Cocinado: leche evaporada	
Sensación en boca	Grasosa	Mín: sensación no grasosa en paladar	No grasosa: leche descremada UHT
		Máx: Sensación lustrosa, cremosa, grasosa que deja impresión residual en todo el paladar	Grasosa: mezcla de leche descremada y grasa láctea proporción 20:5 v/v
	Espesa	Mín: sensación no cremosa y fluida	No espeso: leche descremada UHT
		Máx: sensación grumosa, cremosa y pastosa	Espeso: mezcla de leche descremada UHT y leche en polvo proporción 20:5 v/v

^a La leche entera UHT presentaba un 3,3 % de grasa y la leche descremada un 0,2 % de grasa. / ^a UHT whole milk showed 3.3 % fat and skim milk had 0.2 % fat.

El ANDEVA de los datos generados en el análisis descriptivo evidenció la existencia de diferencias significativas ($p < 0,0001$, $gI=9$) entre los jueces para todos los atributos evaluados e interacciones tipo juez*producto ($p < 0,05$,

gl=6) en los atributos de color y apariencia fluido-cremosa, así como entre todos los atributos de sabor. Los promedios de los atributos para cada producto se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Valores promedio para cada atributo sensorial evaluado en las leches modificadas (caprina y bovina) y resultados de la prueba de comparación múltiple de medias por medio de la prueba LSD. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Table 5. Average values for each sensory attribute evaluated in the modified milks (goat and bovine), and results of the multiple comparison test of means by the LSD test. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2019.

Producto	Promedios									
	Apariencia		Aroma		Sabor				Sensación en la boca	
	Color	Fluido-cremoso	Agrio	Ácido	Agrio	Dulce	Cre moso	Cocinado	Grasosa	Espesor
LVE	3,74 ^{ab}	1,64 ^{ab}	0,62 ^c	0,35	0,35 ^d	2,79 ^c	3,41 ^{ab}	4,32 ^a	2,91 ^a	1,91 ^a
LCE	1,78 ^{cd}	1,78 ^a	0,86 ^{bc}	0,40	0,83 ^{cd}	3,10 ^c	3,83 ^a	4,47 ^a	3,16 ^a	1,86 ^a
LVED	4,11 ^a	1,92 ^a	0,68 ^c	0,88	0,60 ^{cd}	5,05 ^{ab}	3,90 ^a	4,16 ^{ab}	2,82 ^a	1,90 ^a
LCED	1,30 ^d	1,62 ^{ab}	0,82 ^{bc}	0,38	0,94 ^c	4,74 ^b	2,93 ^{bc}	3,58 ^{abc}	2,73 ^a	1,71 ^a
LVD	2,75 ^{bc}	0,27 ^d	0,66 ^c	0,75	0,63 ^{cd}	2,68 ^c	2,16 ^{cd}	3,04 ^{bc}	1,18 ^b	0,82 ^b
LCD	4,39 ^a	1,04 ^{bc}	1,39 ^b	0,80	1,06 ^{bc}	2,15 ^c	2,38 ^{cd}	2,77 ^{cd}	1,81 ^b	1,01 ^b
LVDD	3,66 ^{ab}	0,46 ^{cd}	2,44 ^a	1,05	2,95 ^a	6,06 ^a	1,85 ^d	1,81 ^d	1,50 ^b	1,13 ^b
LCDD	4,35 ^a	0,56 ^{cd}	0,77 ^{bc}	0,87	1,47 ^b	4,61 ^b	2,03 ^d	2,99 ^c	1,75 ^b	1,02 ^b
Promedio	-	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-

LVE: entera pasteurizada bovina, LCE: entera pasteurizada caprina, LCED: entera-deslactosada caprina, LVED: entera-deslactosada bovina, LCD: descremada caprina, LVD: descremada bovina, LCDD: descremada-deslactosada caprina, LVDD: descremada-deslactosada bovina. / LVE: whole pasteurized bovine, LCE: whole pasteurized goat, LCED: whole lactose-free goat, LVED: whole lactose-free bovine, LCD: skim goat, LVD: skim bovine, LCDD: skim-lactose-free goat, LVDD: skim-lactose-free bovine.

Valor crítico LSD= 1,998. Letras diferentes en la misma columna indican que hay diferencias significativas (p<0,05). / LSD critical value = 1.998. Different letters in the same column indicate that there are significant differences (p<0.05).

No se encontraron diferencias significativas (p>0,05) en el color entre las leches de vaca deslactosada y descremada-deslactosada, tampoco entre las leches de cabra descremada y descremada-deslactosada con respecto a la leche entera de vaca, con el color más amarillo. Las leches de cabra entera y la deslactosada fueron las menos amarillas (Cuadro 5).

