

RESPUESTAS EMOCIONALES EN CONSUMIDORES DE QUESO DE ZACAZONAPAN Y PROBABILIDAD DE CONSUMO DURANTE MADURACIÓN

CONSUMER EMOTIONAL RESPONSES TO ZACAZONAPAN CHEESE AND PROBABILITY OF ACCEPTANCE DURING RIPENING

Verenice **Torres-Salas**, Arturo **Hernández-Montes***

Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Texcoco, México.
(sensorial@prodigy.net.mx)

RESUMEN

Las emociones y su medición en consumidores permiten diferenciar productos y predecir la elección del consumidor. El objetivo de este estudio fue determinar las emociones generadas por consumidores de queso de Zacazonapan, para distinguir quesos con diferentes características físicas, químicas y sensoriales, pero con la misma aceptabilidad y estimar el tiempo máximo de maduración del queso por la probabilidad de consumo cuando esta sea igual al 50%. La hipótesis por probar fue que las muestras de queso de Zacazonapan con diferencias físicas, químicas y sensoriales, a pesar de tener la misma aceptabilidad se pueden diferenciar a través de las emociones de los consumidores y la probabilidad de consumo disminuye con la maduración. Para el análisis de las variables físicas y químicas se aplicó un diseño completamente al azar, para la aceptabilidad e intensidad de emociones un diseño de bloques completos al azar, y un análisis de supervivencia para la aceptación del queso con diferente maduración. A quesos de cinco queserías (A, B, C, D y E) se les determinó pH, composición química parcial, magnitud de diferencia (d') entre dos pares de quesos, perfil descriptivo, aceptabilidad, e intensidad de emociones. Solo al queso C se le determinó vida útil sensorial; existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las variables físicas y químicas, excepto en pH. Los quesos con aceptabilidad mayor fueron A, B, C y E. El queso A se relacionó con el atributo astringencia, B y C con cualidad arenosa, sequedad, dureza y friabilidad mientras que D y E con granulosidad, sal y cualidad masticable. Los quesos A y C con la misma aceptabilidad se diferenciaron a través de las emociones: activo, amable, amigable, seguro y tranquilo. Quesos con un tiempo de maduración mayor a 78 d presentaron una probabilidad de aceptación menor al 50%.

ABSTRACT

Emotions and their measurement in consumers allow the differentiation of products and the prediction of the consumer's choice. The objective of this study was to determine the emotions generated by cheese consumers of Zacazonapan, to distinguish cheeses with different physical, chemical and sensory characteristics, but with the same acceptability, and to estimate the maximum ripening time of the cheese by the consumption probability when the latter is equal to 50%. The hypothesis to test was that the samples of Zacazonapan cheese with physical, chemical and sensory differences, despite observed with the same acceptability can be differentiated through the emotions of the consumers, and the consumption probability decreases with the ripening. For the analysis of the physical and chemical variables, a completely randomized design was applied, for the acceptability and intensity of emotions, a design of complete randomized blocks, and an analysis of survival for the acceptance of the cheese with different ripeness. Cheeses from five dairies (A, B, C, D and E) were used to determine their pH, partial chemical composition, magnitude of difference (d') between two pairs of cheeses, descriptive profile, acceptability, and intensity of emotions. Only cheese C was analyzed to determine its sensory shelf life. There was significant difference ($p \leq 0.05$) in the physical and chemical variables, except pH. Those cheeses with highest acceptability were A, B, C and E. Cheese A was related to the attribute of astringency, B and C with gritty quality, dryness, hardness and friability, while D and E with granularity, salt and chewy quality. Cheeses A and C with the same acceptability were differentiated through the emotions: active, kind, friendly, safe and calm. Cheeses with a ripening time longer than 78 d showed an acceptance probability less than 50%.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1502-3101>

Recibido: febrero, 2020. Aprobado: febrero, 2021.

Publicado en *Agrociencia* 55: 243-259. 2021.

Key words: acceptability, sensory shelf life, artisanal cheese from Zacazonapan, analysis of emotions, Flash profile, Weibull distribution.

Palabras clave: aceptabilidad, vida útil sensorial, queso artesanal de Zacazonapan, análisis de emociones, perfil Flash, distribución Weibull.

INTRODUCCIÓN

Las emociones en las personas son reacciones fisiológicas y mentales breves e intensas centradas en un referente (King y Meiselman, 2010). La medición de las emociones en consumidores ha adquirido relevancia para la industria alimentaria, debido a que permiten diferenciar productos, predecir la elección del consumidor y usarse en mercadotecnia (Kenney y Adhikari, 2016). Los métodos utilizados para medir las emociones incluyen los fisiológicos (Verastegui-Tena *et al.*, 2019), los auto-reportes verbales (King y Meiselman, 2010) y los auto-reportes visuales (Liao *et al.*, 2015).

El EsSense Profile® es un auto-reporte verbal conformado por una lista de 39 emociones, cuyas intensidades se miden en una escala Likert de cinco puntos; además mide la aceptabilidad global para contrastar con las respuestas emocionales (King y Meiselman, 2010). Las emociones evocadas por los consumidores se han reportado en jugo de mango, bebida de naranja, galletas de chocolate y galletas de avena con diferente grado de dulzor (Kim *et al.*, 2017), y en vino (Mora *et al.*, 2018). Schouteten *et al.* (2015) investigaron la influencia de la información contenida en las etiquetas de queso Gouda sobre las emociones provocadas en consumidores, y encontraron que la mayoría de los consumidores asocian la emoción “alegre” con el queso cuya etiqueta no incluía los términos “reducido en sal o light”.

Además de la composición de un alimento y la medición de emociones que provoca, es importante evaluar la vida útil sensorial, la cual se determina por la interacción entre el alimento y el consumidor (Hough, 2010). La vida útil sensorial se basa en la probabilidad de aceptación o rechazo del producto por parte de los consumidores después de un cierto tiempo y se evalúa con un análisis de supervivencia (Hough, 2010) con distribuciones probabilísticas de tipo linear logarítmica, normal logarítmica y de Weibull (Garitta *et al.*, 2018). Ejemplos de este análisis se realizaron para queso Halloumi (Kamleh *et al.*, 2012) y queso mantecoso (Sánchez-González y Pérez, 2016).

En México se han identificado alrededor de 31 variedades de quesos artesanales, los cuales destacan

INTRODUCTION

Emotions in people are brief and intense physiological and mental reactions focused on a reference (King and Meiselman, 2010). The measurement of emotions in consumers has acquired relevance for the food industry, because it makes it possible to differentiate products, predict the choice of the consumer and be used in marketing (Kenney and Adhikari, 2016). The methods utilized to measure emotions include physiological report (Verastegui-Tena *et al.*, 2019), verbal self-report (King and Meiselman, 2010) and visual self-report (Liao *et al.*, 2015).

