



Características fisicoquímicas y sensoriales de chocolates de leche caprina y bovina¹

Physicochemical and sensory characteristics of goat and bovine milk chocolates

María Catalina Quirós-Martínez², Alejandro Chacón-Villalobos³, María Lourdes Pineda-Castro²,
Ileana Alfaro-Álvarez²

- ¹ Recepción: 25 de noviembre, 2021. Aceptación: 3 de mayo, 2022. Este trabajo formó parte del proyecto de investigación 737-B4221, inscrito en Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- ² Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, San José, Costa Rica. catalina.quiros@outlook.com (<https://orcid.org/0000-0002-8360-2861>); maria.pinedacastro@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-4841-2955>); ileana.alfaro@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-8190-6810>).
- ³ Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, 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. En muchos países, los productos lácteos bovinos representan la mayoría de las alternativas; sin embargo, la leche caprina goza de propiedades nutraceuticas que la hacen una opción a explorar. **Objetivo.** Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales del chocolate en barra, elaborado con diferentes proporciones de leche caprina y bovina. **Materiales y métodos.** De enero a diciembre de 2016, en la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, se elaboraron tres chocolates experimentales con diferentes proporciones de leche de cabra y vaca (100 % leche bovina, 100 % leche caprina y una mezcla al 50 % de ambas). Se evaluó, para tres lotes diferentes de cada formulación, la humedad, la grasa, la viscosidad, el color, la textura, el tamaño de partícula y el agrado general, este último por medio de un panel sensorial. **Resultados.** El menor porcentaje de humedad (1,81 %), el menor tamaño de partícula promedio (10 μm) ($p \leq 0,05$) y el mayor porcentaje de grasa (39,68 %) ($p \leq 0,05$) se obtuvieron en el chocolate de leche de cabra. Al aumentar el porcentaje de sustitución de leche de vaca por leche de cabra disminuyó la viscosidad y el tamaño de partícula ($p \leq 0,05$). En cuanto a los parámetros de color, resultó más claro (luminoso) el chocolate de leche de vaca. El chocolate de mayor agrado fue el de leche bovina, pero con resultados positivos para todas las formulaciones. **Conclusiones.** La sustitución de leche bovina por leche caprina generó productos de características fisicoquímicas y sensoriales apropiadas en todas las formulaciones.

Palabras claves: cacao, lácteos, cabra, vaca, reología.

Abstract

Introduction. In many countries, cow dairy products represent the majority of the alternatives; however, goat milk has nutraceutical properties that make it an option to be explored. **Objective.** To evaluate the physicochemical and sensory characteristics of chocolate bars made with different proportions of goat and bovine milk. **Materials and methods.** From January to December 2016, at the Food Technology School of the Universidad de Costa Rica,



three experimental chocolates were made with different proportions of goat and cow milk (100 % bovine milk, 100 % goat milk, and a 50 % mixture of both). For three different batches of each formulation, moisture, fat, viscosity, color, texture, particle size, and overall liking were evaluated, the last one by means of a sensory panel. **Results.** The lowest percentage of moisture (1.81 %), the lowest average particle size (10 μm) ($p \leq 0,05$), and the highest percentage of fat (39.68 %) ($p \leq 0,05$) were obtained in goat milk chocolate. As the percentage of substitution of cow's milk for goat's milk increased, the viscosity and particle size decreased ($p \leq 0,05$). Regarding the color parameters, the cow's milk chocolate was lighter (luminous). The most liked chocolate was from the bovine milk, but with positive results for all formulations. **Conclusions.** The substitution of bovine milk for goat milk generated products with appropriate physicochemical and sensory characteristics in all formulations.

Keywords: Cocoa, dairy product, goat, cow, rheology.

Introducción

La leche de vaca, oveja y cabra ha sido parte de la dieta del ser humano desde tiempos ancestrales (Varela Moreiras, 2018), ya que aportan nutrientes como proteínas y minerales (Fernández Fernández et al., 2014; Varela Moreiras, 2018). No obstante, la composición de la leche puede variar según especie, raza, manejo nutricional y sanitario, número de ordeños y época del año (Zavala, 2005).

Una de las alternativas a la leche de vaca es la leche de cabra, que es consumida a nivel mundial de forma fluida (Chacón Villalobos, 2005; Ocampo & Cardona, 2016), presenta beneficios nutricionales (Ribeiro & Ribeiro, 2010) y posee propiedades nutraceuticas comprobadas (Bidot-Fernández, 2017).

Al comparar las leches de vaca y cabra, destaca que la caprina es más digestible (Rodríguez et al., 2008), posee 13 % más de calcio (Ocampo & Cardona, 2016) y mejora la absorción de hierro y cobre (Lima da Silva et al., 2015). Se le atribuyen propiedades anticancerígenas por su contenido de ácido linoleico conjugado y coenzima Q (Bidot-Fernández, 2017), tiende a provocar menos reacciones alérgicas como la intolerancia (Álvarez Figueroa, 2012), y funciona como amortiguador en personas con úlcera gástrica, por su contenido de fósforo y proteínas (Fernández Fernández et al., 2014).

En Costa Rica, la industria láctea se caracteriza por enfocarse casi de forma exclusiva en derivados de leche de vaca, mientras que los de leche de cabra se producen de forma más artesanal (Chacón-Villalobos et al., 2008). Los costarricenses consideran la leche caprina saludable y nutritiva, no obstante, no consumen otros derivados por desagrado, desconocimiento y/o poca disponibilidad (Chacón-Villalobos et al., 2008; Vargas-Aguilar et al., 2007), razón por la que no existe una demanda consolidada a nivel nacional.

Existen investigaciones que reportan respuestas de agrado hacia el queso fresco de cabra (Corrales-Ureña & Chacón-Villalobos, 2005) y yogurt batido de fresa elaborado con 30 % de leche de caprina (Rojas-Castro et al., 2007), lo que evidencia un posible mercado para productos innovadores (Ribeiro & Ribeiro, 2010), que contengan mezclas de leche de vaca y cabra y aporten ventajas técnicas y nutricionales a los consumidores (Chacón-Villalobos et al., 2013).