Las leches enteras y enteras-deslactosadas de las dos especies mostraron mayor apariencia fluido-cremosa, destacándose más en este aspecto la leche de vaca entera-deslactosada y la leche entera de cabra. Las leches descremadas y descremadas-deslactosadas, sin importar el tipo de leche, obtuvieron valores menores (Cuadro 5).

De manera general, el descremado tendió a intensificar los atributos de aroma y sabor “agrio” de las leches. En particular, se determinó que la leche de vaca descremada-deslactosada se caracterizó por presentar el aroma y sabor “agrio” más fuertes. Por su parte, sólo el deslactosado no presentó un efecto definido sobre el aroma y sabor “agrio” de las leches, y las modificaciones aplicadas no tuvieron efecto significativo sobre el aroma “ácido” de las leches (Cuadro 5).

Un sabor dulce mayor (p<0,05) se percibió en ambos tipos de leches deslactosadas, tanto enteras como descremadas (Cuadro 5).

Todas las muestras de leche no sometidas al descremado mostraron un sabor más cremoso y con una mayor sensación grasosa y de espesor en la boca, según los panelistas. Las leches descremadas-deslactosadas obtuvieron valores menores en comparación con todas las demás muestras, mientras que las deslactosadas se percibieron con características intermedias cuando se les comparó con el resto de las muestras.

Según los evaluadores, las leches enteras, tanto de cabra como de vaca, mostraron un sabor a cocinado mayor, seguidas por las leches enteras-deslactosadas de cabra y vaca y la leche de vaca descremada. Las leches descremadas-deslactosadas y la leche de cabra descremada presentaron un menor sabor a cocinado al compararse con las demás muestras (Cuadro 5).

Las leches enteras y enteras-deslactosadas de cabra y vaca se percibieron con una mayor sensación grasosa y de espesor en la boca, al compararse con las leches descremadas y descremadas-deslactosadas. Por su parte, el proceso de deslactosado no afectó la percepción de la sensación en la boca de las leches modificadas (Cuadro 5).

Evaluación del agrado de las muestras lácteas

El análisis de conglomerados para los datos de agrado de las leches modificadas permitió agrupar a los consumidores en tres segmentos: un primer grupo que conglomeró a 39 consumidores (37 % del grupo total), un segundo grupo con 30 (29 %) y un tercero con 36 (34 %) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores promedio de agrado para las leches modificadas caprina y bovina y resultados de la prueba de comparación de medias. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2019.

Table 6. Average values of liking for modified goat and bovine milks and test results of the mean comparison test. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2019.

Modificaciones	Media*		
	Conglomerado 1	Conglomerado 2	Conglomerado 3
LVE	6,09 ^a	6,17 ^a	5,32 ^{ab}
LCE	4,36 ^c	2,39 ^d	6,02 ^a
LVED	5,66 ^{ab}	6,32 ^a	4,41 ^{bcd}
LCED	4,38 ^c	3,70 ^c	5,86 ^a
LVD	5,03 ^{bc}	5,06 ^b	3,61 ^{cde}
LCD	5,54 ^{ab}	1,92 ^d	3,51 ^{de}
LVDD	2,16 ^d	5,97 ^{ab}	3,15 ^c
LCDD	1,76 ^d	2,12 ^d	4,68 ^{bc}

LVE: entera pasteurizada bovina, LCE: entera pasteurizada caprina, LVED: entera-deslactosada bovina, LCED: entera-deslactosada caprina, LVD: descremada bovina, LCD: descremada caprina, LVDD: descremada-deslactosada bovina, LCDD: descremada-deslactosada caprina. / LVE: whole pasteurized bovine, LCE: whole pasteurized goat, LVED: whole lactose-free bovine, LCED: whole lactose-free goat, LVE: skim bovine, LCD: skim goat, LVDD: skim-lactose-free bovine, LCDD: skim-lactose-free goat.

* Letras diferentes en la misma columna indican que hay diferencias significativas ($p < 0,0001$). / * Different letters in the same column indicate significant differences ($p < 0,0001$).

Para cada uno de los tres diferentes conglomerados establecidos se determinó que hubo diferencias significativas en el agrado entre las leches modificadas ($p < 0,0001$, $g1_{jueces} = 38$, $g1_{productos} = 7$) (Cuadro 6).

El grupo uno se caracterizó por un ligero agrado hacia la leche de vaca entera por sobre todas las demás leches modificadas, lo que evidenció, a la vez, un pronunciado desagrado por las leches descremadas-deslactosadas, tanto de cabra como de vaca. Para las demás muestras se evidenciaron calificaciones intermedias (Cuadro 6).

Los consumidores del grupo dos prefirieron las leches bovinas, en especial la entera y la entera-deslactosada, a la vez que mostraron desagrado hacia las diferentes leches caprinas (Cuadro 6).