The EsSense Profile® is a verbal self-report conformed by a list of 39 emotions, whose intensities are measured on a Likert scale of five points. It also measures global acceptability to contrast with the emotional responses (King and Meiselman, 2010). The emotions evoked by the consumers have been reported in mango juice, orange drink, chocolate cookies and oatmeal cookies with different degrees of sweetness (Kim *et al.*, 2017), and in wine (Mora *et al.*, 2018). Schouteten *et al.* (2015) investigated the influence of Gouda cheese on the emotions provoked in consumers, and found that most of the consumers associated the emotion “glad” with the cheese whose label did not include the terms “reduced salt or light”.

In addition to the composition of a food and the measurement of emotions it provokes, it is important to evaluate the sensory shelf life, which is determined by the interaction between the food and the consumer (Hough, 2010). The sensory shelf life is based on the acceptance or rejection probabilities of the product on the part of the consumers after a certain time, and it is evaluated with an survival analysis (Hough, 2010) with logarithmic and log-normal probabilistic distributions and Weibull distribution (Garitta *et al.*, 2018). Examples of this analysis are made for Halloumi cheese (Kamleh *et al.*, 2012) and buttery cheese (Sánchez-González and Pérez, 2016).

In Mexico, approximately 31 varieties of artisanal cheese have been identified, which are outstanding for their typicity and contribute to the local agri-food self-sufficiency, maintaining the integrity of the milk-cheese agro-industrial chain, valorizing the local territorial resources and representing a cultural and gastronomic patrimony (Villegas *et al.*, 2014). This is the case of the cheese from Zacazonapan (hereafter Zacazonapan cheese), which is estimated to exist for

por su tipicidad, contribuyen a la autosuficiencia agroalimentaria local, mantienen la integridad de las cadenas agroindustriales leche-queso, valorizan los recursos territoriales locales y representan un patrimonio cultural y gastronómico (Villegas *et al.*, 2014). Este es el caso del queso de Zacazonapan, el cual se estima que tiene más de 100 años de existencia que se elabora en el suroeste del estado de México con leche cruda de vacas en libre pastoreo. La presentación del queso es un prisma rectangular, con una cara convexa cubierta con pasta de chile guajillo (Hernández-Morales, *et al.*, 2010; Villegas *et al.*, 2014) y hay referencia de que se puede consumir fresco inmediatamente después de su elaboración, o añejo hasta con un año de maduración (Hernández-Morales, *et al.*, 2011).

De acuerdo a la NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005), el queso de Zacazonapan se considera añejo, por madurarse a temperatura ambiente por lo menos 30 d y que su fermentación y maduración se da a través de la microbiota nativa de la leche. El objetivo de este estudio fue determinar las emociones generadas por consumidores de queso de Zacazonapan, para distinguir quesos con diferentes características físicas, químicas y sensoriales, pero con la misma aceptabilidad y estimar el tiempo máximo de maduración del queso por la probabilidad de consumo, cuando esta sea igual al 50%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de muestras

Tres piezas de queso de 1 kg se adquirieron de cinco queserías de Zacazonapan, México, codificadas como A, B, C, D y E. En cada quesería, las piezas (unidades experimentales) se obtuvieron de un lote de leche cuajada en la misma tina y se dejaron orear durante 20 d a temperatura ambiente (25 ± 1 °C), antes de su análisis. Las unidades experimentales utilizadas en las tres repeticiones se elaboraron en días consecutivos. Después, las piezas se trasladaron en contenedores a una temperatura de 18 °C, al Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), donde se conservaron a temperatura ambiente (25 ± 1 °C), en estructuras de madera para orear cubiertas con malla plástica, para evitar contacto con insectos.

Estas piezas de queso se utilizaron tanto para los análisis físicos y químicos, como para la evaluación de aceptabilidad global y emociones. Para la evaluación de la vida útil sensorial se trabajó solo con quesos de la quesería C debido a la estandarización de su proceso de elaboración, en el cual se controlan los tiempos de

more than 100 years and is made in the Southwest of the state of Mexico with raw milk from free grazing cows. The physical presentation of the cheese is a rectangular prism, with a convex side covered with a *guajillo* chili-pepper paste (Hernández-Morales *et al.*, 2010; Villegas *et al.*, 2014). There is reference that it can be consumed fresh immediately after it is made, or aged for up to one year (Hernández-Morales *et al.*, 2011).

According to the NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005), the Zacazonapan cheese is considered aged, after ripen at room temperature for at least 30 d, while fermentation and ripening occur through the native microbiota of the raw milk. The objective of this study was to determine the emotions generated by the consumers of Zacazonapan cheese, to distinguish cheese presentations with different physical, chemical and sensory characteristics, but with the same acceptability, and to estimate the maximum ripening time of the cheese on consumption probability, when the latter is equal to 50%.

MATERIALS AND METHODS

Samples collection

Three pieces of cheese of 1 kg were obtained from each of five dairies at Zacazonapan, Mexico, coded and discussed hereafter as A, B, C, D and E. In each dairy, the pieces (experimental units) were obtained from a lot of milk curdled in the same tank and left to dry during 20 d at room temperature (25 ± 1 °C) before the analysis. The experimental units used in the three replications were elaborated on consecutive days. The pieces were brought in containers at 18 °C to the Departamento de Ingeniería Agroindustrial under Universidad Autónoma Chapingo (UACH). There, pieces were kept at room temperature (25 ± 1 °C), in artisanal airflow dryers, wood structures covered with plastic mesh to prevent contact with insects.

These pieces of cheese were used as part of an evaluation of global acceptability and emotions, and for the physical and chemical analyses at 20 d of ripening. For the evaluation of the sensory shelf life, only the cheeses from C-dairy were used due to the standardization of their elaboration process: resting time, curdling temperature, amount of rennet and salt, curdling and cut off time are controlled. From this C-dairy, experimental units were obtained that were kept at 15 °C and relative humidity of 85%, to get samples at 0, 30, 95, 180 and 730 d of ripening. Each piece was frozen when ripening time was completed.

reposo, temperatura de cuajado, medición de cantidad de cuajo y sal, control de tiempo de corte y trabajo de la cuajada. De esta quesería C, se obtuvieron unidades experimentales que se conservaron a 15 °C y humedad relativa de 85%, para obtener muestras a los 0, 30, 95, 180 y 730 d de maduración. Cada pieza se congeló al cumplir el tiempo de maduración, y luego se descongeló por 48 h a 15 °C antes de la evaluación. Una pieza de queso se utilizó para cada tiempo de maduración. En el análisis de las variables físicas y químicas se utilizaron tres piezas de queso de la quesería C, con una maduración de 0, 30, 95 y 180 d.

Determinación de pH y composición química parcial

El pH de las muestras se determinó con un potenciómetro Conductronic PH120 (Conductronic, Puebla, México) de acuerdo con el método descrito por Villegas (2012) y la actividad de agua (a_w) con un equipo Aqualab Serie 3 (Decagon Devices Inc., Washington, EE. UU.) por el método de Öztürk *et al.* (2018). La concentración de proteína, grasa, humedad, sal, minerales y sólidos totales se determinaron en un analizador de infrarrojo cercano FoodScan™ Lab (FOSS Analytical AB, Hillerød, Dinamarca). Las determinaciones se llevaron a cabo en tres unidades experimentales (piezas de 1 kg por triplicado) para cada uno de las cinco queserías, a los 20 d de maduración, y para los quesos de la quesería C en los cuatro tiempos de maduración (0, 30, 95 y 180 d).