El chocolate con leche se consume mucho más que el chocolate blanco y oscuro en conjunto, se caracteriza por ser más suave y cremoso (Beckett, 2008) y contiene un menor porcentaje de pasta de cacao (Costaguta, 2007). El chocolate suele percibirse de forma negativa porque se ha relacionado con acné, caries, migraña y obesidad. Sin embargo, el cacao tiene propiedades beneficiosas para la salud humana, como su capacidad antioxidante, respuestas positivas ante enfermedades cardiacas (Beckett, 2008) y, elevado contenido mineral (Afoakwa, 2010). Además, se ha demostrado que no contribuye significativamente al desarrollo de las patologías mencionadas (Beckett, 2008).

El mercado de los chocolates presenta una tendencia hacia productos considerados de lujo, que no solo cubre la nutrición básica, sino que también son beneficiosos para la salud (Afoakwa, 2010). Esta tendencia abre la posibilidad de elaborar chocolates a partir de leche de cabra y presentarlos como un producto fino, más digestible y beneficioso para la salud de los consumidores.

El objetivo de esta investigación fue evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de chocolate en barra, elaborado con diferentes proporciones de leche caprina y bovina.

Materiales y métodos

Localización del estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo entre los meses de enero y diciembre del año 2016. Las formulaciones de chocolate fueron elaboradas en la Miniplanta de la Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica y en la planta piloto del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA). Los análisis fisicoquímicos de laboratorio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química de la ETA y el panel sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de dicha Escuela. Las instituciones mencionadas se encuentran ubicadas en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica en San Pedro, provincia de San José, Costa Rica.

Materiales

Se utilizó leche entera de cabra en polvo, proveniente de la planta de procesamiento de productos lácteos de cabra de la Cooperativa de Productores de Leche de Cabra de la Zona Norte R.L. (Coopecaprina R.L.), ubicada en Aguas Zarcas de San Carlos, para las formulaciones que incluyeron leche de cabra. Se utilizó leche entera de vaca en polvo procesada. La leche en polvo caprina contenía un 28,7 % de grasa y un 4,29 % de humedad, mientras que la bovina un 24,93 % de grasa y un 3,02 % de humedad.

El cacao en forma de “nibs” molidos, se obtuvo de la chocolatería Nahua (Plaza Cariari, Heredia, Costa Rica). La manteca natural de cacao fue elaborada por Costa Rican Cocoa Products Company S. A. (Zapote, San José, Costa Rica). Como emulsificante se utilizó lecitina. Se utilizó azúcar granulado y vainilla comerciales. Como medio de transporte y para evitar el deterioro de las muestras de chocolate antes de los análisis, se utilizaron bolsas plásticas con una capa de papel aluminio. Los materiales se compraron a los fabricantes o, en su defecto, en supermercados.

Formulación base del chocolate

Para la formulación y elaboración del chocolate se siguió el procedimiento general expuesto por Laughter et al. (2012), con las modificaciones propuestas por Alfaro, I. (comunicación personal, 14 de enero, 2021), y las proporciones listadas en el Cuadro 1.

Los chocolates se elaboraron con tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. Para cada una de dichas formulaciones se elaboraron tres lotes de chocolates de 2,0 kg cada uno.

Proceso de elaboración

El azúcar se molió en un molino de martillos con una malla de 0,0838 mm, refinándose a continuación por 10 min en una conchadora Santha, modelo Spectra 10, de rodillos ajustados. Al mismo tiempo, los “nibs” de cacao

Cuadro 1. Formulación base para la elaboración del chocolate con leche. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica (ETA), San José, Costa Rica. 2016.

Table 1. Base formulation for the elaboration of milk chocolate. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Ingrediente	Porcentaje (% m/m)
“Nibs” de cacao	13,10
Manteca de cacao	25,00
Leche en polvo con grasa*	23,30
Azúcar	38,00
Lecitina	0,30
Vainilla	0,30

*Leche de cabra o de vaca según el ensayo que se vaya a realizar. / *Goat or cow's milk depending on the test to be carried out.

se calentaron por 2 - 2,5 min en un microondas, hasta alcanzar una temperatura de 80 °C, con la intención de ablandarlos y agregarlos a la conchadora en la que se encontraba el azúcar, para homogeneizar la mezcla por 2 min con los rodillos ajustados. Pasado este período, se agregó manteca de cacao, derretida en un microondas a 50 °C durante 5 min, para que esta nueva mezcla también se homogeneizara en la conchadora. Por último, se incorporó la leche en polvo despacio para evitar aglomeraciones. La leche en polvo de vaca se incorporó en un tiempo de 12 min, la mezcla de leche en polvo de cabra y vaca entre 13 y 15,5 min y la de cabra entre los 15 y 18 min.

La conchadora, además de conchar, refina (Chocolate Alchemy, 2016), por lo que el refinado de la leche en polvo se dio durante la etapa de conchado para evitar implicaciones negativas en el tamaño de partícula de esta. Finalizada la incorporación de los ingredientes, el chocolate generado se trató en la conchadora por tiempos variables según la formulación, a temperaturas entre 49 °C y 50 °C. Estas variaciones se muestran en el Cuadro 2 y son necesarias porque el proceso es afectado por las materias primas utilizadas, el tamaño de partícula y el contenido de grasa. En el proceso de conchado, se refina la pasta de cacao para eliminar los sabores ácidos, mejorar su calidad y untuosidad final (Beckett, 2008); propicia un recubrimiento de las partículas finas con grasa, acentúa la fundabilidad en la boca del consumidor y la eliminación de ácidos volátiles fuertes y aldehídos que afecten el sabor, y se relaciona con las características sensoriales del chocolate (Beckett, 2008; Prawira & Barringer, 2009), involucra tres etapas consecutivas denominadas: seca (chocolate tiene contextura desmenuzable), pasta (contextura pastosa) y líquida (contextura final).

En la etapa líquida del conchado, el tamaño de partícula fue medido de manera constante y visual, utilizando un microscopio, para controlar el tamaño de la cristalización. Terminado el conchado, se realizó el temperado con el fin de optimizar la cristalización de la grasa. Esta etapa se realizó de forma manual en tandas de 100 y 120 g, con paletas metálicas para mezclar en forma circular por 1 - 1,5 min.