Para los panelistas del grupo tres, la leche de vaca entera y las leches de cabra entera y entera-deslactosada, obtuvieron calificaciones más altas, mientras que las leches de vaca y cabra descremadas y descremadas-deslactosadas mostraron las valoraciones más bajas. En general, este grupo otorgó mayores calificaciones a las leches con grasa, en comparación con sus contrapartes descremadas (Cuadro 6).

Mapa de preferencias externo (PREFMAP) para las leches evaluadas

El mapeo preferencial externo para determinar la relación existente entre los descriptores de las leches modificadas con el agrado se muestra en las Figuras 3 A y 3 B.

La varianza mostrada es explicada en un 62,95 % por el componente F1 más un 18,21 % por el componente F2, que resulta en un total de 81,15 %. Las causas de las diferencias entre las muestras se debieron al descremado de la leche (relacionado con el F1) y al deslactosado de la misma (relacionado con el F2). El componente F1 se relacionó con los atributos espesor, sensación grasosa, apariencia fluido-cremosa, sabor cremoso, sabor cocinado, sabor agrio, aroma agrio y color; el F2 se relacionó con el sabor dulce. Las leches enteras y enteras-deslactosadas caprinas y bovinas se asociaron a los atributos de espesor, sensación grasosa, apariencia fluido-cremosa, sabor cremoso y sabor cocinado. Sabores y aromas agrios se asociaron con las leches descremadas y descremadas-deslactosadas para ambos tipos de leche. Las muestras deslactosadas, en general, se caracterizaron por presentar sabor dulce (Figura 3).

Para la elaboración del mapa de preferencias de las leches modificadas se formaron siete conglomerados de consumidores, los cuales se disgregaron para obtener el mapeo preferencial a partir de los tres conglomerados utilizados con anterioridad y determinar el agrado de las leches modificadas (Figura 3 B). Cinco de los grupos de consumidores se ajustaron a una regresión vectorial (vectores del 1 al 5), mientras los dos restantes lo hicieron para una regresión cuadrática y elíptica (vectores 6 y 7).

Al analizar la Figura 3, se evidenció como los grupos 2, 4 y 5 se alinearon en dirección a las leches enteras y enteras-deslactosadas de cabra y vaca, mientras el grupo 1 lo hizo hacia la leche descremada de vaca. Es notorio, además, como los siete grupos se orientaron en dirección opuesta a la leche de vaca descremada-deslactosada, lo que se interpreta como una señal de desagrado. El vector 3, que es pequeño, es el único que apunta hacia las leches descremadas y descremada-deslactosada de cabra, lo que indica que hay muy baja preferencia por este tipo de modificaciones. Los grupos 3, 6 y 7 (que comprenden el 29 % de los panelistas) se situaron cerca del centro de las componentes F1 y F2, no mostraron una tendencia de agrado hacia ninguno de los productos en específico (Figura 3).

Los atributos de espesor, sensación grasosa, apariencia fluido-cremosa, sabor cremoso y sabor cocinado fueron los que generaron agrado por parte del consumidor, mientras que el sabor y aroma agrio fueron atributos negativos.

Aunque se esperaron pocos cambios en las matrices para las condiciones de calentamiento utilizadas, se observó un mayor sabor a cocinado en las muestras descremadas de leche en general.