Magnitud de diferencia (d')

Pruebas triangulares se realizaron con 21 panelistas consumidores de queso en intervalo de edad entre 19 a 22 años, quienes efectuaron cinco mediciones repetidas (Bi, 2006). Los pares de muestras evaluadas fueron los quesos A - B y C - D. El primer par de quesos se supuso sensorialmente igual y el segundo par diferente. En las pruebas triangulares, los seis juegos de permutaciones de las triadas de las muestras (AAB, ABA, BAA, BBA, BAB y ABB) se presentaron de forma aleatoria y balanceada a los panelistas. Cada juego de cinco mediciones repetidas se evaluó en sesiones de 30 min, y cada uno de los dos juegos de pares de quesos se evaluó en días diferentes. Cada muestra de queso (prismas rectangulares de 1 x 1 x 1.5 cm) se presentó en vasos de plástico del número cero, codificados con números aleatorios de tres dígitos y se proporcionaron vasos con agua a los panelistas para enjuagar su boca entre muestras (Bi, 2006).

Perfil Flash

El método utilizado fue el descrito por Domingues *et al.* (2019) con modificaciones, las cuales consistieron en que los

Then thawed for 48 h at 15 °C according to respective ripening evaluation periods. One piece of cheese was used for each ripening time. In physical and chemical analyses with the cheese from C-dairy, three pieces of cheese were used at 0, 30, 95 and 180 d of ripening.

Determination of pH and partial chemical composition

The pH of the samples was determined with a potentiometer Conductronic PH120 (Conductronic, Puebla, Mexico) according to the method described by Villegas (2012) and the water activity (a_w) with an Aqualab Series 3 (Decagon Devices Inc., Washington, U.S.), by the method of Öztürk *et al.* (2018). Concentrations of protein, fat, moisture, salt, minerals and total solids were determined in a near infrared analyzer FoodScan™ Lab (FOSS Analytical AB, Hillerød, Denmark). Determinations were carried out in three experimental units (pieces of 1 kg in triplicate) for each one of the five dairies, at 20 d of ripening, and for the cheeses of C-dairy at four ripening times (0, 30, 95 and 180 d).

Magnitude of difference (d')

Triangular tests were made with 21 cheese consumer panelists in an age interval between 19 and 22 years, who made five repeated measurements (Bi, 2006). The pairs of samples evaluated were the cheeses A - B and C - D. The first pair of cheeses was assumed to be sensorily equal and the second pair different. In the triangular tests, the six sets of permutations of the triads of the samples (AAB, ABA, BAA, BBA, BAB and ABB) were presented randomly and balanced to the panelists. Each set of five repeated measurements was evaluated in sessions of 30 min, and each one of the two sets of pairs of cheeses was evaluated on different days. Each cheese sample (rectangular prisms of 1 x 1 x 1.5 cm) was presented in number zero plastic cups, codified with random numbers of three digits, and glasses of water were provided to the panelists to rinse their mouth between samples (Bi, 2006).

Flash Profile

The method used was that described by Domingues *et al.* (2019) with modifications, which consisted of the panelists socializing and agreeing on the list of descriptions applied in the final evaluation of the samples. Twelve cheese consumer panelists were recruited in an age interval of 20 to 38 years. Five samples were presented simultaneously to each panelist from dairies A, B, C, D and E in number zero plastic cups, and they were asked to create a list of attributes that permitted them to

panelistas socializaron y consensuaron la lista de descriptores que se aplicó en la evaluación final de las muestras. Doce panelistas consumidores de quesos se reclutaron en intervalo de edad de 20 a 38 años. A cada panelista se le presentaron cinco muestras de queserías A, B, C, D y E en vasos de plástico del número cero de manera simultánea, y se les pidió crear una lista de atributos que permitieran diferenciarlas. Después, la lista se socializó y se seleccionaron 16 atributos (aroma a vaca o ácido propiónico, aroma a leche ácida o fermentación láctica, olor a pies, granulosidad, dureza, friabilidad, cualidades arenosa y masticable, sabor ácido, sabor amargo, sabor lácteo, sequedad, sal, astringencia, residuos en boca y garganta, y resabio picante). En una segunda sesión, a cada panelista se le presentaron al mismo tiempo las cinco muestras (dos prismas rectangulares de 1 x 1 x 1.5 cm de cada queso) en vasos de plástico del número cero, y se le pidió jerarquizar las muestras para cada uno de los atributos seleccionados, por medio de una escala ordinal del 1 al 5, se asignó el valor cinco a la muestra con la intensidad mayor del atributo y uno a la de intensidad menor. La jerarquización se realizó por triplicado.

Evaluación de la aceptabilidad global

Esta prueba se realizó con el método descrito por Hernández-Morales *et al.* (2010), en la localidad de Zacazonapan, México. Cien consumidores locales del queso se reclutaron (50 mujeres y 50 hombres), quienes declararon una frecuencia de consumo de al menos una vez a la semana. A cada consumidor se le presentaron las cinco muestras de queso (en prismas rectangulares de 1 x 1 x 1.5 cm) en orden balanceado, en un contenedor de unicel (21.2 x 9.1 cm). Las muestras se codificaron con números aleatorios de tres dígitos y se evaluaron por cada consumidor con el uso de un formato con escalas hedónicas de 9 puntos (1 = Me disgusta extremadamente, 9 = Me gusta extremadamente), y por duplicado, en días diferentes. Los panelistas tuvieron disponibles agua y galletas Habaneras Clásicas (Gamesa®) para eliminar el sabor residual de la muestra anterior.

Frecuencia e intensidad de emociones en consumidores de queso de Zacazonapan

Después de realizar la prueba de aceptabilidad, se evaluaron las emociones generadas en los consumidores con el método descrito por King y Meiselman (2010). A cada consumidor se le presentaron las cinco muestras de queso (prismas rectangulares de 1 x 1 x 1.5 cm) de forma balanceada en un contenedor de unicel (21.2 x 9.1 cm), codificadas con números aleatorios de tres dígitos y evaluadas en el orden presentado. Los consumidores locales eligieron, de las 39 emociones de la metodología EsSense Profile® todas aquellas que describieron cómo se sintieron después de

be differentiated. Next, the list was socialized and 16 attributes were selected (cow or propionic acid odor, acidified milk or lactic fermentation odor, smell of feet, granularity, hardness, friability, gritty and chewy quality, sour flavor, bitter flavor, milk flavor, dryness, salt, astringency, residues in the mouth and throat, and spicy aftertaste). In a second session, each panelist was provided with the five samples (two rectangular prisms of 1 x 1 x 1.5 cm from each cheese) in number zero plastic cups at the same time, and they were asked to rank the samples for each one of the selected attributes, using an ordinal scale of 1 to 5. The value 5 was assigned to the sample with the highest intensity of the attribute, and value 1 to that of the lowest intensity. Ranking was performed in triplicate.

