

PERFIL SENSORIAL Y FISICOQUÍMICO DEL QUESO CHIHUAHUA CONSIDERANDO LAS PREFERENCIAS DEL CONSUMIDOR

SENSORIAL AND PHYSICOCHEMICAL PROFILE OF CHIHUAHUA CHEESE CONSIDERING CONSUMER PREFERENCES

José A. López-Díaz y Nina del R. Martínez-Ruiz*

Laboratorio de Ciencias de los Alimentos, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas,
Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Anillo Envolverte
del Pronaf y Estocolmo s/n. 32310. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. (joslopez@uacj.mx)
(nmartine@uacj.mx).

RESUMEN

La industria de la leche y sus derivados son parte importante del sector productivo de México. Este sector agroindustrial en Chihuahua, México, es uno de los de mayor aportación en la economía de la región. El queso Chihuahua es uno de los derivados lácteos que distingue a la entidad, por sus características es el segundo queso, después del queso panela, con comercialización y consumo mayor en el país. El objetivo de este estudio fue la caracterización sensorial, y fisicoquímica de queso Chihuahua y su relación con las preferencias del consumidor. Diez jueces entrenados evaluaron atributos de olor, sabor y táctil en boca a 10 muestras de queso producido en Chihuahua. La composición proximal, el pH, la acidez, el contenido de sodio y el perfil proteico se determinaron. Las preferencias se evaluaron con pruebas de preferencia por ordenación y nivel de agrado con la participación de 120 consumidores. El queso Chihuahua se caracterizó por el olor medio a medio-alto de leche fresca, leche cocida y mantequilla fundida; con intensidad media-baja de sabor, firmeza, humedad y carácter graso. La composición y otras características variaron entre las muestras. El perfil proteico mostró péptidos de 24.0 a 34.7 kDa. Las propiedades fisicoquímicas del queso determinan su perfil sensorial, las preferencias del consumidor, y la aceptación o el rechazo del producto. A partir de las preferencias del consumidor en este estudio se elaboró un modelo fisicoquímico y sensorial del queso Chihuahua, que puede apoyar en la estandarización de la manufactura, calidad y aceptación de este queso.

Palabras clave: queso Chihuahua, preferencias de consumidor, perfil sensorial, perfil fisicoquímico, composición del queso.

ABSTRACT

The milk industry and its derivatives are an important Mexican productive sector. This agroindustry sector in Chihuahua, Mexico, is one of the most important in the economy of the region. Chihuahua cheese is a dairy product that distinguishes the state. Because of its characteristics, it is the second most commercialized and consumed in the country, after the “panela” cheese. The objective of this study was to assess the sensory, physicochemical characteristics of Chihuahua cheese and its relationship with consumer preferences. Ten trained judges evaluated the odor, taste and mouthfeel attributes on 10 cheese samples produced in Chihuahua. The proximate composition, pH, acidity, sodium content and protein profile were determined. We assessed the preference via preference-ranking and acceptance tests with 120 consumers. The Chihuahua cheese was characterized by its medium to medium-high odor of fresh milk, cooked milk, and melted butter; with medium-low intensity taste, firmness, moistness and fat character. The composition and other characteristics varied between samples. The protein profile showed peptides from 24.0 to 34.7 kDa. The physicochemical properties of the cheese determine its sensory profile, the consumer preferences, and the acceptance or rejection of the product. From the consumer preferences in this study, we elaborated a physicochemical and sensory profile model of Chihuahua cheese, which can support the standardization of Chihuahua cheese manufacturing, quality and acceptance.

Keywords: Chihuahua cheese, consumer preferences, sensory profile, physicochemical profile, cheese composition.

INTRODUCTION

Chihuahua cheese is also known as Menonita or Chester cheese; it is Mexican and traditional in the state of Chihuahua (González-Córdova *et al.*, 2016). This cheese has a soft or semi-hard

*Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: agosto, 2016. Aprobado: julio, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 52: 361-378. 2018.

INTRODUCCIÓN

El queso Chihuahua también se conoce como queso Menonita o Chester, es mexicano y tradicional en el estado de Chihuahua (González-Córdova *et al.*, 2016). Este queso tiene textura blanda o semidura y se obtiene por coagulación enzimática de leche pasteurizada, entera o estandarizada en grasa butírica, hasta lograr una pasta texturizada, acidificada y prensada (COFOCALEC, 2011). El queso Chihuahua se produce en México en plantas medianas o grandes con la infraestructura material y técnica para realizar la pasteurización de la leche y la adición de los fermentos lácticos y aditivos necesarios (Hervás, 2012). Este queso también se produce en pequeñas y micro empresas que en algunos casos usan leche cruda o sin pasteurizar y presentan variabilidad en los métodos de elaboración y en los parámetros de control en el proceso de fabricación y del producto terminado (Tunick *et al.*, 2008; Villegas de Gante, 2012; González-Córdova *et al.*, 2016).

El queso Chihuahua posee características que lo distinguen, pero diferencias en el control y estandarización de la materia prima y del proceso de elaboración (González-Córdova *et al.*, 2016) causan variaciones que generan diversidad de quesos con propiedades físicas, químicas y sensoriales particulares (Van Hekken *et al.*, 2006; Olson *et al.*, 2011). Para unificar las características del queso Chihuahua comercializado en México, se ha promovido la estandarización y especificaciones del producto (COFOCALEC, 2011). Sin embargo, la normativa no se aplica y se cumple parcialmente. Las apreciaciones empíricas y tradicionales son las causas principales de la heterogeneidad del producto (Olson *et al.*, 2011; González-Córdova *et al.*, 2016).

La persistencia de variaciones múltiples en el queso, aunque sean pequeñas, representan un efecto importante en los atributos sensoriales del queso Chihuahua (Van Hekken *et al.*, 2006; Olson *et al.*, 2011) y pueden determinar la aceptación o el rechazo del producto por el consumidor. El objetivo de este estudio fue determinar las características físico-químicas y sensoriales del queso Chihuahua, producido en el estado de Chihuahua, y su relación con las preferencias del consumidor. La hipótesis fue que la preferencia del consumidor por el queso está directamente relacionada con los atributos sensoria-

texture obtained by enzymatic coagulation of pasteurized milk, whole or standardized in fat, until a texturized, acidified and pressed paste is obtained (COFOCALEC, 2011). Chihuahua cheese is produced in Mexico in medium or large plants with the material and technical infrastructure to perform milk pasteurization and addition of lactic ferments and the necessary additives (Hervás, 2012). This cheese is also produced by small and micro companies that, in some cases, use raw or unpasteurized milk and have production methods variability and in the control parameters in the manufacturing process and the finished product (Tunick *et al.*, 2008; Villegas de Gante, 2012; González-Córdova *et al.*, 2016).

Chihuahua cheese has characteristics that distinguish it; however, differences in the control and standardization of the raw material and the manufacturing process (González-Córdova *et al.*, 2016) cause variations that generate a diversity of cheeses with particular physical, chemical and sensory properties (Van Hekken *et al.*, 2006; Olson *et al.*, 2011). In order to unify the Chihuahua cheese characteristics marketed in Mexico, standardization and product specifications have been promoted (COFOCALEC, 2011). However, the regulation is not applied and only partially fulfilled. Empirical and traditional assessments are the main causes of product heterogeneity (Olson *et al.*, 2011; González-Córdova *et al.*, 2016).

The persistence of multiple variations in the cheese even if small, represents an important effect on the sensory attributes of the Chihuahua cheese (Van Hekken *et al.*, 2006; Olson *et al.*, 2011) and determines the product's acceptance or rejection by consumers. The objective of this study was to determine the physicochemical and sensory characteristics of Chihuahua cheese, produced in the state of Chihuahua, and its relationship with consumer preferences. We hypothesized that the consumer's preference for the cheese directly relates to the sensory attributes derived from the physicochemical characteristics of the product.

MATERIALS AND METHODS

Experimental design

Chihuahua cheese samples were selected considering the following criteria: that the product had been made at the state

les derivados de las características fisicoquímicas del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Muestras de queso Chihuahua se seleccionaron considerando los siguientes criterios: que el producto fue elaborado en el estado de Chihuahua, empackado al vacío, con datos de etiquetado y del fabricante, de adquisición fácil para el consumidor en tiendas de conveniencia, y que su fecha de caducidad fuera mayor a 15 días después de la compra. Los productos tipo queso Chihuahua no se incluyeron en el muestreo. Las evaluaciones fisicoquímicas se hicieron por triplicado y las sensoriales (análisis descriptivo) por duplicado. Las variables fueron: contenido de humedad, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos totales, sodio, acidez y pH. Los atributos sensoriales fueron intensidad de olor, descripción de olor, humedad, carácter graso, firmeza, sabor dulce, salado, amargo y ácido e interacciones ácido-amargo, ácido-dulce y dulce-amargo, preferencia y nivel de agrado.

Obtención de las muestras

Según los criterios de inclusión, diez marcas de queso Chihuahua se obtuvieron en cuatro supermercados de Ciudad Juárez, Chihuahua. De cada una se adquirieron 3.3 kg de queso, en presentaciones de 0.55 o 1.10 kg, todos del mismo lote. Las muestras se transportaron en hielera, se identificaron con códigos aleatorios de tres dígitos y se almacenaron en refrigeración (2 a 4 °C) hasta su análisis.

Caracterización sensorial

Las muestras se caracterizaron sensorialmente con un análisis descriptivo por un panel entrenado de 10 jueces. Los atributos de fase olfativa fueron intensidad de olor, primera impresión y descripción del olor. En la fase bucal se consideraron caracteres de superficie, como humedad y carácter graso, los mecánicos, como la firmeza y sensaciones sápidas, como dulce, salado, amargo y ácido, y las interacciones ácido-amargo, ácido-dulce y dulce-amargo (Chamorro y Losada, 2002).

Primero, el panel de jueces se entrenó en cada atributo o descriptor por 6 semanas, con dos sesiones semanales. Para estimar la intensidad de percepción de cada atributo se utilizó una escala lineal de nueve puntos etiquetada en los extremos como “débil” y “fuerte”. Las porciones para cada panelista fueron 10 g de queso en vasos plásticos de ≈30 mL, identificados con números aleatorios de tres dígitos y a temperatura ambiente. Las

de Chihuahua, vacuum packed, with labeling and manufacturer data, of easy acquisition for the consumer in convenience stores, and that its expiration date was greater than 15 days after the purchase. The Chihuahua-like cheese products were not included in the sampling. We assessed the physicochemical characteristics by triplicate and the sensory evaluations (descriptive analysis) by duplicate. The variables were: moisture content, protein, fat, ash, total carbohydrates, sodium, acidity, and pH. Sensory attributes included odor intensity, odor description, moistness, fat character and firmness in mouthfeel, and sweetness, saltiness, bitterness, and acid taste and acid-bitter, acid-sweet and sweet-bitter interactions, preference and acceptance tests.