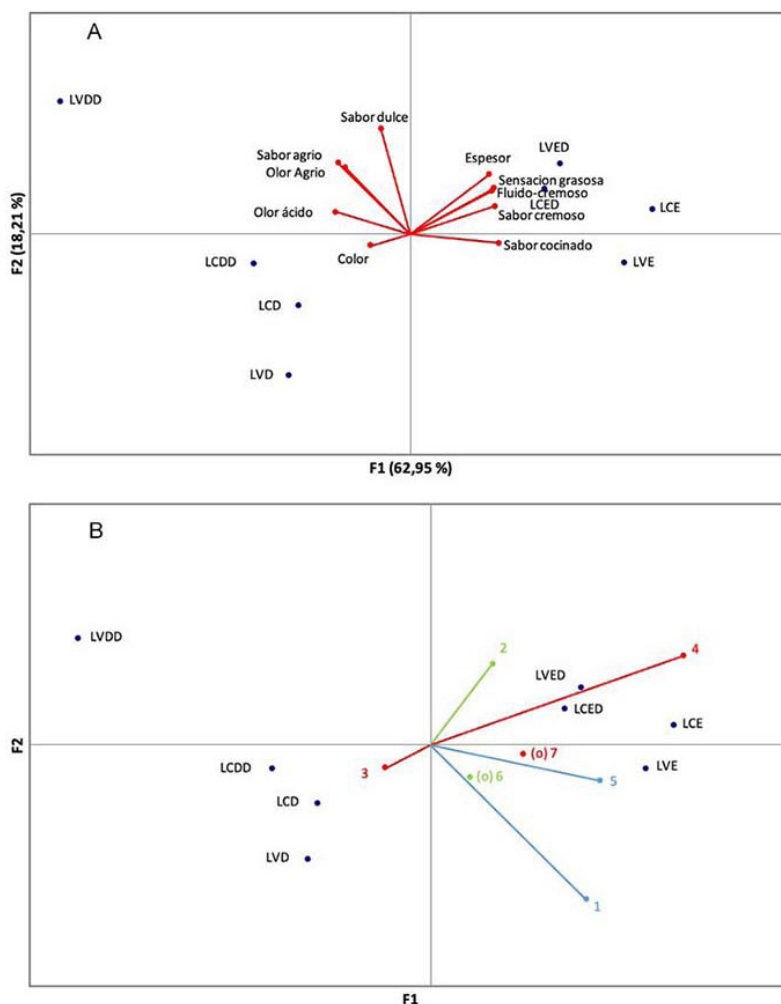


Figura 3. Mapeo preferencial externo (PREFMAP) para establecer la relación existente entre los descriptores de las leches modificadas (caprina y bovina) con el agrado. A. Relación de los descriptores con las muestras (análisis de componentes principales). B. Relación del agrado con las muestras. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2019.

LVE: leche de vaca entera. LCE: leche de cabra entera. LVED: leche de vaca entera-deslactosada. LCED: leche de cabra entera-deslactosada. LVD: leche de vaca descremada. LCD: leche de cabra descremada. LVDD: leche de vaca descremada-deslactosada. LCDD: leche de cabra descremada-deslactosada.

Figure 3. External preference mapping (PREFMAP) to establish the relationship between descriptors of modified milks (goat and bovine) with acceptance. A. Relationship between descriptors and samples (principal component analysis). B. Relationship between acceptance with the samples. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA), Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 2019.

LVE: whole cow's milk. LCE: whole goat milk. LVED: whole cow milk lactose free. LCED: whole goat milk lactose-free. LVD: skim cow milk. LCD: skim goat milk. LVDD: lactose-free skimmed cow milk. LCDD: lactose-free skimmed goat milk.

Discusión

Los resultados de la caracterización de las leches crudas fueron congruentes con lo reportado por la literatura, tanto para la leche de cabra como para la de vaca. Para la leche de cabra, se han mencionado valores de sólidos

no grasos (SNG) promedio de 9,2 %, un peso específico de 1,026 a 1,042 (Chacón-Villalobos, 2005), proteína de 2,91 - 4,13 % (Vega et al., 2007), grasa de 3,6 - 4,9 % (Keskin et al., 2004), pH entre 6,3 - 6,7 y acidez expresada como ácido láctico entre 0,11-0,18 % (Chacón-Villalobos, 2005). En el caso de la leche de vaca, se han reportado valores de SNG promedio de 8 %, densidad de 1,029 a 1,032, acidez expresada como ácido láctico de 0,13 a 0,17 % como máximo (Poder Ejecutivo, 2006), grasa entre 4,1 - 4,7 %, proteína de 3,29 - 3,44 % (Chacón-Villalobos, 2005; Teichert et al., 2020) y un valor de pH entre 6,4 y 6,6 (Teichert et al., 2020). Rangos de variación como los antes descritos, pueden derivarse de factores como la raza, alimentación y ciclo productivo de los animales (Herrera-Campos et al., 2009).

La leche de vaca evaluada guarda similitudes con lo descrito en la literatura en términos colorimétricos. Para la raza vacuna Jersey se reportó un valor promedio de L^* de 91,46 (Teichert et al., 2020), un b^* aproximado de 10,03 (McDermott et al., 2016) y un a^* promedio de -2,2 (Langman et al., 2010). Los parámetros a^* y b^* son coordenadas lineales, corresponden al color (rojo, verde, amarillo y azul) y son muy utilizados en la literatura, pero no reflejan la forma tridimensional en que el color es percibido por el ser humano. En el presente estudio se presentaron, además, los parámetros C^* y h° , los cuales se ajustan mejor a la interpretación del cerebro humano, porque indican el tono junto con la pureza o saturación del color. Al interpretar los parámetros colorimétricos instrumentales, se puede inferir que la leche caprina mostró una coloración amarillo-verdosa más pronunciada que la bovina, aunque la alta luminosidad y la baja saturación hicieron que esta fuera percibida como blanca por los jueces.

La literatura señala una relación proporcional entre el aumento de la fracción grasa en la leche y el incremento en viscosidad (Park, 2007; Zavala-Pope, 2005), lo que podría explicar que al aumentar los SNG, debido al descremado, aumentara la densidad, y que al disminuir la grasa, disminuyera la viscosidad. Por su parte, el aumento en la acidez, debido a las modificaciones del proceso, pudo tener su origen en una mayor manipulación durante el procesamiento, que dio lugar a un aumento de la actividad microbiana propia de la leche (Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, 2011).