El moldeado se efectuó de forma manual para todos los tratamientos, se utilizó una bolsa de polietileno de baja densidad para verter el chocolate en moldes plásticos, post temperado, que se golpearon con suavidad contra la superficie para evadir la formación de burbujas. Luego, estos se enfriaron por 5 min a 4 °C - 5 °C, y después, por una hora a temperatura ambiente (22 °C - 25 °C). Al terminar el enfriamiento, se invirtieron los moldes, se empacaron los chocolates en bolsas de plástico con papel aluminio y se almacenaron a temperatura ambiente. A partir de este procedimiento se obtuvieron rendimientos generales para los tres tratamientos de 85 % a 90 %, debido a pérdidas por humedad y ácidos volátiles durante el conchado (Beckett, 2008).

Cuadro 2. Tiempos de conchado de los chocolates, según etapa del proceso para cada incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 2. Chocolates conching times according to stage of the process for each goat and cow milk incorporation: 100 % cow's milk, 50 % cow's milk with 50 % goat's milk, and 100 % goat milk. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Etapa	Tiempo de cada etapa (min), según tratamiento*		
	Vaca (100 %)	Vaca-cabra (50 %: 50 %)	Cabra (100 %)
Seca	18	27	30
Pasta	390	380	310
Líquida	315	240	325
Total	723	647	665

*La lecitina y el saborizante se agregaron una hora antes de finalizar el proceso en todos los casos. / * Lecithin and flavoring were added one hour before the end of the process in all cases.

Flujo de proceso

En el diagrama de la Figura 1 se muestra el flujo de proceso general utilizado para la producción de los tres chocolates elaborados con propósito experimental.

La etapa de mezclado 2 (Figura 1), presentó tiempos de proceso que se ajustaron según la mezcla de leche utilizada: vaca al 100 % 12 min, vaca y cabra partes iguales de 13 a 14 min, y cabra al 100 % de 15 a 18 min. El tiempo de conchado también se ajustó: leche de vaca al 100 % de 12 h, leche de vaca y de cabra en partes iguales de 10,8 h, y cabra al 100 % de 11 h.

Evaluaciones fisicoquímicas

Para cada lote de las diferentes formulaciones, se tomaron por triplicado muestras de 400 g a las que se les determinó el tamaño de partícula, por medio de la metodología establecida por Beckett (2008).

El porcentaje de humedad del chocolate se determinó por el método gravimétrico de pérdida de agua por secado 931,04 de Latimer (2005), mientras que el contenido de grasa se obtuvo por medio del método de extracción de Soxhlet, con el procedimiento enunciado por Barquero (2012).

La viscosidad aparente de las muestras se midió con un viscosímetro rotacional de tipo Brookfield, modelo 98936-10; se usó el husillo No. 7, a una velocidad de 0,5 rpm. Las mediciones se realizaron al derretir las muestras y en el momento en que estas alcanzaron una temperatura de 40 °C. Los chocolates tuvieron un grosor de 1 cm. Para la medición de fuerza de corte se utilizó una cuchilla plana de 4 mm y una velocidad de penetración de 0,5 mm s⁻¹.

El color de las formulaciones se determinó con un colorímetro Colorflex (HunterLab-430, serie cx1192) y se aplicó la escala cartesiana CIEL*a*b* y la escala polar CIEL*c*h°, con una fuente de luz D65, un ángulo de incidencia de 45°/0° y ángulo del observador de 10° (Hunter Associates Laboratory Inc., 2013). La dureza y la fuerza de quiebre de los chocolates se midieron con un texturómetro TA.XTPlus, con una celda de carga de 50 kg. La dureza se midió con una celda cilíndrica de 2 mm de diámetro, velocidad de prueba de 0,5 mm s⁻¹, velocidad post prueba de 10 mm s⁻¹ y una distancia de 2 mm. Para medir la fuerza de quiebre se usó la cuchilla estándar, velocidad de prueba de 2 mm s⁻¹, velocidad post prueba de 10 mm s⁻¹ y una distancia de 8 mm.

Para establecer el tiempo de temperado, se usó el método propuesto por Beckett (2008).

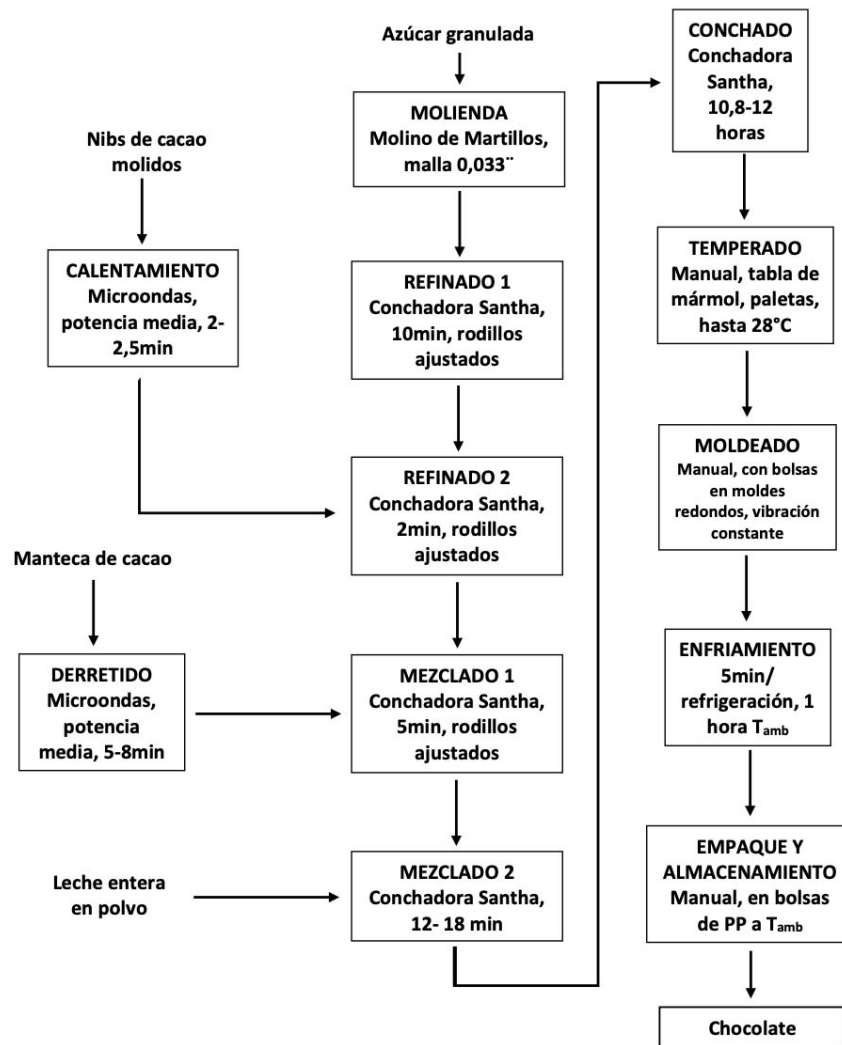


Figura 1. Flujo de proceso utilizado para la elaboración de los chocolates con leche y condiciones de proceso. San José, Costa Rica. 2016.