Obtaining the samples

According to the inclusion criteria, we sampled ten brands of Chihuahua cheese obtained in four supermarkets at Ciudad Juárez, Chihuahua. From each, 3.3 kg were purchased in 0.55 or 1.10 kg presentations, all from the same batch. We transported the samples in a cooler, identified them with three-digit random codes and stored them in refrigeration (2 to 4 °C) until analysis.

Sensory characterization

Samples were sensory characterized with a descriptive analysis by a trained panel of 10 judges. The attributes in the olfactory phase were odor intensity, first impression and odor description. In the oral phase, mouthfeel characteristics were considered, such as moistness and fat character, mechanical, such as firmness, taste and interactions, such as sweet, salty, bitter and acidic, and acid-bitter, acid- and bitter-sweet (Chamorro and Losada, 2002).

First, the judging panel trained in each attribute for 6 weeks, with two weekly sessions. To estimate the perception intensity of each attribute they used a 9-point linear scale, labeled at the end as “weak” and “strong”. The slices for each panelist were 10 g of cheese in ≈30 mL plastic glasses, identified with three-digit random numbers at room temperature. The samples were hand over in individual booths, in a balanced and randomized form, together with evaluation sheets. The judges rinsed their mouths with purified water (Aurrera®) at the beginning and between samples. Each attribute evaluated in different sessions (Chamorro and Losada, 2002; Lawless and Heymann, 2010).

Physicochemical characterization

The physicochemical determinations were carried out in 50 or 100 g samples; the total sample per trademark was 300 g. We sectioned the samples with a commercial cheese grater, homogenized and placed in identified plastic containers. The

muestras estaban en cabinas individuales, en forma balanceada y aleatorizada, junto con las fichas de evaluación. Los jueces se enjuagaron la boca con agua purificada (Aurrera®) al iniciar y entre muestras. Cada atributo se evaluó en sesiones diferentes (Chamorro y Losada, 2002; Lawless y Heymann, 2010).

Caracterización fisicoquímica

Las determinaciones fisicoquímicas se hicieron en muestras de 50 o 100 g, la muestra total fue 300 g por marca comercial. Las muestras se seccionaron con un rallador comercial para queso, homogenizaron y colocaron en recipientes plásticos identificados. Los contenidos de humedad, cenizas y proteína se determinaron con los métodos estandarizados de la AOAC (2000), 926.08, 935.42 y 920.123-1920, respectivamente. El contenido de grasa total se cuantificó por el método de Gerber-Van Gulik (DGN, 1984) y los carbohidratos totales se determinaron por diferencia de la composición total del producto (FAO, 2002). El contenido de sodio se estimó por estequiometría de NaCl, con el método de Volhard (método 935.43 AOAC), la acidez se determinó por el método volumétrico (método 920.124 AOAC) (AOAC, 2000) y se expresó como porcentaje de ácido láctico. El pH se determinó con un potenciómetro (DGN, 1970).

Los perfiles proteicos de las muestras de queso se evaluaron por electroforesis en geles de poliacrilamida, en condiciones desnaturalizantes y reductoras (SDS-PAGE). Los geles fueron de poliacrilamida, discontinuos y con gel de separación al 12 % (Laemmli, 1970). La separación de proteínas se realizó con voltaje constante de 110 V. Los marcadores de masa molecular fueron de intervalo amplio (Bio-Rad®). Los geles se tiñeron con azul de Coomassie R-250 (Bio-Rad®), de acuerdo con Merrill (1990). El análisis de los perfiles proteicos se realizó por densitometría con el software 1D Image Analysis (Kodak, USA) (Bahan, 1987).

Preferencias del consumidor

Preferencia por ordenación

Las pruebas de preferencia y nivel de agrado las realizaron 120 participantes universitarios (66 mujeres y 54 hombres), con una edad promedio de 22.8 ± 2.6 años. Los criterios de inclusión para participar en el estudio fueron consumir queso Chihuahua al menos una vez por semana (confirmación directa verbal con cada participante), no tener resfriado o enfermedad que afectara el sentido del gusto, como daño en nervios gustativos, o infecciones en vías respiratorias o que estuviera ingiriendo algún fármaco que afectara su percepción gustativa. La prueba de preferencia

moisture, ash and protein content were determined following the AOAC (2000) standardized methods, 926.08, 935.42 and 920.123-1920, respectively. We then quantified the total fat content with the Gerber-Van Gulik method (DGN, 1984). The total carbohydrates were determined by the difference of the total product composition (FAO, 2002). The sodium content was estimated by stoichiometry of NaCl, with the Volhard method (935.43 AOAC). Acidity was determined *via* the volumetric method (920.124 AOAC) (AOAC, 2000) and expressed as a lactic acid percentage. The pH was determined with a potentiometer (DGN, 1970).

The protein profiles of the cheese samples were evaluated by electrophoresis in polyacrylamide gels, in denatured and reduced conditions (SDS-PAGE). The gels were polyacrylamide, discontinuous with a 12 % separation gel (Laemmli, 1970). We performed the protein separation with a 110 V constant voltage. The molecular mass markers were a broad range (Bio-Rad®). The gels were then stained with Coomassie blue R-250 (Bio-Rad®), following Merrill (1990). The protein profiles analysis were performed by densitometry using the 1D Image Analysis software (Kodak, USA) (Bahan, 1987).

Consumer preferences

Preference-ranking test

The preference and acceptance tests were carried out by 120 university students (66 women and 54 men), with an average age of 22.8 ± 2.6 years. The inclusion criteria to participate in the study were consuming Chihuahua cheese at least once a week (direct verbal confirmation with each participant), not having a cold or illness that affected the taste sense, such as taste buds damage, infections in respiratory system pathways or ingesting a drug that would affect his gustatory perception. The preference-ranking test took place in two sessions, with five samples each. After analyzing the data from the first two sessions, a third session was held with the most preferred samples from the previous sessions. For these tests, consumers were asked to order the samples from most to least preferred. Each sample was presented in two 1.8 g portions each ($1 \times 1 \times 1.5$ cm), except in the third session, in which three cheese portions were provided. In these tests, samples were in ≈ 30 mL plastic glasses, identified with three-digits random numbers, at room temperature in a balanced and randomized manner for each consumer. The participants tested the samples from left to right and arrange them from the most to the least preferred. In all tests, consumers rinsed their mouths at the beginning and between samples. Consumers could taste samples again after having tried them all (Lawless and Heymann, 2010). At the third session, after the consumers ordered the samples, they tested them again and

por ordenación se realizó en dos sesiones, con cinco muestras en cada una. Después de analizar los datos de las dos primeras sesiones se realizó una tercera sesión con las muestras de mayor preferencia de las sesiones anteriores. Para estas pruebas se solicitó a los consumidores que ordenaran las muestras de mayor a menor preferencia. Cada muestra se presentó en dos porciones de 1.8 g cada una (1×1×1.5 cm), excepto en la sesión tres, en la que se proporcionaron tres porciones de cada queso. En estas pruebas las muestras estuvieron en vasos plásticos de ≈30 mL, identificadas con números aleatorios de tres dígitos, a temperatura ambiente en forma balanceada y aleatorizada para cada consumidor. Los participantes debían probar las muestras, de izquierda a derecha y ordenarlas de la más preferida a la menos preferida. En todas las pruebas los consumidores se enjuagaron la boca al inicio y entre muestras. Los consumidores podían volver a degustar las muestras después de haberlas probado todas (Lawless y Heymann, 2010). En la tercera sesión, después que los consumidores ordenaron las muestras, las probaron nuevamente y registraron la magnitud de su preferencia en una escala de 15 puntos, etiquetada en los extremos como 1: “menos preferida” hasta 15: “más preferida” (Meilgaard *et al.*, 2006).

Nivel de agrado

Para evaluar el nivel de agrado se seleccionaron las muestras de preferencia mayor, de las sesiones uno y dos. Las muestras se presentaron a temperatura ambiente, aleatoriamente y en forma monádica. Los participante registraron su nivel de agrado en una escala hedónica de nueve categorías, desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo” (Meilgaard *et al.*, 2006; Lawless y Heymann, 2010).

Análisis de datos

Los datos de intensidad de los atributos del análisis sensorial descriptivo se analizaron mediante ANDEVA de medidas repetidas. Los datos físicoquímicos y de la prueba de nivel de agrado se analizaron con ANDEVA de una vía, y comparaciones múltiples de Fisher en ambos casos. Para el ANDEVA, los datos se analizaron primero con la prueba de Levene y cuando fue significativa se compararon con t-Student para varianzas desiguales. Los datos de perfiles proteicos se analizaron por comparaciones de *k* proporciones con Chi cuadrada y comparaciones por pares con la prueba de *z*. Los datos no paramétricos de las pruebas de preferencia se analizaron con la prueba de Friedman y comparaciones por Nemenyi. Para analizar la relación entre los datos de nivel de agrado y la magnitud de preferencia se usó el coeficiente de correlación de Pearson y para estimar la relación entre la composición de las muestras y

recorded the magnitude of their preference on a 15-points linear scale, labeling the ends as 1: “least preferred” up to 15: “most preferred” (Meilgaard *et al.*, 2006).

Acceptance test

To evaluate the consumer degree of liking for cheese, the highest preference samples from sessions one and two were selected, presented at room temperature, randomly and in monadic form. The participants registered their degree of liking on a 9-point hedonic scale, ranging from “Like extremely” to “Dislike extremely” (Meilgaard *et al.*, 2006, Lawless and Heymann, 2010).

Data analysis

Intensity data from attributes in sensory descriptive analysis were analyzed by a repeated measure ANOVA. The physicochemical data and the acceptance test were analyzed with a one-way ANOVA, and Fisher’s multiple comparisons in both cases. For the ANOVA, the data were previously analyzed with the Levene test. When it was significant, they were compared with the t-Student for unequal variances test. Protein profile data were analyzed by *k* proportions comparisons with the Chi-square test and pairwise comparisons with the *z* test. The nonparametric data from the preference tests were analyzed with the Friedman test and comparisons by Nemenyi. The Pearson correlation coefficient test was used to analyze the relationship between the acceptability data and the preference magnitude. To estimate the relationship between the composition of the samples and the sensory analysis data, a linear regression analysis performed with an ANOVA (type III sum of squares) test (selecting the best model and adjusting R^2) was also used. All the analyzes were done with the XLSTAT program, version 2015.1 (Addinsoft® Paris, France). The results are presented in mean values $\pm$ standard deviation (SD). The criterion to set statistical significance was $p \leq 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Sensory characterization

Cheese is a product whose sensory characteristics are the result of multiple factors involved in its production such as the raw material quality, the type of the process, the native and added microbial cultures and the maturation time of the product. The biochemical transformation of cheese components such as lactose, fat and proteins, by the action of coagulants, milk enzymes and added lactic acid bacteria (LAB) contribute to the sensory characteristics

los datos del análisis sensorial se realizó un análisis de regresión lineal con ANDEVA con suma de cuadrados tipo III (considerando la selección del mejor modelo y R^2 ajustada). Todos los análisis se realizaron con el programa XLSTAT, versión 2015.1 (Addinsoft® París, Francia). Los resultados se presentan en valores promedio $\pm$ desviación estándar (DE). El criterio para establecer significancia estadística fue $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización sensorial

El queso es un producto cuyas características sensoriales son resultado de factores múltiples involucrados en su elaboración, como la calidad de la materia prima, el tipo del proceso, los cultivos microbianos nativos y adicionados y el tiempo de maduración del producto. La transformación bioquímica de los componentes del queso, como la lactosa, las proteínas y la grasa, por acción de los coagulantes, las enzimas de leche y de las bacterias ácido-lácticas (BAL) adicionadas contribuyen a las características sensoriales que identifican a cada queso (Marchesseau *et al.*, 1997; McSweeney y Souza, 2000). Seis muestras tuvieron intensidad mayor de olor, tres (Q2, Q4 y Q5) tuvieron olor atenuado y solo una (Q8) presentó olor muy débil ($p \leq 0.01$) (Cuadro 1).