Evaluation of global acceptability

This test was applied with the method described by Hernández-Morales *et al.* (2010), at Zacazonapan, Mexico. One hundred local cheese consumers were recruited (50 women and 50 men), who declared a consumption frequency of at least once a week. Each consumer was provided with the five cheese samples (in rectangular prisms of 1 x 1 x 1.5 cm) balanced in order in a Styrofoam container (21.2 x 9.1 cm). The samples were coded with random numbers of three digits and were evaluated by each consumer using a checklist with hedonic scales of 9 points (1 = Extremely dislike, 9 = Extremely like) and in duplicate, on different days. The panelists had water and cookies available (Gamesa® classic Habaneras type) to eliminate the residual taste of the previous sample.

Frequency and intensity of emotions in Zacazonapan cheese consumers

After applying the acceptability test, an evaluation was made of the emotions generated in the consumers with the method described by King and Meiselman (2010). Each consumer was provided with the five cheese samples (rectangular prisms of 1 x 1 x 1.5 cm) balanced in a Styrofoam container (21.2 x 9.1 cm), codified with random numbers of three digits and consumers evaluated samples in the order they were presented. The local consumers selected, from 39 emotions in the methodology EsSense Profile®, all those that described how they felt after consuming the Zacazonapan cheese. The list of emotions used in the evaluation was presented in a balanced form, 50% in the order A - Z and the other 50% from Z - A, to reduce the risk of bias from order of presentation. All those emotions with a frequency ≥ 30 were used to measure their intensity in duplicate, by means of a checklist with a five point scale: 1 = nothing, 2 = little, 3 = moderate, 4 = much and 5 = extremely (King and Meiselman, 2010).

consumir el queso de Zacazonapan. La lista de emociones utilizada en la evaluación se presentó en forma balanceada, 50% en el orden A - Z y el resto de Z - A, para reducir el sesgo por orden de presentación. Todas aquellas emociones con una frecuencia ≥ 30 se utilizaron para medir su intensidad por duplicado, por medio de un formato con una escala de cinco puntos: 1 = nada, 2 = poco, 3 = moderado, 4 = mucho y 5 = extremadamente (King y Meiselman, 2010).

Vida útil sensorial

La prueba se realizó con el método descrito por Hough (2010); se aplicó a 101 consumidores de queso con intervalo de edad de 17 a 69 años. Cada consumidor evaluó en forma univalente y aleatoria cinco muestras del queso C con diferente tiempo de maduración (0, 30, 95, 180 y 730 d). Las muestras fueron prismas rectangulares de 1 x 1 x 1.5 cm colocadas cada una en vasos de plástico del número cero, codificados con números aleatorios de tres dígitos. Los consumidores degustaron la muestra y contestaron a la pregunta: ¿Usted normalmente consumiría este producto? y las opciones de respuestas fueron Si o No. Entre muestras tuvieron disponibilidad de agua y galletas Habaneras clásicas (Gamesa®) para realizar enjuagues.

Análisis estadístico

Variables físicas y químicas

Las variables físicas y químicas de los quesos producidos en las diferentes queserías (A, B, C, D y E) y del queso C con diferentes tiempos de maduración (0, 30, 95 y 180 d), se analizaron en un diseño completamente al azar. Un análisis de varianza (ANDEVA) se realizó y al haber evidencia para rechazar la hipótesis nula ($\alpha=0.05$), se llevó a cabo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el uso del programa SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2019).

Variables sensoriales

Los datos obtenidos de las pruebas triangulares se analizaron por medio del modelo beta binomial corregido (BBC) para calcular la magnitud de diferencia (valor d') de pares de muestras. Para evaluar la diferencia entre las magnitudes obtenidas se realizó una prueba de hipótesis ($H_0: d'_1 = d'_2$) con un $\alpha=0.05$. Al final se calculó la potencia de las pruebas triangulares con mediciones repetidas y los valores d' (Bi, 2006) para estos análisis se utilizó el programa Tools¹.

Sensory shelf life

The test was carried out with the method described by Hough (2010); it was applied to 101 cheese consumers with an age interval of 17 to 69 years. Each consumer evaluated in a univalent and random form five samples of C-dairy cheese with different ripening time (0, 30, 95, 180 and 730 d). Samples were rectangular prisms of 1 x 1 x 1.5 cm each placed in number zero plastic cups, codified with random three-digit numbers. The consumers tasted the sample and answered the question: Would you normally consume this product? and the response options were Yes or No. Water and cookies (Gamesa® classic Habaneras type) were available between samples to remove the taste of the previous sample.

Statistical analysis

Physical and chemical variables

The physical and chemical variables of the cheeses produced in the different dairies (A, B, C, D and E) and C-dairy cheese with different ripening times (0, 30, 95 and 180 d) were analyzed in a completely randomized design. An analysis of variance (ANOVA) was made and when there was evidence to reject the null hypothesis ($\alpha=0.05$), a comparison of means was done with the Tukey test ($p \leq 0.05$) in SAS version 9.4 (SAS Institute, Inc., 2019).

Sensory variables

Data obtained from the triangular tests were analyzed by the corrected binomial beta model (CBB) to calculate the magnitude of difference (d' value) of pairs of samples. To evaluate the difference between the magnitudes obtained, a hypothesis test was made ($H_0: d'_1 = d'_2$) with $\alpha=0.05$. At the end, the power of the triangular tests was calculated with repeated measurements and the d' values (Bi, 2006), using the program Tools¹.

The data of global acceptability were evaluated in a design of complete randomized blocks. The blocks were the panelists and the response variable was the acceptability. To evaluate normality in the obtained data, the Kolmogórov-Smirnov test was applied. As it did not satisfy the assumption of normality, the Friedman test was applied along with multiple comparisons by pairs of means of ranks with the Nemenyi procedure, using the program XLSTAT v. 2014.5.03 (Addinsoft, 2014).

Regarding the Flash Profile, the data of the three replications were analyzed in a completely randomized design to select the panelists that showed significant difference in most of the

¹The Institute for Perception. 2019. Tools IFPrograms® version 2019. Windows. Richmond, VA. USA: The Institute for Perception (con licencia de uso para autor, por el fabricante).

Los datos de la aceptabilidad global se evaluaron en un diseño en bloques completos al azar. Los bloques fueron los panelistas y la variable respuesta fue la aceptabilidad. Para evaluar la normalidad de los datos obtenidos se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Al no cumplir con el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba de Friedman y comparaciones múltiples por pares de medias de jerarquizaciones con el procedimiento de Nemenyi, con el programa XLSTAT versión 2014.5.03 (Addinsoft, 2014).