Figure 1. Process flow used for the production of milk chocolates and process conditions. San Jose, Costa Rica. 2016.

Evaluación sensorial

Para determinar el agrado general de las tres formulaciones, se utilizó una escala híbrida creada por Villanueva et al. (2005) y un panel conformado por 110 consumidores de chocolate divididos en tres paneles, uno para cada lote de formulación, con 35 consumidores en cada panel. Las evaluaciones se realizaron en cabinas individuales separadas entre sí, iluminadas por una luz blanca y con aire acondicionado a una temperatura de 23 °C. Las muestras se colocaron de manera aleatoria, balanceada y codificada con números de tres cifras para evitar sesgos (Watts et al., 1992).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos, determinados por la proporción de leche de cabra del chocolate (0 %, 50 %, 100 %), con tres lotes por tratamiento, elaborados con diversos lotes de leche de cabra y vaca. Las variables de respuesta correspondieron al tamaño de partícula, el porcentaje de humedad, el contenido de grasa, la viscosidad, el color, la dureza, el quiebre y el agrado sensorial.

Análisis estadístico

Una vez verificados los supuestos estadísticos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para definir la existencia de diferencias significativas de los parámetros entre cada tratamiento. En los casos en los que se obtuvieron diferencias significativas, se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey. Los datos obtenidos para agrado se analizaron con un análisis de conglomerados (“clusters”) de Ward y un ANDEVA para cada conglomerado. En los casos que se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias LSD (diferencia mínima significativa).

Los datos para todos los casos se analizaron mediante el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 23.0

Resultados

En relación con el efecto del tipo de leche en las características fisicoquímicas de los chocolates en barra elaborados, los resultados se dividieron según las pruebas elaboradas.

Humedad y grasa

El lote del que provino cada muestra de leche con que se elaboraron los chocolates tuvo un efecto estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) solo sobre su contenido de humedad. Al comparar el tipo de leche (cabra o vaca), la caprina presentó valores mayores en humedad y grasa ($p \leq 0,05$).

No se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre los valores de humedad en los chocolates elaborados con leche de vaca y la mezcla de ambas leches (vaca-cabra), mientras que el del chocolate de leche de cabra sí fue significativamente menor ($p \leq 0,01$) a los otros. Los chocolates con leches de cabra y de vaca presentaron diferencias en cuanto a su contenido de grasa ($p \leq 0,007$), no obstante, no hubo diferencias significativas ($p \leq 0,007$) entre el chocolate mezcla y los otros dos (Cuadro 3).

Textura

Según los resultados obtenidos para la fuerza de corte, no se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) según el tipo de leche ni por el lote de las muestras, no obstante, se observó que esta fue menor en el chocolate elaborado con la mezcla de leches. Además, estas características sí fueron significativas ($p \leq 0,05$) en el caso de la dureza y la energía de penetración (Cuadro 4).

Los resultados correspondientes a la dureza de los chocolates presentaron una tendencia, ya que disminuyeron conforme aumentó el grado de sustitución de leche de cabra. Hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los

Cuadro 3. Valores promedio para los parámetros químicos de humedad y grasa para los tipos de chocolate elaborados con la incorporación de leches caprina y bovina, y resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 3. Average values for the chemical parameters of moisture and fat for the types of chocolate made with the incorporation of goat and cow milk, and results of the Tukey multiple comparison test. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Tipo de leche**	Media*	
	Humedad (%)	Grasa (%)
Vaca	2,05 ± 0,01 ^a	38,910 ± 0,007 ^b
Vaca-cabra	2,06 ± 0,01 ^a	39,416 ± 0,007 ^{ab}
Cabra	1,81 ± 0,01 ^b	39,676 ± 0,007 ^a

*Letras diferentes en la misma columna indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$). / * Different letters in the same column indicate significant difference ($p \leq 0,05$).

**Tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. / Three different percentages of goat and cow milk incorporation: 100 % cow's milk, 50 % cow's milk with 50 % goat's milk, 100 % goat's milk.

Cuadro 4. Valores promedio para las variables reológicas de fuerza de corte, fuerza de penetración y energía de penetración en las muestras de chocolate elaborados con la incorporación de leches caprina y bovina. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 4. Average values for the rheological variables of shear force, penetration force, and penetration energy in milk chocolate samples made with the incorporation of goat and cow milk. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Tipo de leche**	Media		
	Corte (N)	Dureza (N)	Energía de penetración (N s ⁻¹)
Vaca	121,86 ^a	20,88 ^a	67,34 ^a
Vaca-cabra	118,55 ^a	19,88 ^a	61,81 ^b
Cabra	119,24 ^a	17,70 ^b	54,59 ^c

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$). / * Different letters in the same column indicate a significant difference ($p \leq 0,05$).

**Tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. / Three different percentages of goat and cow milk: 100 % cow milk, 50 % cow milk with 50 % goat milk, 100 % goat milk.

chocolates de leche de cabra y los otros dos tipos, no obstante, no se encontraron diferencias entre chocolate de leche de vaca y el de la mezcla.

Viscosidad y tamaño de partícula

Según los valores promedio obtenidos para la viscosidad de los tres chocolates elaborados con los distintos tipos de leche (Cuadro 5), tanto el tipo de leche como el lote resultaron significativos ($p \leq 0,05$) sobre este parámetro. Se encontró una tendencia a disminuir la viscosidad al aumentar la cantidad de leche de cabra en el producto.