El olor débil o su ausencia en un queso puede estar relacionado a fermentos con acción lipolítica baja (Navarro, 2015) o al tiempo breve de maduración (Gamboa *et al.*, 2013). La acción de lipasas y esterases de la leche (lipoproteinlipasa) y de BAL en la grasa del queso parecen ser los principales agentes que participan en el catabolismo de los ácidos grasos libres de cadena media y corta. Eso genera compuestos como metil cetonas, lactonas, ésteres, alcanos y alcoholes secundarios, que contribuyen a formar el conjunto olfato-gustativo del producto (Chamorro y Losada, 2002; Collins *et al.*, 2003). El panel estableció nueve descriptores de olor; el olor a leche fresca ($p=0.03$) y a leche cocida ($p=0.03$) destacaron. Las muestras Q3, Q6 y Q10 destacaron por su olor a mantequilla fundida ($p=0.03$) y Q7 por el olor a cuajada acidificada y yogurt ($p \leq 0.01$), esta última también fue la más ácida respecto a las demás ($p \leq 0.01$). El metabolismo de la lactosa por BAL produce L- y D-lactato que contribuye al sabor ácido del queso, particularmente en los de maduración corta (McSweeney y Souza, 2000). La acidez excesiva puede deberse a que

that identify each cheese (Marchesseau *et al.*, 1997; McSweeney and Souza, 2000). Six samples had high-intensity odor, three (Q2, Q4 and Q5) had an attenuated odor and only one (Q8) had a weak odor ($p \leq 0.01$) (Table 1).

Weak smell or its absence in a cheese can be related to ferments with low lipolytic action (Navarro, 2015) or short maturation time (Gamboa *et al.*, 2013). Milk lipases and esterases action (lipoprotein lipase) and LAB in cheese fat appear to be the main agents involved in the catabolism of medium and short chain free fatty acids. This generates compounds such as methyl ketones, lactones, esters, alkanes and secondary alcohols, which contribute to the olfactory-taste set of the product (Chamorro and Losada, 2002; Collins *et al.*, 2003). The panel established nine odor descriptors; the odor of fresh milk ($p=0.03$) and cooked milk ($p=0.03$) stood out. Q3, Q6 and Q10 samples stood out for their melted butter odor ($p=0.03$) and Q7 for the acidified curd and yogurt odor ($p \leq 0.01$), the latter also being the most acidic compared to the others ($p \leq 0.01$). The metabolism of lactose by LAB produces L- and D- lactate, which contributes to the acid taste of cheese, particularly in those of short maturation (McSweeney and Souza, 2000). The excessive acidity can be due to the fact that previously acidified milk was used, since it favors curd draining and allows the necessary acidity to obtain compact, smooth and elastic pastes ("cheddarization") and decreases the time of the process (Villegas de Gante, 2012). Other causes of increased acidity are uneven curd cuts, high curing temperature or low salt percentage (Keating, 2007). The cheese obtained from unpasteurized milk is more acidic, and in some cases generates a prickle mouthfeel (Van Hekken *et al.*, 2006). The relevance of controlling the acidification of cheese is because it determines microorganism's growth and enzymatic activity during maturation and indirectly affects the taste of cheese (Collins *et al.*, 2003).

The salty most taste corresponded to Q1 and Q9, which contrasted with that of Q2 and Q8 ($p=0.03$). This may be due to the amount of NaCl added or the salting method. Salt contributes to the cheese flavor, partly determines the quality and acceptance by the consumer. Saltiness, pH, water activity and redox potential help to minimize the deterioration and growth of pathogenic microorganisms in cheese (Ramírez-Navas *et al.*, 2017). In some cases, more salt is added to regulate the development of lactic

Cuadro 1. Perfil sensorial de diferentes muestras de queso Chihuahua.
Table 1. Sensory profile of different samples of Chihuahua cheese.

Atributo	Descriptor	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	p
Olor	Intensidad general	5.3±2.2 ^{abc}	4.75±3.2 ^{bc}	6.5±2.7 ^{ab}	4.3±1.4 ^c	4.3±1.8 ^c	6.0±2.6 ^{abc}	7.0±1.8 ^a	2.0±1.0 ^d	5.0±2.1 ^{abc}	6.3±2.1 ^{abc}	<0.01
	Leche fresca	1.4±1.2 ^{ab}	1.8±1.6 ^{ab}	1.8±1.6 ^{ab}	1.4±1.2 ^{ab}	3.0±1.3 ^a	2.2±1.9 ^{ab}	1.8±1.6 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.8±1.6 ^{ab}	2.6±1.8 ^{ab}	0.03
	Cuajada fresca	2.6±1.8 ^a	1.0±0.0 ^b	1.8±1.6 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	1.4±0.9 ^{ab}	1.4±0.9 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.4±1.2 ^{ab}	0.01
	Mantequilla fresca	1.0±0.0 ^b	1.4±1.2 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	2.2±1.2 ^a	1.0±0.0 ^b	1.4±1.0 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	2.2±1.9 ^a	0.02
	Leche cocida	1.0±0.0 ^b	2.2±1.7 ^{ab}	1.8±1.3 ^{ab}	1.4±1.2 ^{ab}	2.2±1.1 ^{ab}	2.6±1.2 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.8±1.6 ^{ab}	1.8±1.6 ^{ab}	2.8±1.7 ^a	0.03
	Mantequilla fundida	1.6±1.3 ^b	2.0±1.7 ^{bc}	3.4±1.7 ^{ab}	1.8±1.6 ^{bc}	1.0±0.0 ^c	3.4±2.4 ^{ab}	1.4±1.2 ^{bc}	1.8±1.6 ^{bc}	2.2±1.5 ^{abc}	4.2±3.1 ^a	0.03
	Cuajada acidificada	2.6±1.7 ^b	1.0±0.0 ^c	2.2±1.3 ^{bc}	1.8±1.6 ^{bc}	1.0±0.0 ^c	1.4±1.2 ^{bc}	5.4±3.5 ^a	1.0±0.0 ^c	1.0±0.0 ^c	1.0±0.0 ^c	<0.01
	Yogurt	1.8±0.7 ^{ab}	1.4±1.2 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	1.8±1.6 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	2.4±1.9 ^a	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	0.02
	Lactosuero acidificado	1.2±0.6 ^a	1.0±0.0 ^a	1.0±0.0 ^a	1.4±1.2	1.4±1.2 ^a	1.4±1.2	1.4±1.2 ^a	1.0±0.0 ^a	1.4±1.2 ^a	1.0±0.0 ^a	0.87
	Dulce	2.6±1.2 ^a	3.6±2.9 ^a	2.7±2.1 ^a	3.3±2.3 ^a	2.1±1.9 ^a	2.1±1.5 ^a	1.6±1.5 ^a	3.0±2.4	2.7±2.4 ^a	3.9±2.8 ^a	0.79
Sabor	Salado	5.2±2.5 ^a	2.2±1.9 ^c	3.6±2.9 ^{abc}	2.6±2.2 ^{bc}	3.2±2.8 ^{abc}	3.4±2.7 ^{abc}	3.0±2.9 ^{abc}	2.2±2.1 ^c	5.0±3.5 ^{ab}	4.0±3.3 ^{abc}	0.03
	Ácido	3.4±2.2 ^{bc}	3.6±2.5 ^{bc}	3.6±2.5 ^{bc}	3.0±1.8 ^{bc}	2.0±1.4 ^c	4.0±2.7 ^b	6.8±2.7 ^a	2.8±1.9 ^{bc}	3.6±2.8 ^{bc}	4.2±2.8 ^b	<0.01
	Amargo	3.6±1.8 ^{ab}	2.0±1.7 ^b	4.0±2.5 ^a	4.6±3.0 ^a	4.8±3.1 ^a	3.4±2.4 ^{ab}	3.6±2.5 ^{ab}	3.8±2.3 ^{ab}	4.0±3.0 ^a	3.4±3.0 ^{ab}	0.02
	Ácido-amargo	4.0±2.5 ^{ab}	2.8±2.2 ^{ab}	3.4±2.6 ^{ab}	3.8±3.1 ^{ab}	3.6±2.8 ^{ab}	4.8±2.5 ^a	4.4±2.6 ^a	3.4±2.0 ^{ab}	2.2±2.1 ^b	3.8±3.1 ^{ab}	0.03
Interacciones	Ácido-dulce	1.0±0.0 ^c	4.4±3.1 ^a	2.8±2.5 ^{abc}	3.0±2.8 ^a	1.8±1.6 ^{bc}	1.8±1.3 ^{bc}	1.8±1.5 ^{bc}	1.0±0.0 ^c	2.0±1.5 ^{bc}	2.6±1.9 ^{abc}	0.04
	Dulce-amargo	1.6±1.4 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	2.6±1.6 ^a	1.0±0.0 ^b	1.0±0.0 ^b	2.0±1.7 ^{ab}	1.0±0.0 ^b	1.2±0.6 ^b	1.2±0.6 ^b	1.0±0.0 ^b	<0.01
	Firmeza	2.6±0.5 ^d	3.5±0.8 ^{abc}	3.3±1.1 ^{bcd}	3.5±1.2 ^{abc}	3.5±0.7 ^{abc}	3.0±0.6 ^{cd}	4.4±1.3 ^a	2.9±0.7 ^{cd}	4.1±0.9 ^{ab}	3.5±1.2 ^{abc}	0.02
Táctil en boca	Humedad	3.3±0.8 ^a	3.3±0.4 ^a	3.2±0.7 ^{ab}	2.7±0.4 ^{bc}	2.5±0.5 ^{cd}	2.8±0.4 ^{abc}	2.0±0.6 ^d	2.9±0.7 ^{abc}	3.5±1.0 ^a	3.1±0.8 ^{abc}	<0.01
	Carácter graso	3.8±1.9 ^a	3.0±0.9 ^a	4.1±1.5 ^a	3.5±1.7 ^a	3.2±1.2 ^a	3.3±1.4 ^a	1.6±0.4 ^b	4.0±2.1 ^a	2.0±0.8 ^b	2.6±1.5 ^{ab}	<0.01

Q: muestras de queso Chihuahua. Medias ± DE (DE=0, todos los jueces indicaron 1 como la percepción mínima del atributo o descriptor). Escala de nueve puntos (1: Débil, 9: Fuerte). Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$). ♦: samples of Chihuahua cheese. Means ± SD (SD=0, all judges indicated 1 as the minimum perception of the attribute or descriptor). 9-point linear scale (1: Weak, 9: Strong). Different letters indicate statistical difference ($p \leq 0.05$).

se usó leche acidificada, ya que favorece el desuerado de la cuajada y permite la acidez necesaria para obtener pastas compactas, lisas y elásticas (“chedarización”) y disminuye el tiempo del proceso (Villegas de Gante, 2012). Otras causas de incremento de acidez son corte desigual de la cuajada, temperatura de curación elevada o porcentaje bajo de sal (Keating, 2007). El queso obtenido de la leche no pasteurizada es más ácido y en algunos casos genera sensación de picor (Van Hekken *et al.*, 2006). La relevancia del control de la acidificación del queso es porque al determinar el crecimiento de microorganismos y la actividad de enzimas durante la maduración indirectamente afecta el sabor del queso (Collins *et al.*, 2003).