Respecto al Perfil Flash, los datos de las tres repeticiones se analizaron en un diseño completamente al azar para seleccionar a los panelistas que mostraron diferencia significativa en la mayoría de los atributos evaluados, por medio del programa SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2019). Después, con los datos de los panelistas seleccionados se realizó un análisis Procrustes generalizado (APG) (Domingues *et al.*, 2019), con el programa XLSTAT versión 2014.5.03 (Addinsoft, 2014).

En el caso de las emociones, la frecuencia seleccionada por los consumidores se registró para cada una de las 39 emociones. La intensidad de las emociones se analizó con un diseño en bloques completos al azar, en donde los consumidores fueron los bloques. Para evaluar la normalidad de los datos obtenidos se aplicó la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Al no cumplir con el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba de Friedman y se hicieron comparaciones múltiples por pares de medias de jerarquizaciones con el procedimiento de Nemenyi. El análisis se llevó a cabo con el programa XLSTAT versión 2014.5.03 (Addinsoft, 2014).

La determinación de la vida útil sensorial comenzó con el análisis de censura de los datos, debido a la naturaleza discreta de los tiempos de maduración; basados en las censuras, se obtuvieron los datos de inicio y fin de la aceptación, con sus frecuencias respectivas. Para realizar el análisis de supervivencia, se eligió la distribución con el ajuste de datos mejor, de acuerdo con el valor menor del estadístico Anderson Darling (AD). Las distribuciones comparadas fueron la de Weibull, normal, normal logarítmica, logística, logística logarítmica y normal logarítmica de tres parámetros (Hough, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de pH y composición química parcial

Las diferencias en las variables físicas y químicas fueron significativas. La excepción fue el pH, el cual varió de 5.29 - 5.52 (Cuadro 1). La actividad de agua (a_w) se mantuvo entre 0.902 - 0.951, todo lo cual coincide con los valores reportados por Hernández-Morales *et al.* (2010) en quesos de Zacazonapan con

attributes evaluated, with SAS v. 9.4 (SAS Institute Inc., 2019). Later, with the data of the selected panelists, a generalized Procrustes analysis (GPA) was done (Domingues *et al.*, 2019), with XLSTAT v. 2014.5.03 (Addinsoft, 2014).

In the case of the emotions, the frequency selected by the consumers was registered for each one of the 39 emotions. The intensity of the emotions was analyzed with a complete randomized blocks design, in which consumers were the blocks. To evaluate the normality of the obtained data, the Kolmogórov-Smirnov test was applied. As it did not comply with the assumption of normality, the Friedman test was used and multiple comparisons were done by pairs of means of ranks with the Nemenyi procedure, with the program XLSTAT v. 2014.5.03 (Addinsoft, 2014).

The determination of sensory shelf life began with the censure analysis of data, due to the discrete character of the ripening times data. Based on censures, data of start and end of acceptance were obtained, with their respective frequencies. To carry out the analysis of survival, the distribution with the best fit of data was selected, according to the lowest value of the Anderson Darling statistic (AD). Compared probability distributions were Weibull's, normal, log-normal, logistic, log-logistic and three parameter log-normal (Hough, 2010).

RESULTS AND DISCUSSION

Determination of pH and partial chemical composition

The differences in the physical and chemical variables were significant. The exception was the pH, which varied from 5.29 - 5.52 (Table 1). The water activity (a_w) was maintained between 0.902 - 0.951, all of which coincides with those values reported by Hernández-Morales *et al.* (2010) in Zacazonapan cheeses with 23 - 27 d of ripening. The protein content was between 26.4 and 37.8%, and the fat content between 23.8 and 30.4%, which are comparable to those obtained by Hernández-Morales *et al.* (2010) and Villegas *et al.* (2014), who recorded protein contents of 26 to 30% and fat of 25 to 39% in this cheese. Based on the fat content, the cheeses analyzed were classified as semi-fatty ($\geq 25\%$ and $<45\%$), according to the NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005).

Moisture content fluctuated between 32.43 - 40.51%, and salt content between 1.92 - 2.75%, which coincides with other researches reporting a moisture of 32 - 42% and a salt content between 1.8 - 2.8% (Hernández-Morales *et al.*, 2010 and Villegas

Cuadro 1. Variables físicas y químicas de quesos de Zacazonapan[†] con 20 d de maduración (base húmeda).
Table 1. Physical and chemical variables of Zacazonapan cheeses[†] with 20 d of ripening (wet base).

Queso	pH	a_w	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Sólidos totales (%)	Sal (%)	Minerales (%)
A	5.42 ± 0.26a	0.931 ± 0.016ab	29.98 ± 1.10b	24.32 ± 2.22c	38.90 ± 2.99a	61.10 ± 2.99b	2.16 ± 0.15c	6.81 ± 0.30b
B	5.52 ± 0.06a	0.917 ± 0.010bc	29.53 ± 0.69bc	30.44 ± 1.43a	33.19 ± 2.02b	66.81 ± 2.02a	2.11 ± 0.11c	6.84 ± 0.42b
C	5.46 ± 0.06a	0.902 ± 0.004c	37.77 ± 0.41a	23.76 ± 0.43c	32.43 ± 0.80b	67.57 ± 0.80a	2.75 ± 0.02a	6.04 ± 0.20c
D	5.38 ± 0.04a	0.925 ± 0.008bc	28.83 ± 0.58c	23.59 ± 0.72c	39.29 ± 1.05a	60.70 ± 1.05b	2.59 ± 0.05b	8.28 ± 0.20a
E	5.29 ± 0.06a	0.951 ± 0.007a	26.42 ± 0.55d	26.78 ± 1.20b	40.51 ± 1.92a	59.49 ± 1.92b	1.92 ± 0.09d	6.3 ± 0.28c

[†]Valores promedio ± desviación estándar. Letras distintas por columna indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$). ♦ Average values ± standard deviation. Different letters per column indicate statistical difference (Tukey, $p \leq 0.05$).

23 - 27 d de maduración. El contenido de proteína se encontró entre 26.4 y 37.8%, y el contenido de grasa entre 23.8 y 30.4%, los cuales son comparables a los obtenidos por Hernández-Morales *et al.* (2010) y Villegas *et al.* (2014), quienes registraron para este queso contenidos de proteína de 26 a 30% y de grasa 25 a 39%. Con base en el contenido de grasa, los quesos analizados se clasifican como semigrasos ($\geq 25\%$ y $< 45\%$), de acuerdo con la NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005).

La humedad osciló entre 32.43 - 40.51% y la sal entre 1.92 - 2.75%, lo cual coincide con otras investigaciones que documentaron una humedad de 32 - 42% y un contenido de sal entre 1.8 - 2.8% (Hernández-Morales *et al.*, 2010 y Villegas *et al.*, 2014). Estas variables se relacionan de manera inversa, ya que concentraciones altas de sal favorecen la sinéresis en el queso, mientras disminuyen la a_w y la actividad microbiana (Ramírez-Navas *et al.*, 2017). Al considerar el porcentaje de humedad sin materia grasa, y acorde con la NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005), los quesos evaluados se clasificaron como duros (49 - 56%) y extraduros ($< 51\%$).