Cuadro 5. Valores promedio para la viscosidad de los chocolates elaborados con la incorporación de leches caprina y bovina, y resultado de la prueba de comparación de medias de Tukey. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 5. Average values for the elaborated chocolates' viscosity, made with the incorporation of goat and cow milk, and the result of the Tukey mean comparison test. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Tipo de leche**	Media (Pa/s)*
Vaca	28,4 ^a
Vaca-cabra	23,2 ^b
Cabra	16,8 ^c

*Letras diferentes indican que hay diferencia significativa ($p \leq 0,05$). / *Different letters indicate that there is a significant difference ($p \leq 0,05$).

**Tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. / Three different percentages of goat and cow milk: 100 % cow milk, 50 % cow milk with 50 % goat milk, 100 % goat milk.

Los valores de la determinación del tamaño de partícula en las tres muestras de chocolate obtenidos con el microscopio, fueron mayores a los obtenidos con el micrómetro. En ninguna de las determinaciones se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tipos de leche ni entre lotes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores promedio de tamaño de partícula, en las tres muestras de chocolate elaboradas con la incorporación de leches caprina y bovina, determinadas con el micrómetro y el microscopio. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 6. Particle size average values on the three chocolate samples made with the incorporation of goat and cow milk, determined using the micrometer and microscope. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Tipo de leche*	Tamaño de partícula (μm)	
	Micrómetro	Microscopio
Vaca	4,1 \pm 0,5	9 \pm 1
Vaca-cabra	4,0 \pm 0,4	9 \pm 2
Cabra	3,8 \pm 0,2	8,5 \pm 0,1

*Tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. / Three different percentages of goat and cow milk: 100 % cow's milk, 50 % cow's milk with 50 % goat's milk, 100 % goat's milk.

Color

Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el valor de L* de los chocolates preparados con los distintos tipos de leche y en las variables a*, b* y C* entre los distintos lotes preparados (Cuadro 7).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los valores de la variable L* de los chocolates con leche de vaca y los elaborados con la mezcla de leches. Con respecto al chocolate de leche de cabra, ninguno de los otros presentó significancia ($p \leq 0,05$) y este fue el que mostró una claridad intermedia. Una fotografía de los tres chocolates se muestra en la Figura 2, a simple vista la diferencia en la claridad de las muestras es poca pero perceptible.

Cuadro 7. Valores promedio para las coordenadas de color L*, a*, b*, C* y h° en las muestras de chocolate con la incorporación de leches caprina y bovina. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 7. Average values for the color coordinates L*, a*, b*, C*, and h° in the milk chocolate samples made with the incorporation of goat and cow milk. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Tipo de leche**	Media				
	L*	a*	b*	C*	h°
Vaca	37,00 ^a	12,66 ^a	15,62 ^a	20,12 ^a	50,70 ^a
Vaca-cabra	34,97 ^b	12,28 ^a	14,72 ^a	19,19 ^a	49,90 ^a
Cabra	35,44 ^{ab}	12,04 ^a	14,62 ^a	18,99 ^a	49,78 ^a

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$). / *Different letters in the same column indicate a significant difference ($p \leq 0,05$).

**Tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. / Three different percentages of goat and cow milk: 100 % cow milk, 50 % cow milk with 50 % goat milk, and 100 % goat milk.



Figura 2. Imagen ilustrativa de una muestra de los tres chocolates elaborados con distintas proporciones de leche: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Figure 2. Illustrative image of a sample of the three chocolates made with different milk ratios: 100 % cow's milk, 50 % cow's milk with 50 % goat's milk, and 100 % goat's milk. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. 2016.

Efecto del tipo de leche sobre el agrado general de los chocolates

Según el análisis de conglomerados, los consumidores se agruparon en cuatro grupos, según su agrado por los chocolates. En el primer conglomerado se agruparon 52 personas (47,3 %), en el segundo 33 personas (30,0 %) y en el tercer y cuarto conglomerado se agruparon 20 (18,2 %) y 5 (4,5 %) personas, respectivamente.

En todos los conglomerados, el tipo de leche generó un efecto significativo ($p \leq 0,05$) sobre la opinión de los consumidores, mientras que el efecto de los jueces solo fue significativo ($p \leq 0,05$) en el primer conglomerado. Se observaron dos grupos con mayor disimilitud en el conglomerado 1, en comparación con el resto (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores promedio del agrado de los chocolates elaborados con la incorporación de leches caprina y bovina y resultado de la prueba de LSD para cada conglomerado. Escuela de Tecnología de Alimentos (ETA) de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 2016.

Table 8. Average liking values of the chocolates made with the incorporation of goat and cow milk, and the result of the LSD test for each cluster. Food Technology School (ETA) of the Universidad de Costa Rica, San Jose Costa Rica. 2016.

Tipo de leche**	Promedio*			
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Vaca	8,73 ^a	5,85 ^b	7,34 ^a	8,60 ^a
Vaca-cabra	8,15 ^b	7,51 ^a	4,84 ^b	4,46 ^b
Cabra	7,88 ^b	7,54 ^a	4,58 ^b	9,26 ^a

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$). / *Different letters in the same column indicate a significant difference ($p \leq 0,05$).

**Tres diferentes porcentajes de incorporación de leche caprina y bovina: 100 % leche de vaca, 50 % leche de vaca con 50 % leche de cabra y 100 % leche de cabra. / Three different percentages of goat and cow milk: 100 % cow milk, 50 % cow milk with 50 % goat milk, and 100 % goat milk.

En el conglomerado 1, la muestra de chocolate con leche de vaca presentó un valor significativamente ($p \leq 0,05$) mayor en comparación con las otras, lo que indica un mayor agrado por parte de los consumidores, sin embargo, también se observaron valores altos con los chocolates que contenían leche de cabra en alguna proporción (Cuadro 8).

En el segundo conglomerado tampoco se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras de chocolate que contenía leche de cabra en alguna proporción. No obstante, las muestras con leche de vaca presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) que indicaron un menor agrado por parte de los jueces (Cuadro 8).

El conglomerado 3 mostró una tendencia en la que los chocolates que contenían solo leche de vaca presentó valores de agrado significativamente mayores ($p \leq 0,05$) que los chocolates con leche de cabra. En este caso se observó una mayor diferencia en el agrado de los chocolates con alguna proporción de leche de cabra y las que solo contenían leche de vaca (Cuadro 8).