El sabor más salado correspondió a Q1 y Q9 y contrastó con el de Q2 y Q8 ($p=0.03$). Esto puede deberse a la cantidad de NaCl adicionada o al método de salado. La sal contribuye al sabor del queso, determina en parte la calidad y la aceptación por el consumidor. El salado, el pH, la actividad de agua y el potencial redox contribuye a minimizar el deterioro y el crecimiento de microorganismos patógenos en el queso (Ramírez-Navas *et al.*, 2017). En algunos casos se adiciona más sal para regular el desarrollo de la microflora ácido-láctica y proteolítica en el queso (Tunik *et al.*, 2008). La reducción significativa de sal en los quesos puede generar sabor amargo. En nuestro estudio las muestras se caracterizaron por ciertas notas amargas, Q2 ($p=0.02$) fue la menor. La proteólisis contribuye directamente al sabor del queso, en características sápidas deseables e indeseables, como amargor. La influencia de proteasas bacterianas de los cultivos son relevantes en la elaboración del queso. El sabor amargo puede deberse al tipo de péptidos (principalmente hidrofóbicos) y aminoácidos libres (AAL) de la hidrólisis de la caseína y otras proteínas lácteas, por enzimas del coagulante (quimosina, pepsina o proteinasas fúngicas o vegetales), de la leche (plasmina, cathepsina D y otras proteinasas de células somáticas), de las BAL y por proteinasas exógenas utilizadas para acelerar la maduración del queso. El metabolismo secundario de péptidos, AAL y cambios en la matriz del queso facilita la liberación de compuestos amargos durante la masticación (McSweeney y Souza, 2000). El sabor amargo que imparten ciertos péptidos está determinado por el aminoácido terminal; cuando su concentración supera el umbral de percepción puede constituir un defecto del queso (Chamorro y Losada, 2002). Q4

acid and proteolytic microflora in the cheese (Tunik *et al.*, 2008). Significant reduction of salt in the cheeses can generate a bitter taste. In our study the samples were characterized by certain bitter notes, Q2 ($p=0.02$) was the lowest. Proteolysis directly contributes to the cheese taste, in both, desirable and undesirable sapid characteristics, such as bitterness. The influence of bacterial proteases from the cultures is relevant in the cheese elaboration. Bitter taste may be due to the peptides type (mainly hydrophobic) and free amino acids (FAA) from casein hydrolysis and other milk proteins, by enzymes of the coagulant (chymosin, pepsin or fungal or plant proteinases), from milk (plasmin, cathepsin D and other somatic cell proteinases), LAB and exogenous proteinases used to accelerate cheese maturation. The secondary metabolism of peptides, FAA and changes in the cheese matrix facilitates bitter compounds release during chewing (McSweeney and Souza, 2000). The bitter taste by certain peptides is determined by their terminal amino acid; when its concentration exceeds the perception threshold, it may constitute a defect in the cheese (Chamorro and Losada, 2002). Q4 and Q5 exhibited a higher fraction of peptides ranging from 12.0 to 23.9 kDa compared to Q2 ($p\leq 0.01$).

In the taste interactions, Q9 showed a less acid-bitter taste ($p=0.03$), Q2 and Q4 had higher acid-sweet taste compared to Q1 and Q8 ($p=0.04$). Q3 had a sweet-bitter interaction greater than Q2, Q4, Q5, Q7, Q8, Q9 and Q10 ($p\leq 0.01$). The taste interactions allow to establishing the effect of one taste over another in food (Chamorro and Losada, 2002). In our study, the judges perceived less bitter taste when they evaluated the interaction with acid and sweet, than when they evaluated this taste separately in the same sample. That is, the adequate balance of sweet and acid taste in Chihuahua cheese has a suppressive effect on the bitter taste and can contribute to generate its typical flavor.

Samples showed medium-low balance in mouthfeel attributes (Table 1). This is characteristic of young cheese or that in a young maturation stage (Moushumi *et al.*, 2012). Q1 showed the lowest firmness ($p=0.02$), Q5 and Q7 were perceived as those with the lowest moistness ($p\leq 0.01$) and Q7 and Q9 had the lowest fat character among the samples ($p\leq 0.01$). The protein matrix in cheese plays a major role in its characteristics and functional properties, controls the water content and

y Q5 presentaron fracción mayor de péptidos entre 12.0 y 23.9 kDa en comparación con Q2 ($p \leq 0.01$).

En las interacciones de sabor, Q9 mostró menos sabor ácido-amargo ($p=0.03$), Q2 y Q4 tuvieron mayor sabor ácido-dulce en comparación con Q1 y Q8 ($p=0.04$). Q3 tuvo la interacción dulce-amargo mayor que Q2, Q4, Q5, Q7, Q8, Q9 y Q10 ($p \leq 0.01$). Las interacciones de sabor permiten establecer el efecto de un sabor sobre otro en el alimento (Chamorro y Losada, 2002). En nuestro estudio, los jueces percibieron menos sabor amargo cuando evaluaron la interacción con ácido y dulce, que cuando evaluaron separado este sabor en la misma muestra. Es decir, el balance adecuado de sabor dulce y ácido en el queso Chihuahua tiene efecto supresor del sabor amargo y puede contribuir a generar su sabor típico.

Las muestras mostraron balance medio-bajo en las características táctil en boca (Cuadro 1). Esto es característico de quesos jóvenes o con etapa breve de maduración (Moushumi *et al.*, 2012). Q1 presentó la firmeza menor ($p=0.02$), Q5 y Q7 se percibieron con la menor humedad ($p \leq 0.01$) y Q7 y Q9 tuvieron el carácter graso menor entre las muestras ($p \leq 0.01$). La matriz proteica del queso tiene una función principal en las características y propiedades funcionales del queso, controla el contenido de agua y el equilibrio de los componentes dentro de la matriz, influye en la firmeza del queso y en la homogeneidad de los glóbulos de grasa (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2012). La composición de ácidos grasos en la grasa de la leche puede afectar significativamente la firmeza y el sabor del queso (Caro *et al.*, 2014).

Características fisicoquímicas

Las muestras tuvieron humedad entre 38.8 % (Q9) y 44.9 % (Q10) ($p \leq 0.01$) (Cuadro 2). Todos los quesos tuvieron la humedad establecida para el queso Chihuahua (45 % máx.) (COFOCALEC, 2011). El contenido de proteína fue de 17.6 % (Q4) a 21.4 % (Q5) ($p \leq 0.01$) y ninguno de los quesos tuvo el contenido proteico mínimo (23 %) establecido para el queso Chihuahua (COFOCALEC, 2011). La materia proteica es uno de los principales componentes por su valor nutrimental e influencia en el rendimiento. El contenido de proteína en la leche puede variar entre periodos estacionales, razas y alimentación de los animales, u otros factores. La leche para producir

the balance of components within the matrix and influences the firmness and homogeneity of the fat globules (Ramírez-López and Vélez-Ruiz, 2012). The composition of fatty acids in milk fat can significantly affect firmness and cheese taste (Caro *et al.*, 2014).

Physicochemical characteristics

The sample's moisture content was between 38.8 % (Q9) and 44.9 % (Q10) ($p \leq 0.01$) (Table 2). All cheeses had the established moisture for Chihuahua cheese (45 % max.) (COFOCALEC, 2011). Protein content was 17.6 % (Q4) to 21.4 % (Q5) ($p \leq 0.01$). None of the sampled cheeses had the minimum protein content (23 %) established for Chihuahua cheese (COFOCALEC, 2011). The protein material is one of the main components for its nutritional value and influence cheese yield. Protein content in milk can vary between seasonal periods, breeds and animal feed, or other factors. The milk used to produce cheese should be standardized in its casein / fat ratio, but standardization is usually only carried out by adjusting the fat content, on the assumption that the protein content does not change between successive or seasonal milking; this, causes variability in the product quality. The moisture, fat and protein content influence the sensory characteristics from cheese, mainly its texture (Caro *et al.*, 2014). In our study, a linear regression analysis indicated significance between the firmness perceived by the sensory panel and the protein, fat and mineral content ($p=0.02$, adjusted $R^2=0.72$).

During the cheese manufacture, fat globules are trapped in a protein network. This prevents the protein from forming aggregates and determines the cohesion and elasticity of the gel, which in turn modulates the pH and ionic strength of cations, such as Na^+ and Ca^{+2} . Small changes in these conditions can greatly affect the structure of the cheese and consequently affect its sensorial properties (Marchesseau *et al.*, 1997). The fat content was between 26.2 % (Q9) and 34.2 % (Q8) ($p \leq 0.01$). The gustatory perception of the fat character was closely related to the fat, protein and mineral content of the cheese ($p=0.03$, R^2 adjusted = 0.71). The minimum fat content for Chihuahua cheese is 28.0 % (COFOCALEC, 2011), due to its fatty matter it has a great influence on the development and organoleptic quality of cheese; this because it dissolves components that release odor and modifies the perception thresholds and interferes in

Cuadro 2. Composición fisicoquímica de queso Chihuahua.
Table 2. Physicochemical composition of Chihuahua cheese.