La remoción de la fracción grasa genera luminosidades menores ($p < 0,05$) que las determinadas para las leches enteras, debido a una disminución del efecto de dispersión acompañado de una mejor apreciación de las tonalidades derivadas de los componentes remanentes, que antes estaban más enmascaradas (Adhikari et al., 2010).

La variación en el contenido de proteína causada por el deslactosado puede atribuirse al aporte mismo de la enzima agregada y a la posible acción proteolítica de heteroproteínas y otros complejos proteicos que la lactasa está en capacidad de efectuar (Harju et al., 2012; Perotti et al., 2012).

La disminución en b^* con el descremado de la leche de vaca se puede asociar a la disminución de los pigmentos carotenoides de tonalidades amarillentas asociados con la fracción grasa (Belitz et al., 2012). Al depender el valor de c^* de la magnitud de a^* y b^* , la disminución observada en este parámetro debida al descremado de la leche está más asociada con la disminución en b^* que con el aumento en a^* . Al igual que en el presente estudio, Adhikari et al. (2010) registraron la aparición de un color verde ligero que atribuyen al cambio en la uniformidad del efecto de dispersión al remover la grasa de la leche. A este efecto, Belitz et al. (2012) y Zavala-Pope (2005) agregaron un mayor realce de las coloraciones verdosas de la riboflavina presente en el suero lácteo.

Las leches descremadas de cabra, al presentar elevados valores instrumentales relacionados con el color amarillo, podrían asociarse con la percepción sensorial de un color verde ligero en contraste con el color blanco (Adhikari et al., 2010). Debido a la remoción física, el contenido de grasa de las leches descremadas fue inferior al de los dos tipos de leches enteras. El descremado de la leche de vaca resultó más eficiente, debido al uso de un equipo estandarizado para remover el tipo y cantidad de grasa presente en la leche, y al menor tamaño de los glóbulos grasos de la leche de cabra, que los hace más difíciles de separar por centrifugación (Tatar et al., 2015). En leches enteras de vaca, el tono amarillento percibido deriva de mayores contenidos de carotenoides (Belitz et al., 2012), mientras que la leche de cabra entera y entera-deslactosada fueron percibidas como las más blancas por la ausencia de estos pigmentos (Chacón-Villalobos & Pineda-Castro, 2009).

La mayor intensidad del dulzor percibida en las muestras deslactosadas es consecuencia directa de la generación de glucosa y galactosa al hidrolizarse la lactosa (Adhikari et al., 2010), monosacáridos que en su estado disociado de la molécula original de lactosa deben presentar una interacción estérica más afín a los receptores de dulzor, según establece la teoría de la unión multipunto descrita por Nofre & Tinti (1996). Por otra parte, al contener la leche bovina entre 0,2 % a 0,5 % más lactosa que la caprina (Park et al., 2007), es posible que esta fuese percibida como más dulce después del deslactosado, en comparación con las muestras de leche bovina sin deslactosar, al igual que en comparación con la leche caprina deslactosada y sin deslactosar, que fue calificada como más dulce cuando además medió el descremado, al no contarse con el efecto enmascarador de la grasa (Adhikari et al., 2010).

Los niveles más elevados de sabor ácido fueron percibidos en la leche bovina descremada y deslactosada, seguida de las leches caprinas descremadas, deslactosadas o no. Al respecto, Adhikari et al. (2010), señalaron que la leche descremada-deslactosada fue asociada por panelistas con una “pérdida de frescura”, atributo que se vinculó con características amargas, dulces y sensación a ácido butírico. Estos autores indicaron que el descremado evidenció muchos sabores durante el procesamiento, debido a que la grasa suele enmascarar una amplia gama de sabores y olores.

Podrían darse efectos derivados de la naturaleza de la matriz láctea durante el tratamiento térmico, que derivan de las particularidades de la fracción grasa de cada tipo de leche y de los cambios químicos que la misma puede experimentar durante dicho tratamiento (Zavala-Pope, 2005). Los productos de esos cambios químicos podrían asociarse con el sabor a cocinado percibido en las muestras de leche entera y entera-deslactosada, tanto en leche caprina como bovina.

Los panelistas identificaron las leches descremadas como poco grasosas y espesas; es de esperar una mayor viscosidad de la leche entre mayor sea la fracción grasa de la misma, asociándose la disminución de esta fracción con sensaciones de poco cuerpo en la leche (Park, 2007). Aunque era previsible que se diese un incremento en la viscosidad al deslactosar, debido al aumento de monosacáridos (Haider & Husain, 2009; Harju et al., 2012), los jueces no percibieron dicho efecto, lo que concordó con los resultados fisicoquímicos previos.