Los consumidores en el cuarto conglomerado mostraron niveles de agrado similares entre los chocolates con leche de vaca y cabra, sin embargo, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con los chocolates elaborados con la mezcla de leches y el resto. A diferencia de los otros conglomerados, el 4 mostró menor agrado por el chocolate con la mezcla de leches en comparación con los que contenían un solo tipo de leche (Cuadro 8).

Discusión

La humedad de un chocolate depende tanto del proceso de manufactura, como de las materias primas utilizadas (Beckett, 2008). En teoría, el proceso de conchado disminuye la humedad de un chocolate, es decir, a mayor tiempo de conchado, menor humedad. El chocolate con leche de vaca pasó por el mayor tiempo de conchado, pero no presentó la menor humedad, lo que podría deberse a que los glóbulos grasos de la leche de cabra son más pequeños (Chacón Villalobos, 2005), y permiten una salida más rápida de la humedad, por lo tanto, la elaboración de chocolates con leche de cabra requiere un menor tiempo de conchado para obtener productos de baja humedad.

Por lo general, después del proceso de conchado, el chocolate contiene entre un 0,5 % - 1,5 % de humedad, ya que porcentajes entre 3 % - 4 % pueden provocar aglomeración del azúcar y una sensación de arenosidad en el producto final (Afoakwa, 2010). Según los resultados obtenidos en el presente estudio, los chocolates presentaron

una menor humedad conforme aumentó la proporción de leche de cabra, lo que indicaría que un mayor contenido de esta resultaría en un mayor contenido de grasa y en chocolates con mejores características sensoriales.

El porcentaje de grasa en los chocolates depende de su propósito, sin embargo, se encuentra por lo general en un rango entre 25 % y 35 %, valores mayores se encuentran en coberturas (Afoakwa, 2010). Los tres tipos de chocolate elaborados presentaron valores mayores al rango, por lo que se realizó un análisis de las materias primas y la formulación utilizada. Según el análisis, tres de los cuatro ingredientes principales aportan grasa: la manteca, los nibs (55 % de grasa) y la leche en polvo (26 % - 33 % de grasa), la suma de estos resulta en un porcentaje entre 38 % - 40 % en el producto. Por lo tanto, los chocolates elaborados tienen un contenido de grasa acorde con los valores teóricos esperados a partir de las formulaciones aplicadas. Sin embargo, el porcentaje de grasa de los chocolates también depende del contenido de grasa en las leches utilizadas (Yadav et al., 2016).

La textura final de un chocolate depende de diversos factores, por lo que es posible reconocer las materias primas utilizadas y detalles de cada etapa del proceso, como el temperado, que define el punto de quiebre, el brillo y la textura del producto final (Alvis et al., 2011; Tanabe & Hofberger, 2006). Todas las muestras fueron temperadas de la misma forma, no obstante, la dureza y fuerza de corte de los chocolates presentaron diferencias, lo que era esperable, ya que el tipo de leche fue el factor que más afectó la textura final. Según los resultados, ambos parámetros disminuyeron conforme aumentó la proporción de leche de cabra, hecho que Prawira y Barringer (2009) secundan al mencionar que la dureza del chocolate disminuye conforme aumenta su contenido de grasa. Esto puede deberse a la interferencia entre las proteínas de las leches utilizadas, que desestabilizaría la estructura proteica del producto mezcla (Chacón-Villalobos et al., 2013). Chocolates con más dureza requieren una mayor fuerza de corte, ya que generan curvas de mayor área y resistencia (Beckett, 2008). Por lo tanto, conforme aumenta la proporción de leche de cabra, la suavidad de los chocolates es mayor, característica que debe tomarse en cuenta a lo largo del proceso productivo. Un chocolate suave podría generar dificultades en la cadena de distribución, ya que es esperable que no se derrita en su envoltura (Dicolla et al., 2019). Del mismo modo, podría afectar la calidad y aceptación final del producto, ya que el consumidor valora un equilibrio entre la firmeza del chocolate y el tiempo que le toma fundirse (Leite et al., 2013).

La presencia de leche caprina demostró disminuir la viscosidad de los chocolates, ya que tiene características que le permiten brindar una mayor fluidez y disminuir la viscosidad (Rojas Castro, 2005). En comparación con la leche de vaca, los glóbulos de grasa y caseínas son más pequeños, no obstante, esta grasa suaviza la textura del chocolate, ya que la mayoría de sus lípidos son líquidos a temperatura ambiente. A lo largo del proceso de elaboración de los chocolates, la leche aporta diferentes caseínas que actúan como surfactantes y reducen la viscosidad (Afoakwa, 2010). Al comparar las leches de cabra y vaca, se puede observar que la caprina tiene un contenido de caseínas menor, no obstante, cada una tiene diferentes tipos de caseínas en proporciones específicas. La leche de cabra presenta la β -caseína y α -s-2 caseína, mientras que la leche de vaca contiene principalmente α -s-1 caseína (Chacón Villalobos, 2005). A partir de esta diferencia, las caseínas en la leche de cabra tienen un menor rango de sedimentación, mayor solubilidad que las β -caseínas y menor solvatación (Medeiros et al., 2010). Por lo tanto, se podría concluir que la viscosidad no dependió tanto de la cantidad de caseínas, sino de su tipo y del tamaño de las partículas en el producto.

Al igual que la viscosidad, el tamaño de partícula tendió a disminuir conforme aumentó el porcentaje de leche caprina en los chocolates, lo que se traduce en una reducción de sus diámetros, que causó un aumento en su cantidad, en el área expuesta y los puntos de contacto entre estas. Estas condiciones se dieron debido a interacciones químicas y mecánicas que disminuyeron los espacios entre aglomerados de partículas sólidas más grandes, provocaron una menor movilidad en el fluido y redujeron la viscosidad (Glicerina et al., 2015). En consecuencia, la leche caprina produce efectos contrarios entre la fluidez y el tamaño de partícula en los chocolates, por lo que la viscosidad podría depender más de la naturaleza de las partículas y menos de su tamaño. De acuerdo con varios autores, el comportamiento de la viscosidad podría caracterizarse mejor si los chocolates con algún contenido de

leche de cabra se evaluarán con base al límite de esfuerzo y viscosidad plástica, relacionándolos con el modelo de Casson (Beckett, 2008; Servais et al., 2004).