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos totales (%)	Sodio (mg/100 g)	Acidez [†] (% EAL)	pH
Q1	42.0 ± 0.4 ^{bc}	21.3 ± 0.7 ^{ab}	28.7 ± 0.8 ^d	3.7 ± 0.1 ^b	4.3 ± 0.5 ^{cde}	610.8 ± 9.0 ^a	7.5 ± 0.1 ^c	6.1
Q2	41.9 ± 0.8 ^{bc}	20.0 ± 0.6 ^{bcde}	31.2 ± 0.8 ^c	3.5 ± 0.0 ^{de}	3.4 ± 0.8 ^{de}	398.5 ± 1.8 ^e	3.8 ± 0.1 ^g	6.0
Q3	42.0 ± 0.5 ^{bc}	20.8 ± 0.6 ^{abc}	30.7 ± 0.3 ^c	3.3 ± 0.0 ^f	3.3 ± 0.6 ^e	475.0 ± 3.5 ^c	8.1 ± 0.0 ^b	5.8
Q4	41.6 ± 0.3 ^{bc}	21.4 ± 0.6 ^a	28.3 ± 0.3 ^{de}	3.6 ± 0.1 ^{cd}	5.1 ± 0.6 ^{bcd}	508.8 ± 8.3 ^{bc}	7.5 ± 0.2 ^c	5.8
Q5	42.6 ± 0.3 ^b	17.6 ± 0.3 ^f	32.3 ± 0.3 ^b	3.7 ± 0.0 ^b	3.8 ± 0.8 ^{de}	594.5 ± 3.6 ^a	4.1 ± 0.0 ^f	6.3
Q6	42.2 ± 0.6 ^{bc}	20.5 ± 0.3 ^{abcd}	27.7 ± 0.3 ^e	3.6 ± 0.1 ^c	6.0 ± 0.7 ^{abc}	442.7 ± 2.0 ^d	9.1 ± 0.1 ^a	5.8
Q7	41.9 ± 0.8 ^c	20.7 ± 0.1 ^{abc}	28.5 ± 0.5 ^{de}	3.4 ± 0.0 ^{ef}	6.4 ± 1.5 ^{ab}	288.9 ± 11.1 ^f	9.0 ± 0.2 ^a	5.9
Q8	40.3 ± 1.1 ^d	18.6 ± 0.5 ^{ef}	34.2 ± 0.8 ^a	3.3 ± 0.0 ^f	3.6 ± 2.1 ^{de}	443.8 ± 8.4 ^{cd}	5.2 ± 0.1 ^e	6.0
Q9	44.9 ± 0.2 ^a	19.2 ± 1.8 ^{de}	26.2 ± 0.8 ^f	3.3 ± 0.1 ^f	6.4 ± 0.8 ^{ab}	319.1 ± 8.5 ^f	2.7 ± 0.1 ^h	6.5
Q10	38.8 ± 0.5 ^e	19.7 ± 1.2 ^{cde}	30.7 ± 0.3 ^c	3.8 ± 0.0 ^a	7.0 ± 1.2 ^a	518.7 ± 1.5 ^b	6.9 ± 0.1 ^d	6.1

[†]Acidez titulable (% EAL: equivalente de ácido láctico). Valores promedio ± DE (DE indicada como 0.0 significa DE ≤ 0.1). Letras diferentes indican diferencia significativa entre columnas a $p \leq 0.05$. ♦ [†]Titratable acidity (% EAL: lactic acid equivalent). Average values ± SD (SD indicated as 0.0 means SD ≤ 0.1). Different letters indicate significant difference between columns at $p \leq 0.05$.

queso debe estar estandarizada en su proporción de caseína/grasa. Pero, la estandarización se lleva a cabo generalmente solo ajustando el contenido de grasa, por la suposición de que el contenido de proteína no cambia entre ordeñas sucesivas o estacionalmente; esto, ocasiona variabilidad en la calidad del producto. El contenido de humedad, grasa y proteína influyen en las características sensoriales del queso, principalmente en la textura (Caro *et al.*, 2014). En nuestro estudio, el análisis de regresión lineal indicó significancia entre la firmeza percibida por el panel sensorial y el contenido de proteína, grasa y minerales ($p=0.02$, R^2 ajustada=0.72).

Durante la manufactura del queso los glóbulos de grasa quedan atrapados en una red proteica. Esto evita que la proteína forme agregados y determina la cohesión y elasticidad del gel, que a la vez la modula el pH y la fuerza iónica de los cationes, como Na^+ y Ca^{+2} . Cambios pequeños en estas condiciones pueden repercutir ampliamente en la estructura del queso y, en consecuencia, afectar sus propiedades sensoriales (Marchesseau *et al.*, 1997). El contenido de grasa fue de 26.2 % (Q9) a 34.2 % (Q8) ($p \leq 0.01$). La percepción gustativa del carácter graso se relacionó estrechamente con el contenido de grasa, proteína y minerales del queso ($p=0.03$, R^2 ajustada=0.71). El contenido mínimo de grasa para el queso Chihuahua es 28.0 % (COFOCALEC, 2011), por su materia grasa ejerce gran influencia en el desarrollo y calidad organoléptica del queso; esto porque disuelve

the balance of the dissociated and non-dissociated forms of fatty acids (Chamorro and Losada, 2002). In contrast, the high fat content in a weak protein matrix (Q8) affected the sensory properties. Therefore, this feature can be a limiting factor in the final product acceptance. Higher fat-protein proportion affects the interaction between proteins, causes weak texture, which can be a defect on the product (Jonhson *et al.*, 2009).

The assessed samples had sodium contents from 288.9 mg per 100 g in sample (Q1) to 610.8 mg per 100 g in sample (Q5) ($p \leq 0.01$). The sodium content is related to the salting process of the paste; 70 to 85 % is attributed to Na^+ and 15 to 30 % to Cl^- (Villegas de Gante, 2012; Ramírez-Navas *et al.*, 2017). The samples identified as the saltiest were Q1 and Q9, but the sodium content in Q9 was one of the lowest. Linear regression analysis showed no significant relationship between both variables. The difference between sensory perception and sodium content could be related to the cheese composition; particularly, Q9 had the lowest fat content and the highest moisture and pH. In reduced fat cheeses, greater taste has been detected when the salt-moisture ratio increases (Jonhson *et al.*, 2009). The pH higher than 5.8 promotes excess Ca^{+2} ions linked to the paracasein molecules, which causes excessive Na^+ incorporation in the molecule and affects its microstructure (Ramírez-Navas *et al.*, 2017). Thus, salting can cause undesirable effects on flavor (Hernández-Morales *et*

componentes que imparten olor y modifica los umbrales de percepción, e interviene en el equilibrio de las formas disociadas y no disociadas de los ácidos grasos (Chamorro y Losada, 2002). En contraste, el contenido alto de grasa en una matriz proteica débil (Q8) afectó las propiedades sensoriales. Por lo tanto, esta característica puede ser un factor limitante en la aceptación final del producto. La proporción mayor de grasa-proteína afecta la interacción entre las proteínas, por lo tanto ocasiona textura débil, que puede ser un defecto del producto (Jonhson *et al.*, 2009).

Las muestras tuvieron contenido de sodio desde 288.9 mg por 100 g de muestra (Q1) hasta 610.8 mg por 100 g de muestra (Q5) ($p \leq 0.01$). El contenido de sodio se relaciona con el salado de la pasta; 70 a 85 % se atribuye al Na^+ y 15 a 30 % al Cl^- (Villegas de Gante, 2012; Ramírez-Navas *et al.*, 2017). Las muestras identificadas como las más saladas fueron Q1 y Q9, pero el contenido de sodio en Q9 fue uno de los menores. El análisis de regresión lineal no mostró relación significativa entre ambas variables. La diferencia entre la percepción sensorial y el contenido de sodio podría estar relacionada con la composición del queso; particularmente, Q9 tuvo el contenido de grasa menor y la humedad y pH mayores. En quesos reducidos en grasa se ha detectado mayor sabor cuando la relación de sal-humedad incrementa (Jonhson *et al.*, 2009). El pH superior a 5.8 promueve exceso de iones Ca^{+2} vinculados a la molécula de paracaseína, lo que causa incorporación excesiva de Na^+ en la molécula y afecta su microestructura (Ramírez-Navas *et al.*, 2017). Así, el salado puede causar efectos indeseables en el sabor (Hernández-Morales *et al.*, 2010) y detener la maduración natural del queso (Villegas de Gante, 2012).

La acidez titulable se encontró entre 2.7 % (Q9) y 9.1 % (Q6 y Q7) de ácido láctico ($p < 0.01$). En el queso Chihuahua, la acidificación de la pasta permite obtener la textura y el proceso de maduración adecuados. Los productos son los responsables de parte de los cambios en la apariencia, textura, olor, sabor y aroma del queso (Chamorro y Losada, 2002). Durante la fermentación de la lactosa por BAL, algunos intermediarios del piruvato son transformados a compuestos que contribuyen al sabor, como diacetil, acetoina, acetaldehído y ácido acético (Smith *et al.*, 2005). La acidez incrementa al máximo en las primeras horas o días y luego disminuye, porque el

al., 2010) and stop the natural maturation process of the cheese (Villegas de Gante, 2012).

The titratable acidity was between 2.7 % (Q9) and 9.1 % (Q6 and Q7) from lactic acid ($p \leq 0.01$). In Chihuahua cheese, the acidification of the paste allows to obtain an adequate texture and maturation process. The products derived from this process are responsible for some of the changes in the appearance, texture, odor, taste and aroma of cheese (Chamorro and Losada, 2002). During lactose fermentation by LAB, some pyruvate intermediates transformed into compounds that contribute to flavor, such as diacetyl, acetoin, acetaldehyde and acetic acid (Smith *et al.*, 2005). Acidity increases to the maximum in the first hours or days and then decreases, because the lactic acid combines with calcium and other salts in the cheese. The high acidity of the samples could relate to young cheeses or short maturation periods (Villegas de Gante, 2012). Only Q7 was rated as the most acidic. However, the relation between the sensory perception in acidity and the composition of the cheese was not significant; although, a tendency of the mineral and carbohydrate content of the cheese was observed ($p = 0.09$). The low acidity of the cheese may be due to the very low salt content, among other factors (Keating, 2007). This could relate to the low sodium content of Q7. Salt reduction can also cause negative changes in LAB growth and risk of increased pathogenic microorganisms in cheese (Ramírez-Navas, 2017).

The pH of the samples ranged between 5.8 and 6.5 (Q9). The pH of all the samples was higher than the interval for Chihuahua cheese (5.0 to 5.5) (COFOCALEC, 2011) and similar to that of fresh, young cheeses (Ramírez-López and Vélez-Ruiz, 2012). If the curd is not properly acidified during cheese making process ($\sim \text{pH } 6.0$) and pressing time is short, the cheese pH is not sufficiently reduced and its melting capacity is affected (Marchesseau *et al.*, 1997). The suggested maturation for Chihuahua cheese is at least 7 days; although, this type of cheese develops better organoleptic characteristics with greater than a month maturation lapses (Villegas de Gante, 2012). In the practice, cheese is immediately packed after pressing (Cervantes *et al.*, 2006), this avoids the aeration phase, which is important to reduce moisture, increase acidity and reduce pH. These factors contribute to the development of the characteristics that distinguish this cheese.

ácido láctico se combina con el calcio y otras sales en el queso. La acidez elevada de las muestras podría estar relacionada con quesos sin madurar o etapas de maduración breves (Villegas de Gante, 2012). Solamente Q7 se calificó como la más ácida. Pero, la relación entre la percepción sensorial en acidez y la composición del queso no fue significativa; aunque, sí se observó una tendencia del contenido mineral y de carbohidratos del queso ($p=0.09$). La acidez baja del queso puede deberse al contenido muy bajo de sal, entre otros factores (Keating, 2007). Esto podría relacionarse con el contenido bajo de sodio de Q7. Las reducciones de sal también pueden ocasionar cambios negativos en el crecimiento de BAL y riesgo de incremento de microorganismos patógenos en el queso (Ramírez-Navas, 2017).