En cuanto a sólidos totales, se obtuvieron valores entre 59.49 - 67.57% y un contenido de minerales de 6.04 - 8.28%. En suma, las diferencias entre cada una de las variables de respuesta pueden asociarse con la raza, alimentación y estado de lactancia de los animales, de los cuales cada productor obtiene la leche. Así mismo, el grado de estandarización del proceso se traduce en variaciones durante la manufactura y tiene efecto sobre las características del producto final (Perna *et al.*, 2014; Hernández-Morales *et al.*, 2010; Bonanno *et al.*, 2013).

et al., 2014). These variables are inversely related, given that high salt concentrations favor syneresis in the cheese, while the a_w and microbial activity are reduced (Ramírez-Navas *et al.*, 2017). Considering the percentage of moisture without fatty matter, and according to the NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005), the cheeses evaluated are classified as hard (49 - 56%) and extra-hard ($< 51\%$).

With regard to total solids, values between 59.49 - 67.57% were obtained, and a mineral content of 6.04 - 8.28%. In summary, the differences between each one of the response variables can be associated to the race, feed, and stage of lactation of the animals from which each producer obtains the milk. Similarly, the degree of standardization of the process results in variations during the manufacture of the cheese and has an effect on the characteristics of the final product (Perna *et al.*, 2014; Hernández-Morales *et al.*, 2010; Bonanno *et al.*, 2013).

The physical and chemical variables showed significant statistical difference, with the exception of pH, during the ripening process of C-dairy cheese. The a_w and moisture content decreased as ripening time increased; in a_w a difference of 0.088 between 0 and 180 d (Table 2). The a_w decreased during the ripening of the cheese due to the fact that the water interacts through hydrogen bridges with the amino and carboxyl groups generated during the process of proteolysis (Ardö *et al.*, 2017). Furthermore, as salt concentration increases, the variables a_w and moisture content decrease (Ramírez-Navas *et al.*, 2017).

The percentages of total solids, protein and fat increase during the ripening period due to the fact

Las variables físicas y químicas presentaron diferencia estadística significativa, con excepción del pH, durante el proceso de maduración del queso C. La a_w y la humedad disminuyeron a medida que el tiempo de maduración aumentó, en el a_w se obtuvo una diferencia de 0.088 unidades entre el tiempo 0 y los 180 d (Cuadro 2). La a_w disminuyó durante la maduración del queso debido a que el agua interacciona por medio de puentes de hidrógeno con los grupos amino y carboxilo generados durante el proceso de proteólisis (Ardö *et al.* (2017). Además, a medida que aumenta la concentración de sal, las variables a_w y humedad disminuyen (Ramírez-Navas *et al.*, 2017).

Los porcentajes de sólidos totales, proteína y grasa aumentan durante el periodo de maduración debido a que la elaboración de un queso es un proceso en el que la caseína y la grasa de la leche se concentran unas 10 veces, según el tipo de queso. Esto depende de la temperatura, la sinéresis, la acidificación de la pasta, el trabajo mecánico, la adición de sal y el proceso de maduración (Fox *et al.*, 2015; Ramírez-Navas *et al.*, 2017). El porcentaje de minerales también aumentó a lo largo del periodo de maduración, mientras que el porcentaje de sal no presentó diferencia significativa a partir de los 30 d de maduración. Este comportamiento en el contenido de sal es similar al hallado por Kondyli, *et al.* (2016) en un queso griego después de 20 d de maduración.

Magnitud de diferencia (d')

Los pares de quesos A vs B y D vs E presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los valores d' (Cuadro 3) indicando que las personas detectaron diferencia sensorial entre los pares de quesos. Sin embargo, al realizar la comparación de los valores d'

that the elaboration of a cheese is a process in which the casein and the fat of the milk become up to 10-fold concentrated, according to the type of cheese. This depends on temperature, syneresis, acidification of the paste, mechanical work, addition of salt and ripening process (Fox *et al.*, 2015; Ramírez-Navas *et al.*, 2017). The percentage of minerals also increased throughout ripening period, while the percentage of salt did not show significant difference after 30 d of ripening. This behavior in the salt content is similar to what was found by Kondyli *et al.* (2016) in a Greek cheese after 20 d of ripening.

Magnitude of difference (d')

The pairs of cheeses A vs B and D vs E showed significant difference ($p \leq 0.05$) in d' values (Table 3) indicating that a person detected sensory difference between the pairs of cheese. However, after doing the comparison of d' values obtained within each pair of cheeses, no significant difference was found. The powers ($1-\beta$) of the tests were of 100 and 99.8%, which indicates high probability of finding differences between the pairs of samples A vs B and D vs E (Bi, 2006).

Flash Profile

After analyzing the data of the Flash Profile, seven panelists were selected along with eight attributes that allowed to differentiate the cheeses. In the APG the optimum transformation of the consensus matrix indicated that it was sufficient to retain the first two components, which explained 81% of the total variability of the data. The first explained 64.48%, and the attributes that contributed with the higher

Cuadro 2. Características físicas y químicas del queso de Zacazonapan[†] con 0, 30, 95 y 180 d de maduración (base húmeda).
Table 2. Physical and chemical characteristics of Zacazonapan cheese[†] with 0, 30, 95 and 180 d of ripening (wet base).

Tiempo de maduración (d)	pH	a_w	Proteína (%)	Humedad (%)	Grasa (%)	Sal (%)	Sólidos totales (%)	Minerales (%)
0	5.41±0.06a	0.967±0.002a	24.23±1.53c	45.60±1.41a	23.88±0.26d	2.06±0.04b	54.40±1.41d	6.28±0.38c
30	5.33±0.10a	0.937±0.002b	29.61±1.48b	37.36±0.98b	26.14±0.32c	2.34±0.08ab	62.63±0.98c	6.88±0.28bc
95	5.35±0.09a	0.901±0.006c	33.89±1.40a	30.85±1.27c	27.83±0.29b	2.54±0.12a	69.13±1.28b	7.42±0.23b
180	5.31±0.06a	0.879±0.006d	35.66±1.06a	27.21±1.22d	28.77±0.18a	2.33±0.16ab	72.79±1.22a	8.36±0.31a

[†]Valores promedio ± desviación estándar. Letras distintas en una columna indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$). ♦ [†]Average values ± standard deviation. Different letters in a column indicate statistical differences (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 3. Magnitud de diferencia (d') para pares de quesos de Zacazonapan.
Table 3. Magnitude of difference (d') for pairs of Zacazonapan cheeses.

	Quesos A vs B	Quesos D vs E
Proporción de juicios correctos	0.64	0.56
Significancia H_0 : $p = 0.33$ de igualdad muestra	1.72×10^{-10}	1.27×10^{-6}
d'	2.17	1.78
Varianza de d'	0.059	0.060
Sobre dispersión de los datos (γ)	0.007	0.006
Significancia H_0 : $d'_{AB} = d'_{DE}$	$p = 0.261$	
Potencia ($1-\beta$)	1	0.998

obtenidos dentro de cada par de quesos, no se encontró diferencia significativa. Las potencias ($1-\beta$) de las pruebas fueron de 100 y 99.8%, lo cual indica probabilidad alta de encontrar diferencias entre los pares de muestras A vs. B y D vs. E (Bi, 2006).