En el presente estudio se observaron diferencias entre las medidas de L^* de las muestras, por lo que se compararon los resultados con el estudio realizado por Briones et al. (2006), quienes comprobaron el efecto del tamaño de partícula y composición sobre el color de chocolates con leche. De acuerdo con sus resultados, no hubo significancia estadística para el tamaño de partícula, por lo que se podría inferir que las diferencias observadas en el chocolate con leche de vaca del presente estudio se debe a otros factores y no a esta característica.

Otros aspectos que podrían influir en el color del chocolate son el temperado y la cristalización; un crecimiento desorganizado de cristales los inestabilizaría y podría producir un reflejo desorientado de la luz (Afoakwa, 2010) o permitir un mayor paso de luz que una red cristalina estable, con valores mayores de L^* . La muestra con la mezcla de leches fue la más brillante, característica propia de un chocolate bien temperado. El chocolate de leche de vaca presentó menor brillo, lo que no indica un mal temperado, pero advierte una posible presencia de cristales inestables. Un estudio en chocolate oscuro mostró que un temperado incompleto resulta en valores de luminosidad mayores a los que se obtendrían por un sobretemperado, mientras que los chocolates no temperados presentaron valores cercanos al blanco (Afoakwa et al., 2008a). Sin embargo, los chocolates elaborados en el presente estudio no tuvieron problemas de temperado, lo que reafirma que las diferencias de luminosidad obtenidas no pueden atribuirse a diferencias en el temperado. Si un chocolate tiene pequeñas burbujas internas, se reduce la densidad, aumenta su cremosidad, tiene una coloración más clara y se derrite con mayor facilidad (Beckett, 2008). Las burbujas se forman durante el moldeado por la tensión superficial del chocolate, que depende de su viscosidad. Una mayor viscosidad de un chocolate temperado puede retrasar la salida de las burbujas y una alta presencia de estas le brindaría valores mayores de L^* al chocolate de leche de vaca.

Se midieron otros parámetros de color a^* , que varía entre rojo-amarillo y b^* entre verde-azul (Clydesdale, 1998), en los que no se pudo observar una tendencia específica relacionada con el tipo de leche. El chocolate es color café por la fermentación del cacao (Beckett, 2008), que resulta de una combinación de los parámetros a^* y b^* y una baja luminosidad. Todos los chocolates contenían la misma proporción de ingredientes proveniente de cacao, por lo que se asumiría que estos parámetros no fueron influenciados por el tipo de leche. Estas variables dependen de la distribución de partícula, de la capacidad de absorción y de los factores o coeficientes de dispersión (Afoakwa et al., 2008b). Con base en que el factor de dispersión es inversamente proporcional al diámetro de partícula en medios ligados, la no significancia entre los resultados de los tamaños de partícula, demuestra que el uso de leche de cabra en la elaboración de chocolates no tiene un efecto significativo sobre el color del producto final.

El análisis de agrado general puede verse afectado por factores como sabor, aroma y textura. En la prueba sensorial, es posible que algunas personas identificaran características particulares por las que no clasificaron el chocolate de cabra como su favorito. Por ejemplo, el chocolate de cabra era más suave, característica que pudo haber influido en la valoración de personas que prefieren un chocolate más quebradizo. Los panelistas del primer conglomerado (47,3 %), en que los promedios de agrado superaron un valor de 7,88, gustan de cualquier chocolate en general, ya que, en la escala híbrida de Villanueva et al. (2005), valores mayores a cinco representan algún nivel de agrado. Por lo tanto, se puede inferir que el grupo está constituido por consumidores habituales de chocolate que gustan de este en general. No obstante, algunos de ellos lograron identificar alguna característica que hizo que los chocolates que contenían alguna proporción de leche de cabra no fueran sus favoritos. De igual manera, el grupo 2 (30,0 %) otorgó valores promedio superiores a 7,5 a los chocolates con algún contenido de leche de cabra, en tanto que su agrado fue menor por el chocolate con leche de vaca, por lo que este grupo representa un posible nicho de mercado dispuesto a consumir el producto con leche de cabra.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que existe una oportunidad de comercialización para los chocolates con algún contenido de leche de cabra, pues la mayoría de los consumidores manifestaron niveles altos de agrado por los mismos. Esto se ha replicado en otros estudios con consumidores en que se han diferenciado grupos

de personas que manifiestan una buena aceptación por los productos preparados con leche de cabra o su mezcla con leche de vaca, como queso adaptado del tipo crottin de Chavignol (Chacón-Villalobos & Pineda-Castro, 2009), yogurt (Rojas-Castro et al., 2007), dulce de leche (Chacón-Villalobos et al., 2013) y helados (Chacón-Villalobos et al., 2016).

Conclusiones

Un mayor contenido de leche caprina tuvo un impacto en el chocolate y redujo el tiempo de conchado, la viscosidad, la luminosidad y la humedad, a medida que se asoció con un aumento en la suavidad. El tamaño de partícula y los demás parámetros de color no se vieron afectados por la inclusión de ningún porcentaje de leche caprina.

En el análisis sensorial de agrado se identificaron cuatro grupos de consumidores con perfiles de agrado diferentes, en la mayoría de los casos este fue inferior en aquellas formulaciones que incluían la leche caprina.

Los grupos que comprendieron un 77,3 % de los consumidores, otorgaron valores promedio de agrado altos (superiores a 7,5) a los chocolates con algún contenido de leche de cabra, en tanto que tres de los grupos (70 % de los consumidores) dieron valores promedio superiores a siete al chocolate con solo leche de vaca. Como sugieren los resultados sensoriales, podría existir un posible nicho de mercado dispuesto a consumir chocolates con algún contenido de leche de cabra, por lo que se podría explorar el comercio en el país. Del mismo modo, futuros estudios podrían establecer estimaciones asociadas a la vida útil de cada uno de los productos evaluados, así como estudiar el contenido nutricional particular de las mismas.