El pH de las muestras estuvo entre 5.8 y 6.5 (Q9). El pH de todas las muestras fue superior al intervalo establecido para el queso Chihuahua (5.0 a 5.5) (COFOCALEC, 2011) y similar al del queso fresco, sin madurar (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2012). Si la cuajada no se acidifica adecuadamente durante la elaboración del queso ($\sim$ pH 6.0) y el tiempo de prensado es corto, el pH de los quesos no se reduce suficientemente y su capacidad de fundido se afecta (Marchesseau *et al.*, 1997). La maduración sugerida para el queso Chihuahua es de al menos 7 días; aunque, este tipo de queso desarrolla características organolépticas mejores con maduración mayor a un mes (Villegas de Gante, 2012). En la práctica el queso se empaca inmediatamente después del prensado (Cervantes *et al.*, 2006), esto evita el "oreado", que es una fase importante para reducir la humedad, incrementar la acidez y reducir el pH. Estos factores contribuyen al desarrollo de características que distinguen a este queso.

Trece bandas de proteínas se identificaron y correspondieron a masas estimadas desde 6.7 hasta 34.7 kDa (Figura 1).

Los intervalos de los péptidos en función de su masa estimada fueron: péptidos de masa menor, hasta 11.9 kDa (A), péptidos de masa media, de 12.0 a 23.9 kDa (B) y péptidos de masa mayor, de 24.0 a 36.0 kDa (C). Las muestras analizadas mostraron contenido mayor de péptidos con masa estimada de 24.0 a 36.0 kDa. Estos resultados concuerdan con lo encontrado en muestras de queso Chihuahua con una semana de maduración (Olson *et al.*, 2011) y corresponde a quesos frescos típicos (Tunik *et al.*,

Thirteen protein bands were identified and corresponded to estimated masses from 6.7 up to 34.7 kDa (Figure 1).

Three intervals of the peptide sizes as a function of their estimated mass were identified: small mass peptides, up to 11.9 kDa (A), medium mass peptides, from 12.0 to 23.9 kDa (B) and high mass peptides, from 24.0 to 36.0 kDa (C). Overall, the analyzed samples showed higher peptide content with estimated mass between 24.0 and 36.0 kDa. These results agree with those found in one-week maturation Chihuahua cheese samples (Olson *et al.*, 2011) and corresponds to typical fresh cheeses (Tunik *et al.*, 2008, Moushumi *et al.*, 2012). Q2, Q4 and Q5 had the lowest small peptides proportion and Q1, Q3, Q6 and Q10 the highest ($p<0.01$). Q2, Q6 Q7, Q9 and Q10 showed the lowest medium mass peptides proportion and Q5 the highest ($p<0.01$). Q5 and Q1 had the lowest high mass peptides proportion; Q2 had the highest proportion of these peptides ($p<0.01$).

The coagulant and the lactic acid, sodium chloride and milk enzymes carry out the first proteolysis. During cheese maturation, peptides are generated and amino acids released by the action of endopeptidases, aminopeptidases and carboxypeptidases. The peptides and generated FAA contribute to the development of the basic olfactory-tasting characteristics of the product. The bitter taste in cheese correlates with the hydrophobicity of peptides generated in the cheese matrix (Ramírez-López and Vélez-Ruiz, 2012), specifically in the proteolysis of α_{s1} -casein and β -casein (Moushumi *et al.*, 2012). This characteristic was mainly identified at Q4 and Q5, which had the highest peptide content, between 12.0 and 23.9 kDa. This could be because the cheeses did not have a greater enzymatic hydrolysis phase of these peptides, due to insufficient stage of maturation, which eliminated them along with their bitter taste (Olson *et al.*, 2011). Another cause of intensive proteolysis may be the excessive addition of coagulant together with sodium chloride or lactic cultures (Keating, 2007). Q4 and Q5 had particularly higher sodium content. The fraction of smaller mass peptides was homogeneous among the cheeses; in this fraction, free amino acids can be broken down into amines, ammonia, carbon dioxide, methanethiol, alcohols and other compounds that influence the cheese flavor and color (Chamorro and Losada, 2002). Several short peptides, less than

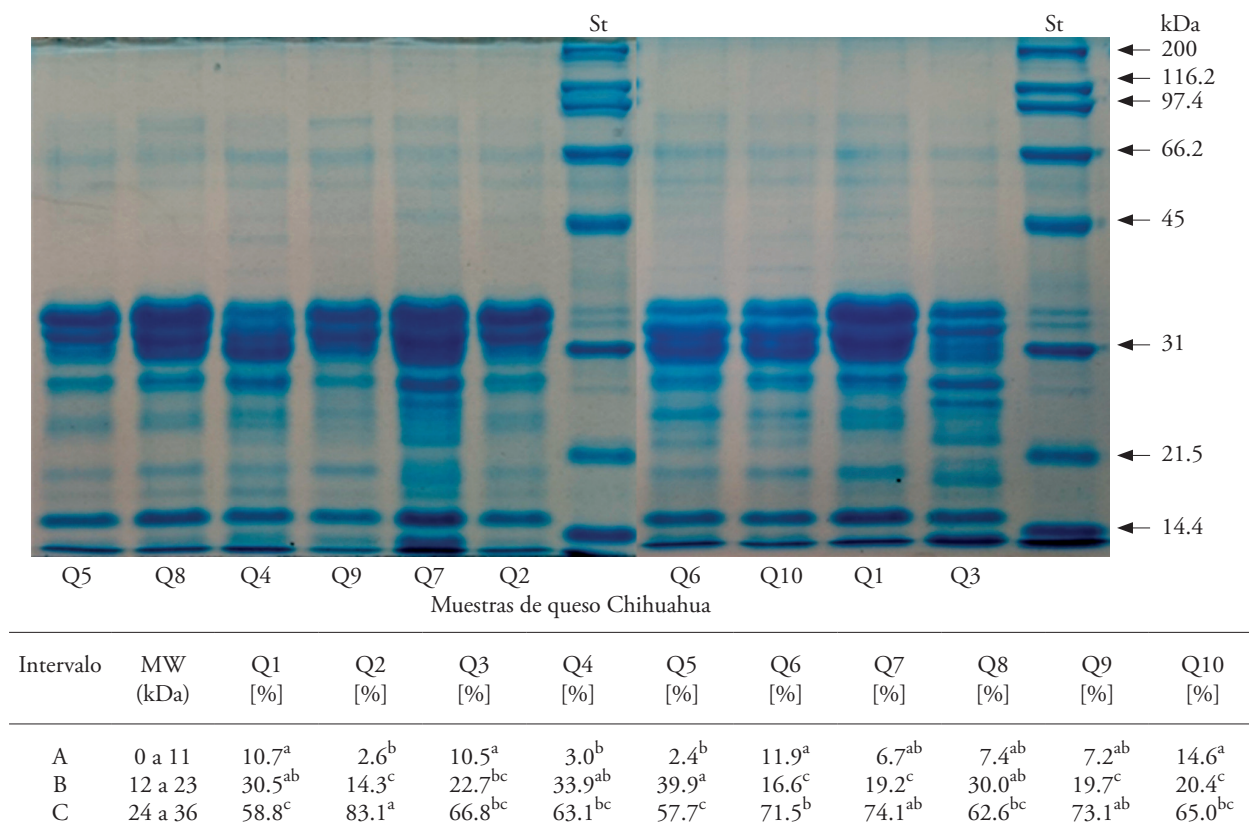


Figura 1. Perfiles e intervalos de péptidos en queso Chihuahua. St: estándar. Intervalos de bandas peptídicas en función de su masa estimada. Comparación entre muestras de un mismo intervalo de bandas. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Figure 1. Profiles and peptide intervals in Chihuahua cheese. St: standard. Peptide intervals bands according to their estimated mass. Comparison between samples of the same range bands interval. Different letters indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

2008; Moushumi *et al.*, 2012). Q2, Q4 y Q5 tuvieron la proporción menor de péptidos pequeños y Q1, Q3, Q6 y Q10 la mayor ($p \leq 0.01$). Q2, Q6 Q7, Q9 y Q10 mostraron la proporción menor de péptidos de masa media y Q5 la mayor ($p \leq 0.01$). Q5 y Q1 presentaron la proporción menor de péptidos de masa mayor y Q2 tuvo la proporción mayor de estos péptidos ($p \leq 0.01$).

Una primera proteólisis la realiza el coagulante junto con el ácido láctico, el cloruro de sodio y las enzimas en la leche. Durante la maduración del queso se generan péptidos y se liberan aminoácidos por acción de las endopeptidasas, aminopeptidasas y carboxipeptidasas. Los péptidos y AAL generados contribuyen al desarrollo de las características olfato-gustativas básicas del producto. El sabor amargo en el queso se correlaciona con la hidrofobicidad de péptidos generados en la matriz

1000 Da, give umami taste to cheese (Moushumi *et al.*, 2012).

Consumer preferences

At the first preference test Q2, Q3 and Q5 were the most preferred ($p \leq 0.01$) (Figure 2a); in the second test Q6 and Q10 ($p \leq 0.01$) were the most preferred (Figure 2b). A joint analysis of the ten samples indicated that Q8 was intermediate between the most preferred and the least preferred cheese ($p \leq 0.01$); therefore, this sample was included in the last preference test. Thus, we confirmed that, out of the six samples, Q8 was the least preferred one ($p \leq 0.01$) (Figure 2c). The acceptance of these samples by the consumers relates to their protein, fat, minerals and carbohydrates content ($p \leq 0.01$, adjusted $R^2 = 0.77$).

del queso (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2012), específicamente en la proteólisis de α_{s1} -caseína y β -caseína (Moushumi *et al.*, 2012). Esta característica se identificó principalmente en Q4 y Q5, que tuvieron el contenido mayor de péptidos entre 12.0 y 23.9 kDa. Esto pudo deberse a que los quesos no tuvieron una fase mayor de hidrólisis enzimática de estos péptidos, por una etapa insuficiente de maduración, que los eliminara junto con su sabor amargo (Olson *et al.*, 2011). Otra causa de proteólisis más intensiva puede ser la adición excesiva de coagulante junto con cloruro de sodio o cultivos lácticos (Keating, 2007). En particular Q4 y Q5 tuvieron contenido mayor de sodio. La fracción de péptidos de masa menor fue más homogénea entre los quesos; en esta fracción los aminoácidos libres pueden descomponerse en aminas, amoníaco, anhídrido carbónico, metanotiol, alcoholes y otros compuestos que impactan el sabor y color del queso (Chamorro y Losada, 2002). Varios péptidos cortos, de menos de 1000 Da, imparten sabor umami al queso (Moushumi *et al.*, 2012).