Perfil Flash

Después de analizar los datos del Perfil Flash, se seleccionaron siete panelistas y ocho atributos que permitieron diferenciar los quesos. En el APG la transformación óptima de la configuración consensuada indicó que fue suficiente retener los dos primeros componentes, los cuales explicaron el 81% de la variabilidad total de los datos. El primero explicó un 64.48%, y los atributos que contribuyeron con las cargas mayores; es decir con el valor absoluto de las correlaciones atributo-componente igual o mayores a 0.6, fueron cualidad arenosa, sequedad, dureza y friabilidad. Mientras que el segundo componente explicó el 16.52% y las cargas mayores se asociaron con los atributos de astringencia y granulosidad.

Con base en la distribución de quesos y descriptores se tiene que los quesos B y C se asociaron con los atributos de cualidad arenosa, sequedad, dureza y friabilidad. Los quesos D y E se relacionaron con los atributos de granulosidad, sal y cualidad masticable, mientras que el queso A se asoció con el atributo de astringencia (Figura 1). De acuerdo con la NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005), este queso es de pasta friable porque permite su disgregación en partes pequeñas al ser sometido a esfuerzos mecánicos específicos.

Evaluación de aceptabilidad global

Para el análisis de los datos se consideraron 98 consumidores debido a que una persona no cumplió con

weights; that is, with absolute values of the attribute-component correlations equal to or greater than 0.6, were gritty quality, dryness, hardness and friability. The second component explained 16.52% and the higher weights were associated with the attributes of astringency and granularity.

Based on the distribution of cheeses and description traits, cheeses B and C were associated with the attributes of gritty quality, dryness, hardness and friability. Cheeses D and E were related with the attributes of granularity, salt and chewy quality, whereas cheese A was associated with the attribute of astringency (Figure 1). According to the NMX-F-713-COFOCALEC-2005 (SE, 2005), this cheese is friable because it can be crumbled into small pieces when it is subjected to specific mechanical forces.

Evaluation of global acceptability

For the analysis of the data, 98 consumers were considered, due to the fact that one person did not comply with what was asked, thus in order to fulfill the balance criterion in the number of women and men, another consumer had to be discarded. The Kolmogorov Smirnov test showed that the data did not exhibit a normal distribution ($p=0.005$), thus the Friedman test was used along with multiple comparisons by pairs of means of ranks using the Nemenyi test (Table 4). The group with higher acceptance was formed by A, B, C and E cheeses, while those of lower acceptance were A, C, D and E. Four of the five cheeses had the same acceptability; and three cheeses were found in groups of higher and lower acceptability. These results indicated that the measurement of acceptability is not a sufficient criterion to differentiate products or to drive their development (King and Meiselman, 2010).

According to the hedonic scale used, the highest acceptance was qualified with a value of 9; in this

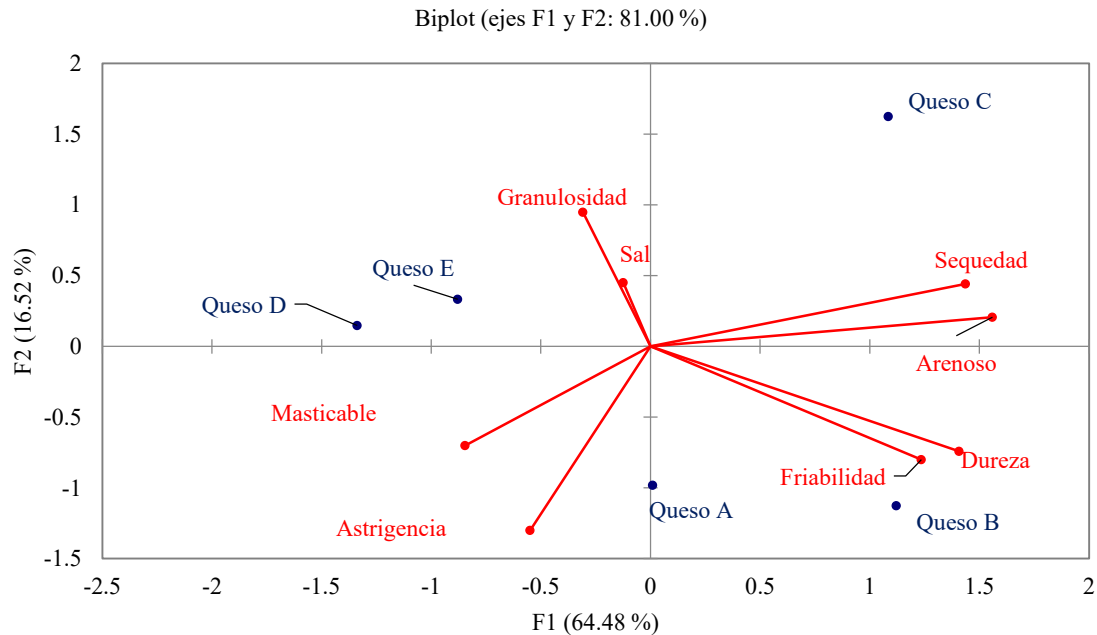


Figura 1. Representación gráfica de los quesos y descriptores con los dos primeros ejes principales del análisis Procrustes generalizado (APG).

Figure 1. Graphic representation of cheeses and description traits at the first two main axes in a generalized Procrustes analysis (APG).

lo solicitado, por lo que para cumplir con el balance entre el número de mujeres y hombres se descartó a otra. La prueba de Kolmogórov Smirnov mostró que los datos no presentaron una distribución normal ($p=0.005$), por lo cual se utilizó la prueba de Friedman y comparaciones múltiples por pares de medias de jerarquizaciones por medio de la prueba de Nemenyi (Cuadro 4). El grupo con aceptación mayor lo conformaron los quesos A, B, C y E, mientras que los de aceptación menor fueron A, C, D y E. Cuatro de cinco quesos tuvieron la misma aceptabilidad; y tres quesos se encontraron en grupos de aceptabilidad mayor y menor. Estos resultados indican que la medición de aceptabilidad no es un criterio suficiente para diferenciar o desarrollar productos (King y Meiselman, 2010).

De acuerdo con la escala hedónica utilizada, la aceptación mayor se representó con un valor de 9, en este caso se obtuvieron promedios de jerarquías entre 2.71 - 3.19, los cuales equivalen a valores de aceptabilidad entre 5.6 - 6.2, relacionados con los términos de “Ni me disgusta ni me gusta” y “Me gusta poco”. Estos valores de aceptabilidad indican que los consumidores reclutados probablemente prefieren quesos

case ranking averages were obtained between 2.71 - 3.19, which are equivalent to acceptability values between 5.6 - 6.2, related with the terms of “I don’t dislike it, nor like it” and “I don’t like it much”. These values of acceptability indicate that the recruited consumers probably prefer cheeses in other stages of ripening. According to Hernández-Morales *et al.* (2010) people can discriminate between cheeses with aged and fresh flavors.