Referencias

- Afoakwa, E. (2010). *Chocolate science and technology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008a). Effects of tempering and fat crystallization behavior on microstructure, mechanical properties and appearance in dark chocolate systems. *Journal of Food Engineering*, 89(2), 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.021>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008b). Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.025>
- Álvarez Figueroa, M. L. (2012). *Comparación de las características fisicoquímicas y sensoriales de leche de cabra entera, descremada y deslactosada (entera y descremada) con las respectivas leches análogas de vaca, y de natilla elaborada con ambos tipos de leche (Nº 35202)* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI de la Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2595>
- Alvis, A., Pérez, L., & Arrazola, G. (2011). Determinación de las propiedades de textura de tabletas de chocolate mediante técnicas instrumentales. *Información Tecnológica*, 22(3), 11–18. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642011000300003>
- Barquero, M. (2012). *Análisis proximal de alimentos, Serie Química* (1ª ed.). Editorial Universidad de Costa Rica.
- Beckett, S. T. (2008). *The science of chocolate* (2nd ed.). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781847558053>
- Bidot-Fernández, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Revista Producción Animal*, 29(2), 32–41.

- Briones, V., Aguilera, J., & Brown, C. (2006). Effect of Surface topography on color and gloss of chocolate samples. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 776–783. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.08.004>
- 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., Araya-Quesada, Y. M., & Gamboa-Acuña, M. A. (2008). Percepciones y hábitos de consumo de la leche de cabra y sus derivados en los costarricenses. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 241–250. <https://doi.org/10.15517/AM.V19I2.5006>
- 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. <https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4946>
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M. L., & Méndez-Rojas, S. G. (2013). Efecto de la proporción de la 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>
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M. L., & Jiménez-Goebel, 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>
- Chocolate Alchemy. (2016). *Alchemist's notebook - Conching and refining*. <https://chocolatealchemy.com/conching-and-refining-old>
- Clydesdale, F. M. (1998). Color: origin, stability, measurement, and quality. In I. Taub, & P. Singh (Eds.), *Food storage stability* (1st ed. pp. 175–90). CRC Press LLC.
- Corrales Ureña, J., & Chacón Villalobos, A. (2005, Octubre 24). Estudio de opinión de consumidores sobre el queso fresco de cabra (*Capra hircus*) en Costa Rica. *Revista de Agricultura Tropical*, 35, 39–49. <https://hdl.handle.net/10669/78533>
- Costaguta, M. (2007). *Chocolate* (1^a ed.). Editorial Albatros.
- Dicolla, C. B., Evans, J. L., Hainly, L. L., Celtruda, S. L., Brown, B. D., & Anantheswaran, R. C. (2019). Descriptive sensory analysis of heat-resistant milk chocolates. *Food Science & Nutrition*, 7(9), 2806–2816. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1047>
- Fernández Fernández, E, Martínez Hernández, J. A., Martínez Suárez, V., Moreno Villares, J. M., Collado Yurrita, L. R., Hernández Cabria, M., & Morán Rey, F. J. (2014). Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 92–101. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla, M., & Romani, S. (2015). Effect of manufacturing process on the microstructural and rheological properties of milk chocolate. *Journal of Food Engineering*, 145, 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.039>
- Hunter Associates Laboratory, Inc. (2013). *User's manual for ColorFlex® EZ*. HunterLab.
- Latimer, G. (Ed.) (2005). *Loss on drying (moisture) in cacao products* (21st ed.). Association of Officiating Analytical Chemists.
- Laughter, J., Brown, B. D., & Anantheswaran, R. C. (2012). Manufacturing chocolate for entrepreneurial endeavors. In Y. Zhao (Ed.), *Specialty foods: Processing technology, quality, and safety* (1st ed.; Chapter 7; pp. 157–198). CRC Press LLC. <https://doi.org/10.1201/b12127>

- Leite, P. B., da Silva Bispo, E., & Radomille de Santana, L. R. (2013). Sensory profiles of chocolates produced from cocoa cultivars resistant to *Moniliophthora perniciosa*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), 594–602. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200031>
- Lima da Silva, P. D., Bezerra, M. de F., Olbrich dos Santos, K. M., & Pinto Correia, R. T. (2015). Potentially probiotic ice cream from goat's milk: characterization and cell viability during processing, storage and simulated gastrointestinal conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 452–457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.055>
- Medeiros, U. K. L., Medeiros, M. de F. D., & Passos, M. L. (2010). Goat milk powder production in small Agro-Cooperatives. In M. L. Passos, & C. P. Ribeiro (Eds.), *Innovation in food engineering. New techniques and products* (1st ed.; Chapter 18; pp. 539–578). CRC Press LLC. <https://doi.org/10.1201/9781420086072>
- Ocampo, R., & Cardona, H. (2016). Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana De Ciencia Animal*, 8(2), 177–186. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n2.2016.185>
- Prawira, M., & Barringer, S. A. (2009). Effects of conching time and ingredients on preference of milk chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(5), 571–589. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00272.x>
- Ribeiro, A. C., & Ribeiro, S. D. A. (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>
- Rodríguez, V. A., Cravero, B. F., & Alonso, A. (2008). Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra. *Ciència e Tecnologia de Alimentos*, 28, 109–115.
- Rojas Castro, W. (2005). *Evaluación del efecto de diferentes proporciones de leche de vaca y leche de cabra sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un yogurt batido de fresa* [Tesis de Licenciatura, no publicada]. Universidad de Costa Rica.
- Rojas-Castro, W. N., Chacón-Villalobos, A., & Pineda-Castro, M. L. (2007). Características del yogurt batido de fresas derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía Mesoamericana*, 18(2), 221–237. <https://doi.org/10.15517/AM.V18I2.5052>
- Servais, C., Ranch, H., & Roberts, I. D. (2004). Determination of chocolate viscosity. *Journal of Texture Studies*, 34(5–6), 467–497. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2003.tb01077.x>
- Tanabe, N., & Hofberger, R. (2006). Chocolate. In H. V. Hui (Ed.), *Handbook of food science, technology and engineering* (Vol. 3, pp. 149,1–149,11). CRC Press LLC.
- Varela Moreiras, G. (2018). La leche como vehículo de salud para la población. *Nutrición Hospitalaria*, 35(6), 49–53. <https://doi.org/10.20960/nh.2288>
- 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>
- Villanueva, N. D. M., Petenate, A. J., & Da Silva, M. A. A. P. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Performance*, 16(8), 691–703. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.013>

- Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. <http://hdl.handle.net/10625/12666>
- 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, J. M. (2005). *Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche*. Dirección General de Promoción Agraria, Ministerio de Agricultura; & Dirección de Crianzas. <https://bit.ly/3kyYPHo>