Con respecto a las características de sensación grasosa y espesor en la boca, los resultados no sólo coincidieron con lo esperado, sino que concordaron con lo reportado por Adhikari et al. (2010), quienes indicaron que las leches enteras tienen una sensación grasosa mayor que las leches descremadas.

Los consumidores se pudieron distinguir de acuerdo con sus preferencias por los tipos de leche y las modificaciones aplicadas. Existe el mito de que las personas no aceptan la leche de cabra, sin embargo, los resultados obtenidos en la conformación de los conglomerados del agrado sensorial desmienten esta creencia. El presente estudio muestra que el impacto más pronunciado en el agrado deriva del deslactosado y el descremado, no del tipo de leche. Es por eso que no es conveniente aplicar estas dos modificaciones juntas a cualquier tipo de leche. El PREFMAP generó evidencia en este mismo sentido, pues los atributos que resultaron ser negativos estuvieron asociados con las leches descremadas y deslactosadas, y se encontró que la combinación de descremado y deslactosado produce una sensación seca en la boca (Adhikari et al., 2010).

Estos resultados confirmaron que, aunque las personas indicaron que consumían leche descremada como parte de su dieta, prefirieron la leche entera sobre esta (Adhikari et al., 2010) y, por lo tanto, es recomendable que la leche libre de lactosa se prepare con leche entera o semidescremada, no con leche descremada.

Conclusiones

El descremado y deslactosado, tanto de leches caprinas como bovinas, tuvieron un impacto en la composición fisicoquímica y la apreciación sensorial. Este hallazgo sugiere que no es conveniente efectuar en forma simultánea el descremado y el deslactosado en ambos tipos de leche a nivel comercial.

Futuros estudios podrían establecer el agrado sensorial de leches saborizadas que sean descremadas y deslactosadas, así como estudiar los comportamientos de estas operaciones para procesos de pasteurización UHT y HTST.

Referencias

- Adhikari, K., Dooley, L., Chambers, E. I. V., & Bhumiratana, N. (2010). Sensory characteristics of commercial lactose-free milks manufactured in the United States. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 113–118. <http://hdl.handle.net/2097/4761>
- Belitz, H. D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2012). *Química de los alimentos*. (3^{ra} Ed.). Editorial Acribia.
- Benavides-Moraga, M. A., & Alpízar-Herrera, R. (2020). *Estudio de pre-factibilidad para los productos agremiados en Asoprolba de Heredia, que permita generar agregación de valor a la materia prima de la leche, mediante la industrialización y comercialización* [Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica]. Repositorio Kérvá. <http://hdl.handle.net/10669/81492>
- Bidot-Fernández, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista Producción Animal*, 29(2), 32–41. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n2/rpa05217.pdf>
- Broyard, C., & Gaucheron, F. (2015). Modifications of structures and functions of caseins: a scientific and technological challenge. *Dairy Science Technology*, 95, 215–862. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0220-y>
- Bulteh 2000 Ltd. (2011). Ekomilk user's guide. <http://www.bulteh.com/pdf/user-guide-ekomilk.pdf>
- Chacón-Villalobos, A. (2004). Acidez y peso específico de la leche de cabra de un grupo de capricultores de la Meseta Central costarricense. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 179–183. <https://doi.org/10.15517/am.v15i2.11898>
- Chacón-Villalobos, A. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 239–252. <https://doi.org/10.15517/am.v16i2.11878>
- Chacón-Villalobos, A. (2010). *Efecto de la exposición continua a la leche caprina en la preferencia de niños y niñas preescolares de diferentes clases sociales* [Tesis de Maestría, no publicada]. Universidad de Costa Rica.
- Chacón-Villalobos, A., Araya-Quesada, Y. M., & Gamboa-Acuña, M. E. (2008). Percepciones y hábitos de consumo de la leche de cabra y sus derivados en los costarricenses. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 241–250. <http://doi.org/10.15517/AM.V19I2.5006>
- Chacón-Villalobos, A., & Mora-Valverde, D. (2019). Caracterización técnica, productiva y comercial de las MiPymes lácteas caprinas en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 13(2), 20–53. <https://doi.org/10.15517/NAT.V13I2.38751>
- Chacón-Villalobos, A., Pineda, M., & Rojas, S. (2013). Efecto de la proporción de leche bovina y caprina en las características del dulce de leche. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 149–167. <http://doi.org/10.15517/am.v24i1.9792>
- Chacón-Villalobos, A., & Pineda-Castro, M. L. (2009). Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 297–309. <http://doi.org/10.15517/am.v20i2.4946>
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M. L., & Jiménez-Rojas, C. (2016). Características fisicoquímicas y sensoriales de helados de leche caprina y bovina con grasa vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 19–36. <http://doi.org/10.15517/AM.V27I1.21875>