Preferencias del consumidor

En la primera prueba de preferencia Q2, Q3 y Q5 fueron más preferidos ($p \leq 0.01$) (Figura 2a); en la segunda prueba fueron Q6 y Q10 ($p \leq 0.01$) (Figura 2b). Un análisis conjunto de las diez muestras indicó que Q8 fue intermedio entre los quesos más preferidos y los menos preferidos ($p \leq 0.01$); por eso, esta muestra se incluyó en la última prueba de preferencia. Con ella se confirmó que de las seis muestras Q8 fue la menos preferida ($p \leq 0.01$) (Figura 2c). La aceptación de estas muestras por el consumidor se relacionó con su contenido de proteína, grasa, minerales y carbohidratos ($p \leq 0.01$, R^2 ajustada=0.77).

El análisis de magnitud de preferencia entre las muestras permitió identificar las diferencias entre las muestras con preferencia mayor (Figura 3a). En esta prueba Q2 y Q3 fueron las más preferidas y Q8 la menos preferida ($p \leq 0.01$). La prueba de nivel de agrado mostró la aceptación de Q2, Q3 y Q6, además confirmó que Q8 fue la menos aceptada ($p \leq 0.01$) (Figura 3b). La magnitud de preferencia de las seis muestras se correlacionó significativamente con el nivel de agrado de los consumidores ($r=0.85$, $p=0.03$).

The analysis of preference magnitude between the samples allowed identifying the differences between the samples with greater preference (Figure 3a). In this test, Q2 and Q3 were the most preferred and Q8 the least ($p \leq 0.01$). The acceptance test showed that Q2, Q3 and Q6 were most accepted, and Q8 was the least ($p \leq 0.01$) (Figure 3b). The preference magnitude of the six samples significantly correlated with the consumer acceptance test ($r=0.85$, $p=0.03$).

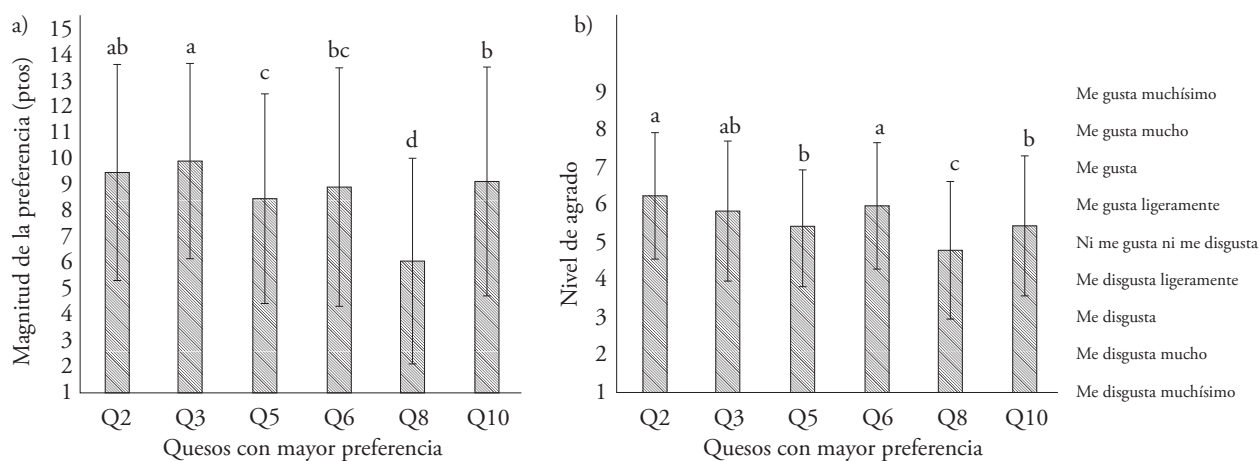
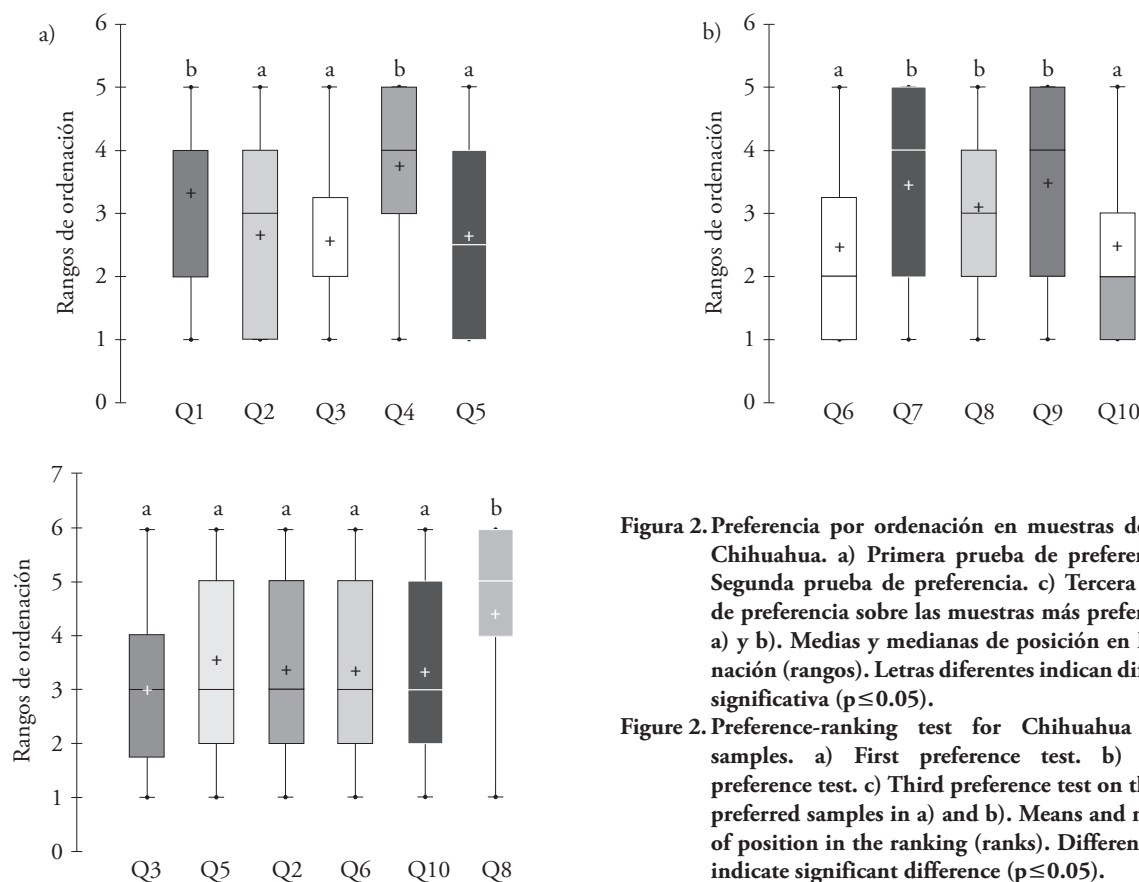
In our study, the use of a 15-points linear scale to estimate the magnitude of the preferences and the 9-point hedonic scale to measure the acceptability of the samples, allowed to determine among the samples the most preferred by the consumers. The comparison of both methods has shown that the hedonic scale is superior to the magnitude estimation (Moskowitz and Sidel, 1971; Warren *et al.*, 1982). In our study both tests had an important correlation and confirmed consumer preferences by two different methods.

The descriptive analysis (trained judges) and consumer tests (affective tests) together allowed identifying that the variability in the cheese attributes, perceived by the judges, was related to the acceptance or rejection of the product by the consumers. Thus, high acidity (Q7), salty taste (Q1, Q9), weak odor, high fat content (Q8) or bitter taste (Q4, Q5) were factors that limited the consumer preferences. With the information on consumer preferences, physicochemical (Table 3) and sensory profile (Table 4) models characterizing the cheeses of this study were elaborated.

These models can be the basis for standardizing Chihuahua cheese manufacturing based on consumer preferences and current Mexican regulations. The proposed models allow identifying how close or far a product is respect to the product preferred by the consumers (Ojeda *et al.*, 2015). The information on the product position helps direct the producers to reformulate or modify the cheese making process (López-Velázquez *et al.*, 2012; Almanza-Rubio *et al.*, 2013). The sensory and physicochemical profile models of the product also provide reference characteristics that Chihuahua cheese must meet to be within the consumer's preferences.

CONCLUSIONS

The variability in the physicochemical parameters of the Chihuahua cheese affects its sensory profile



En nuestro estudio el uso de una escala lineal de 15 puntos, para estimar la magnitud de las preferencias y de la escala hedónica de nueve categorías, para medir el nivel de agrado de las muestras, permitió determinar entre las muestras las más preferidas por el consumidor. La comparación de ambos métodos ha mostrado que la escala hedónica es superior a la estimación de magnitud (Moskowitz y Sidel, 1971; Warren *et al.*, 1982). En nuestro estudio ambas pruebas tuvieron una correlación importante y confirmaron las preferencias del consumidor por dos métodos diferentes.

El análisis descriptivo (jueces entrenados) y las pruebas en consumidor (pruebas afectivas) en conjunto permitieron observar que la variabilidad en los atributos del queso, percibida por los jueces, se relacionó con la aceptación o rechazo del producto por el consumidor. Así, acidez alta (Q7), sabor a salado (Q1, Q9), olor débil, contenido de grasa alto (Q8) o sabores amargos (Q4, Q5) fueron factores que limitaron la preferencia de los consumidores. Con la información de las preferencias del consumidor se elaboraron modelos de perfil fisicoquímico (Cuadro 3) y sensorial (Cuadro 4) que caracterizaron a los quesos de este estudio.

Estos modelos pueden ser una base para estandarizar la manufactura del queso Chihuahua con base en las preferencias del consumidor y en la normatividad mexicana vigente. Los modelos propuestos permiten identificar que tan cerca o lejos se encuentra un producto con respecto al producto preferido por el consumidor (Ojeda *et al.*, 2015). La infor-

and with it, the consumer preferences, which can determine the product's acceptance or rejection.

The consumer preferences detected in this study allowed to establish sensory and physicochemical profile models as a support tool to standardize the characteristics of Chihuahua cheese, with an unique quality and recognized acceptance.

—End of the English version—



mación de posición del producto ayuda a dirigir al productor para reformular o modificar el proceso de elaboración del queso (López-Velázquez *et al.*, 2012; Almanza-Rubio *et al.*, 2013). Los modelos de perfil sensorial, fisicoquímico del producto también proporcionan características de referencia que debe reunir un queso Chihuahua para estar dentro de las preferencias del consumidor.

CONCLUSIONES

La variabilidad en los parámetros fisicoquímicos del queso Chihuahua afecta su perfil sensorial y con él, las preferencias del consumidor, lo que puede determinar la aceptación o rechazo del producto.

Las preferencias del consumidor detectadas en este estudio permitieron establecer modelos de perfil sensorial y fisicoquímico como herramienta de apoyo para estandarizar las características del queso

Cuadro 3. Modelo de perfil fisicoquímico del queso Chihuahua considerando las preferencias del consumidor.
Table 3. Physicochemical profile model of Chihuahua cheese considering consumer preferences.

	Unidad	Media [†]	Intervalo [†]	Requerimiento NMX-738 [§]
Humedad	%	42.0	41.9 a 42.2	45.0 máx
Proteína	%	20.4	20.0 a 20.8	23.0 min
Cenizas	%	3.5	3.3 a 3.6	NE
Grasa total	%	29.8	27.6 a 31.2	28.0 min
Carbohidratos totales	%	4.2	3.3 a 6.0	NE
Sodio	mg/100 g	438.7	398.5 a 475.0	NE
Acidez	% EAL	7.0	3.8 a 9.1	NE
pH		5.9	5.8 - 6.0	5.5
Péptidos (0 a 11.9 kDa)	%	8.3	2.6 a 11.9	-
Péptidos (12.0 a 23.9 kDa)	%	17.8	14.3 a 22.7	-
Péptidos (24.0 a 36.0 kDa)	%	73.8	66.8 a 83.1	-

EAL: equivalente de ácido láctico. NE: valor no especificado. [†]Valor medio e intervalo en función de los valores promedio de los quesos más preferidos (Q2, Q6 y Q3). [§](COFOCALEC, 2011). ❖ EAL: lactic acid equivalent. NE: non-specified value. [†]Average value and interval based on the average values of the most preferred cheeses (Q2, Q6 and Q3). [§](COFOCALEC, 2011).

Cuadro 4. Modelo de perfil sensorial del queso Chihuahua considerando las preferencias del consumidor.
Table 4. Sensory profile model of Chihuahua cheese considering consumer preferences.

Atributo	Familia	Subfamilia	Descriptor	Media [†]	Intervalo [†]	Intensidad [§]
Olor	Láctica	L. fresca	Intensidad general	5.8	4.8-6.5	Media-Media alta
			Leche fresca	1.9	1.8-2.2	Media baja
			Cuajada fresca	1.3	1.0-1.8	Débil
			Nata	1.1	1.0-1.4	Débil
		L. acidificada	Mantequilla fresca	1.3	1.0-1.4	Débil
			Leche cocida	2.2	1.8-2.6	Media baja
			Mantequilla fundida	2.9	2.0-3.4	Media baja
			Cuajada acidificada	1.5	1.0-2.2	Débil
			Yogurt	1.1	1.0-1.4	Débil
			Lactosuero acidificado	1.1	1.0-1.4	Débil
Sabor			Dulce	2.8	2.1-3.6	Media baja
			Salado	3.1	2.2-3.6	Media baja
			Ácido	3.7	3.6-4.0	Media baja
			Amargo	2.9	2.0-3.4	Media baja
			Ácido-amargo	3.7	2.8-4.8	Media baja
			Ácido-dulce	3.0	1.8-4.4	Media baja
			Dulce-amargo	1.9	1.0-2.6	Media baja
Táctil en boca			Firmeza	3.3	3.0-3.5	Media baja
			Humedad	3.1	2.8-3.3	Media baja
			Carácter Graso	3.5	3.0-4.1	Media baja

[†]Valor promedio e intervalo en función de los valores promedio de los quesos más preferidos (Q2, Q6 y Q3) en una escala de 9 puntos. [§]Criterio de interpretación de la escala lineal: 1 débil, 2 a 4 media-baja, 5 media, 6 a 8 media-alta, 9 alta. [‡]Average value and intervals based on the average values of the most preferred cheeses (Q2, Q6 and Q3) on a 9-point linear scale. [§]Interpretation criterion of the linear scale: 1 weak, 2 to 4 medium-low, 5 medium, 6 to 8 medium-high, 9 high.

Chihuahua, con una calidad única y aceptación reconocida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el financiamiento de esta investigación a través de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Los autores desean expresar que en la realización y las conclusiones de esta investigación, no existe conflicto de intereses.

LITERATURA CITADA

- Almanza-Rubio, J. L., R. E. Orozco-Mena, and N. Gutiérrez-Méndez. 2013. Assessing consumer preference toward Chihuahua cheese and Chihuahua-type cheese. *Téc. Chih.* 7: 123-131.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th Ed. Official methods cheese. Gaithersburg, MD, USA. pp: 69-88.
- Bahan, S. B. 1987. Drying and Storage of Polyacrylamide Slab Gels: A Simple Procedure. *Anal. Biochem.* 163: 42-44.
- Caro, I., S. Soto, L. Fuentes, N. Gutiérrez-Méndez, B. García-Islas, and J. M. Monroy-Gayoso. 2014. Compositional, functional and sensory characteristics of selected Mexican cheeses. *Food Nutr. Sci.* 5: 366-375.
- Cervantes, F., A. Villegas de Gante, A. Cesín, and A. Espinoza. 2006. Los quesos mexicanos genuinos: un saber hacer que se debe rescatar y preservar. III Congreso Internacional de la Red SIAL "Alimentación y Territorios". España. 38 p.
- Chamorro, M. C., y M. M. Losada. 2002. El análisis sensorial de los quesos. *Tecnología de Alimentos*. Mundi-Prensa. España. 235 p.
- COFOCALEC (Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados A.C.). 2011. Norma Mexicana NMX-F-738-COFOCALEC-2011 Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Queso-Chihuahua-Denominación. Especificaciones y Métodos de Prueba. *Diario Oficial de la Federación* 18(DCXIII): 70 p.
- Collins, Y. F., P. L. H. McSweeney, and M. G. Wilkinson. 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolims in cheese: a review of current of current knowledge. *Int. Dairy J.* 13: 841-866.
- DGN (Dirección General de Normas). 1970. NMX-F-099-1970. Método de prueba para la determinación de pH en quesos

- procesados. <http://goo.gl/w4brQb> (Consulta: febrero 2015).
- DGN (Dirección General de Normas). 1984. NMX-F-100-1984. Alimentos. Lácteos. Determinación de grasa butírica en quesos. <http://goo.gl/4uO3KP> (Consulta: febrero 2015).
- FAO. 2002. Food and nutrition paper. Food energy-Methods of analysis and conversion factors. Report of a Technical workshop, Roma. <http://goo.gl/uOq0i6> (Consulta: enero 2016).
- Gamboa, J. G., D. Rojas, L. G. R. Canul, and E. J. Ramírez. 2013. Determination of the quality of cheese "Chihuahua" type: Sensory and physicochemical approaches. *Food Sci. Nutr.* 25: 409-417.
- González-Córdova, A. F., C. Yescas, A. M. Ortiz-Estrada, A. De la Rosa-Alcaraz, A. Hernández-Mendoza, and B. Vallejo-Córdova. 2016. Invited review: Artisanal Mexican cheeses. *J. Dairy Sci.* 99: 3250-3262.
- Hernández-Morales, C., A. Hernández-Montes, E. Aguirre-Mandujano, and A. V. De Gante. 2010. Physicochemical, microbiological, textural and sensory characterization of Mexican Añejo cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 63: 552-560.
- Hervás, A. 2012. El mercado del queso en México. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. ICEX Instituto Español de Comercio Exterior. México. 33 p. <http://goo.gl/vIbHpN> (Consulta: noviembre 2015).
- Johnson, M. E., R. Kapoor, D. J. McMahon, D. R. McCoy, and R. G. Narasimmon, 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: Scientific and technological aspects. *Compr. Rev. Food Sci. F.* 8: 252-268.
- Keating, P. F. 2007. Introducción a la Lactología. 2da. ed. Limusa. México. 266 p.
- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Lawless, H. T., and H. Heymann. 2010. Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices. 2nd. ed. Springer. USA. 587 p.
- López-Velázquez, J., T. Gómez-Alvarado, M. Hernández-Cervantes, R. Santiago-Cabrera, G. Ramón-Canul, J. M. Juárez-Barrientos, and E. D. J. Ramírez-Rivera, 2012. Mapas externos de preferencias de jueces entrenados y consumidores: comparación del desempeño y determinación de la preferencia. *Tecnociencia Chih.* 6: 9-21.
- Marchesseau, S., E. Gastaldi, A. Lagaude, and J. L. Cuq. 1997. Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. *J. Dairy Sci.* 80: 1483-1489.
- McSweeney, P. L. H., and M. J. Sousa. 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait* 80: 293-324.
- Meilgaard, M., G. V. Civille, and B. T. Carr. 2006. Sensory Evaluation Techniques. 4th. ed. CRC Press. USA. 464 p.
- Merril, C. R. 1990. Gel-staining techniques. *In: Deutscher, M.P. Guide to Protein Purification.* Academic Press. USA. pp: 477-488.
- Moskowitz, H. R., and J. L. Sidel. 1971. Magnitude and hedonic scales of food accept ability. *J. Food Sci.* 36: 677-680.
- Moushumi, P., A. Nuñez, D. L. Van Hekken, and J. A. Renye. 2012. Sensory and protein profiles of Mexican Chihuahua cheese. *J. Food Sci. Technol.* 51: 3432-3438.
- Navarro, A. 2015. Quesos Sabores y Olores. Defectos en Sabores y Olores. <http://goo.gl/8dW8Qh> (Consulta: noviembre 2015).
- Ojeda, M., I. Etaio, M. P. Fernández, M. Albisu, J. Salmerón, and F. J. Pérez. 2015. Sensory quality control of cheese: going beyond the absence of defects. *Food Control* 51: 371-380.
- Olson, D. W., D. L. Van Hekken, M. H. Tunick, P. M. Tomasula, F. J. Molina-Corral, and A. A. Gardea. 2011. Mexican Queso Chihuahua: Functional properties of aging cheese. *J. Dairy Sci.* 94: 4292-4299.
- Ramírez-López, C., y J. FVélez-Ruiz. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos Ing. Alimentos* 6: 131-148.
- Ramírez-Navas, J. S., J. Aguirre-Londoño, V. A. Aristizabal-Ferrerira, y S. Castro-Narváez. 2017. La sal en el queso: Diversas interacciones. *Agron. Mesoam.* 28: 303-316.
- Smith, G., B. A. Smith, and W. J. M. Engels, 2005. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiol. Rev.* 29: 591-610.
- Tunick, M. H., D. L. Van Hekken, F. J. Molina-Corral, P. M. Tomasula, J. Call, J. Luchansky, and A. A. Gardea. 2008. Queso Chihuahua: Manufacturing procedures, composition, protein profiles, and microbiology. *International J. Dairy Technol.* 61: 62-69.
- Van Hekken, D. L., M. Drake, F. J. M. Corral, V. M. G. Prieto, and A. A. Gardea. 2006. Mexican Chihuahua cheese: sensory profiles of young cheese. *J. Dairy Sci.* 89: 3729-38.
- Villegas de Gante, A. 2012. Tecnología Quesera. 2da. ed. Trillas. México. 408 p.
- Warren, C., J. Pearce, and B. Korth, 1982. Magnitude estimation and category scaling. *ASTM Stand. News* 10: 15-16.