- CHR Hansen Holding A/S. (2005). *Ha-Lactase™: Hoja de aplicación*. CHR-Hansen. <https://www.chr-hansen.com/en/food-cultures-and-enzymes/fresh-dairy/cards/product-cards/ha-lactase>
- Claps, S., Rossi, R., Di Trana, A., di Napoli, M., Giorgio, D., & Sepe, L. (2017). Bioactive compounds in goat milk and cheese: The role of feeding system and breed. In S. Kukovis (Ed.), *Goat Science*. Springer. <http://doi.org/10.5772/intechopen.70083>
- Cordero-García, M. (2010). *Factores que afectan la funcionalidad del puré de chayote (Sechium edule Sw.) como sustituto de grasa y determinación del material de empaque idóneo para asegurar la estabilidad del producto* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio Kérwá. <http://hdl.handle.net/10669/73191>
- Corrales-Umaña, J. H. (2004). *Elaboración de un queso fresco a partir de leche de cabra adaptado a las condiciones técnicas de la Asociación Costarricense de Criadores de Cabras (A.C.C.C) y al gusto del consumidor nacional* [Tesis de Licenciatura, no publicada]. Universidad de Costa Rica.
- Corrales-Umaña, J. H., & Chacón-Villalobos, A. (2005). Estudio de opinión de consumidores sobre el queso fresco de cabra (*Capra hircus*) en Costa Rica. *Revista Agricultura Tropical*, 35, 39–49.
- Corredig, M., Krishnakutty, P., Li, Y., Eshpari, H., & Zhao, Z. (2019). Invited review: Understanding the behavior of caseins in milk concentrates. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 4772–4782. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15943>
- Getaneh, G., Mebrat, A., Wubie, A., & Kendie, H. (2016). Review on goat milk composition and its nutritive value. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3(4), 401–410. <http://doi.org/10.15744/2393-9060.3.401>
- Haider, T., & Husain, Q. (2009). Hydrolysis of milk/whey lactose by β galactosidase: a comparative study of stirred batch process and packed bed reactor prepared with calcium alginate entrapped enzyme. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(1), 576–580. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2008.02.007>
- Harju, M., Kallioinen, H., & Tossavainen, O. (2012). Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. *International Dairy Journal*, 22(2), 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.09.011>
- Herrera-Campos, L. R., Vargas-Rodríguez, C. F., Boschini-Figueroa, C., & Chacón-Villalobos, A. (2009). Variación bromatológica de la leche de cabras Lamancha alimentadas con diferentes forrajes. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 381–390. <https://doi.org/10.15517/AM.V20I2.4954>
- Hidalgo-Ardón, A., C. Monge-Rojas, A. Cruz-Méndez, J. Molina-Villalobos, J. Camacho-Sandoval, G., & Vargas-Astorga, G., & Barrientos-Saborío, O. (2004). *Informe parcial de país sobre la situación nacional de los recursos zoogenéticos*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-8819.pdf>
- Horwitz, W., & Latimer, G. (2010). *Official methods of analysis of AOAC International* (18th Ed.). Association of Officiating Analytical Chemists.
- Hunterlab. (2013). *Color Flex EZ User's Manual*. Hunterlab. https://www.hunterlab.com/media/documents/ColorFlex_EZ_Users_Manual_ver_2.0_A60-1014-593.1.pdf
- Impastato-Planelles, M. (2015). *La leche de cabra en la alimentación humana*. Capraispana. <http://www.capraispana.com/la-leche-de-cabra-en-alimentacion-humana/>
- Jiménez-Goebel, C. (2011). *Evaluación de las características químicas, físicas y sensoriales de un helado de leche con grasa vegetal y sabor a fresa y vainilla, utilizando leche caprina y bovina para su elaboración* [Tesis de Licenciatura, no publicada]. Universidad de Costa Rica.

- Keskin, M., Avşar, Y., Biçer, O., & Güler, M. (2004). A comparative study on the milk yield and milk composition of two different goat genotypes under the climate of the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(3), 531–536. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-04-28-3/vet-28-3-12-0212-18.pdf>
- Kumar, H., Yadav, D., Kumar, N., Seth, R., & Kumar, A. (2016). Nutritional and nutraceutical properties of goat milk – A review. *Indian Journal of Dairy Science*, 69(5), 513–518.
- Langman, I., Rosetti, L., Sancho, A. M., Comeron, E., Descalzo A., & Grigioni, G. (2010, octubre 12-15). *Color leche: Características de color de leches de vacas alimentadas con alfalfa y silo de maíz* [Resumen en congreso]. Color and Food from the Farm to the table Interim Meeting of the International Color Association. Mar del Plata, Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lagman_caracteristicas_color.pdf
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Principles and practices. In H. T. Lawless, H. Heymann (Eds.), *Sensory evaluation of food* (2nd Ed, pp. 57–77). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- MacDougall, D. B. (Ed). (2002). *Colour in food: improving quality* (1st Ed.). Woodhead Publishing.
- McDermott, A., Visentin, G., De Marchi, M., Berry, D.P., Fenelon, M. A., O'Connor, P. M., Kenny, O. A., & McParland, S. (2016). Prediction of individual milk proteins including free amino acids in bovine milk using mid-infrared spectroscopy and their correlations with milk processing characteristics. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 3171–3182. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9747>
- Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires. (2011). *Manual de manipulación de alimentos*. http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/manual_de_manipulacion_de_alimentos.pdf
- Muñoz, J., & Zamora, K. (2013). *Caracterización del sector lácteo en Costa Rica (DEE-INF-064-13)*. Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica. <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2013/lacteos/julio/informe.pdf>
- Nofre, C., & Tinti, J. (1996). Sweetness reception in man: the multipoint attachment theory. *Food chemistry*, 56(3), 263–274. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(96\)00023-4](https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00023-4)
- Olivares, S., Zacarías, I., & Andrade, M. (2003). *Educación en Alimentación y Nutrición para la Enseñanza Básica – Módulo I*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, & Ministerio de Salud de Chile. <http://www.fao.org/3/am401s/am401s.pdf>
- Park, Y. W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.015>
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
- Perotti, M.C., Wolf, I., Vénica, C., & Bergamini, C. (2012). Dairy products modified in their lactose content. *Current Nutrition & Food Science Magazine*, 8(1), 8–18. <https://doi.org/10.2174/157340112800269597>
- Poder Ejecutivo. (2006). *Reglamento Técnico de Costa Rica N°33812-RTCR401: Leche cruda y leche higienizada. Especificaciones*. Procuraduría General de la República de Costa Rica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=60296&nValor3=95246&strTipoM=TC
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., & Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79(1), 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.009>

- Ribeiro, A. C., & Ribeiro, S. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.048>
- Rodrigues, R., Soares, J., Garcia, H., Nascimento, C., Medeiros, M., Bomfim, M., Madeiros, M.C., & Queiroga, R. (2014). Goat milk fat naturally enriched with conjugated linoleic acid increased lipoproteins and reduced triacylglycerol in rats. *Molecules*, 19(3), 3820–3831. <https://doi.org/10.3390/molecules19033820>
- Rojas-Castro, W. N., Chacón-Villalobos, A., & Pineda-Castro, M. L. (2006). Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 221–237. <https://doi.org/10.15517/AM.V18I2.5052>
- Sanz-Ceballos, L., Ramos-Morales, E., de la Torre-Adarve, G., Díaz-Castro, J., Pérez-Martínez, L., & Sanz-Sampelayo, M. R. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(4), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>
- Shepard, L., Miracle, R. E., Leksrisompong, P., & Drake, M. A. (2013). Relating sensory and chemical properties of sour cream to consumer acceptance. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5435–5454. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6317>
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., & Prosser, C. G. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>
- Tatar, V., Mootse, H., Sats, A., Mahla, T., Kaart, T., & Poikalainen, V. (2015). Evaluation of size distribution of fat globules and fat and protein content in Estonian goat milk. *Agronomy Research*, 13(4), 1112–1119.
- Teichert, J., Cais-Sokolińska, D., Danków, R., Pikul, J., Chudy, S., Bierzuńska, P., & Kaczyński, Ł. K. (2020). Color stability of fermented mare's milk and a fermented beverage from cow's milk adapted to mare's milk composition. *Foods*, 9(2), Article 217. <https://doi.org/10.3390/foods9020217>
- Vargas-Aguilar, P., Pineda-Castro, M. L., & Chacón-Villalobos, A. (2007). Lácteos bovinos y percepción de la leche caprina entre estudiantes de la Universidad de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 18(1), 27–36. <https://doi.org/10.15517/AM.V18I1.5034>
- Vega, S., Gutiérrez, R., Ramírez, A., González, M., Díaz-González, G., Salas, J., González, C., Coronado, M., Schettino, B., & Alberti, A. (2007). Características físicas y químicas de leche de cabra de razas Alpino francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca. *Revista de Salud Animal*, 29(3), 160–166.
- Villanueva, N. D., Petenate, A. J., & Da Silva, M. A. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference*, 16(8), 691–703. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.013>
- Yadav, A. K., Singh, J., & Yadav, S. K. (2016). Composition, nutritional and therapeutic values of goat milk: A review. *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 35(2), 96–102. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i2.10719>
- Zavala-Pope, J. M. (2005). *Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche*. Ministerio de Agricultura y Dirección de Crianzas. http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/%24FILE/Aspectosnutricionalesytecnol%C3%B3gicosdelaleche.pdf