Then, in our study, the more accepted cheeses were A, associated with astringency attribute; and B, C,

Cuadro 4. Aceptabilidad global para quesos de Zacazonapan.
Table 4. Overall acceptability of Zacazonapan cheeses.

Quesería	Aceptabilidad global
A	3.08ab
B	3.19a
C	3.14ab
D	2.71b
E	2.88ab

Medias de jerarquizaciones con letra distinta indican diferencia estadística (Nemenyi, $p\leq0.05$). ♦ Means of rankings with a different letter indicate statistical difference (Nemenyi, $p\leq0.05$).

en otras etapas de maduración. Según Hernández-Morales *et al.* (2010) las personas pueden distinguir sabores añejos y frescos en los quesos.

En nuestra investigación los quesos más aceptados fueron el queso A, asociado con el atributo de astringencia, y los quesos B y C relacionados con los atributos cualidad arenosa, sequedad, dureza y friabilidad, características asociadas con los quesos que presentan tiempo de maduración mayor. Esto difiere en parte con lo documentado por Hernández-Morales *et al.* (2010) quienes señalaron que los quesos con aceptación menor presentaron atributos asociados con un queso añejo (olor a pies, olor a pescado, pungencia, amargor, astringencia, duración de sabor global y acidez).

Frecuencia e intensidad de emociones en consumidores de queso de Zacazonapan

De las 39 emociones que provee la metodología EsSense Profile®, 21 de ellas tuvieron una frecuencia ≥ 30 : “activo, agradable, alegre, amable, amigable, bien, buen carácter, calmado, comprensivo, contento, divertido, estable, feliz, interesado, libre, obediente, pacífico, satisfecho, seguro, sensible y tranquilo”; es importante destacar que ninguna emoción fue de valencia negativa (no placenteras) (Figura 2). La presencia de emociones de valencia positiva (placenteras) y su frecuencia mayor, se relaciona con el hecho de que los alimentos pueden ejercer una experiencia agradable en los consumidores (Edwards *et al.*, 2013).

associated with gritty, dry, hard and friable attributes, all these qualities associated with longer times of ripening. This fact is different to that reported by Hernández-Morales *et al.* (2010) who indicated that cheeses with lower acceptance exhibited attributes associated with an aged cheese (smell of feet, fish odor, pungency, bitterness, astringency, duration of overall taste and acidity).

Frequency and intensity of emotions in consumers of Zacazonapan cheese

Of the 39 emotions provided by the methodology EsSense Profile®, 21 of these had a frequency ≥ 30 : “active, nice, cheerful, kind, friendly, good, good character, quiet, understanding, pleasant, fun, stable, happy, interested, free, obedient, peaceful, satisfied, safe, sensitive and calm”; it is important to point out that none of the emotions were of negative valence (unpleasant) (Figure 2). The presence of emotions of positive valence (pleasurable) and their higher frequency are related to the fact that the foods can exert a nice experience in the consumers (Edwards *et al.*, 2013).

When evaluating the intensity of the 21 emotions, the Kolmogorov-Smirnov test demonstrated that the data did not fit to a normal distribution, thus the Friedman test was applied along with multiple comparisons by pairs of means of rankings with the Nemenyi test. Only five emotions showed significant difference among cheeses (Table 5). The group formed by B, C, D and E cheeses generated higher intensities

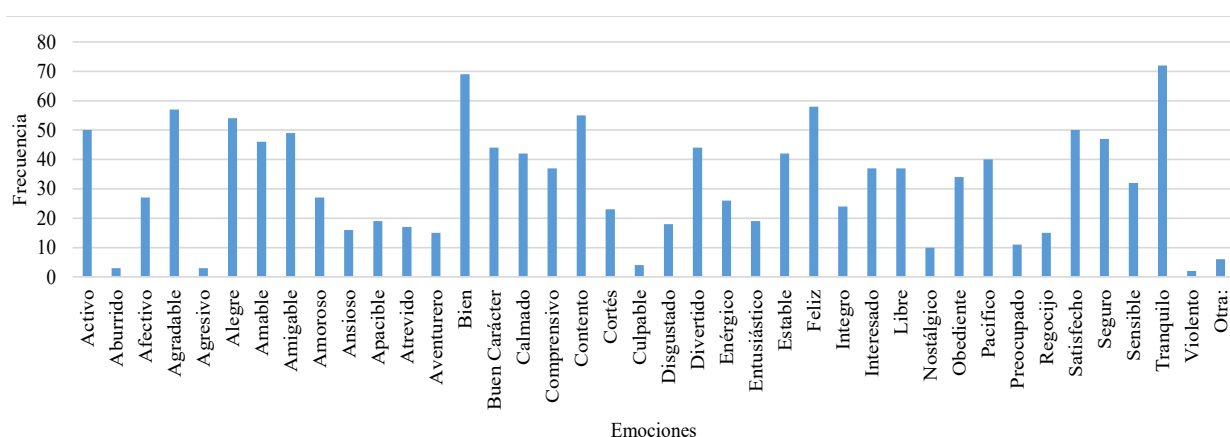


Figura 2. Frecuencia de emociones percibidas por consumidores locales después de degustar queso de Zacazonapan.
Figure 2. Frequency of emotions perceived by local consumers after tasting Zacazonapan cheese.

Al evaluar la intensidad de las 21 emociones, la prueba de Kolmogórov-Smirnov demostró que los datos no se ajustaron a una distribución normal, por eso se aplicó la prueba de Friedman y comparación múltiple por pares de medias de jerarquizaciones con la prueba de Nemenyi; solo cinco emociones mostraron diferencia significativa entre quesos (Cuadro 5). El grupo conformado por los quesos B, C, D y E generó las intensidades mayores de emociones, mientras que los quesos A, B y D conformaron el grupo relacionado con la intensidad menor. Al comparar estos grupos con los formados por aceptabilidad global, destacó que la intensidad de las emociones: activo, amable, amigable, seguro y tranquilo, permitieron diferenciar en particular a los quesos A y C, los cuales presentaron la misma aceptabilidad.

Los resultados mostraron que las emociones generadas constituyen una medida sensible para diferenciar productos. En ocasiones puede existir o no una correlación entre la aceptabilidad global y los términos de emoción; debido a esto, King y Meiselman (2010) sugirieron la combinación del uso de la medición de la intensidad de emociones y la aceptabilidad global. Al realizar esta evaluación con los resultados obtenidos, los quesos B, C y E generaron la intensidad mayor de emociones en el consumidor y se calificaron con una aceptabilidad global mayor. Las relaciones entre aceptabilidad y emociones pueden variar según el producto, los datos socio-demográficos y la psicología del consumidor (Schouteten *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2017; Mora *et al.*, 2018).

Vida útil sensorial

Al analizar los datos, se encontró que la censura de intervalo fue la más frecuente, y el intervalo con frecuencia mayor fue el que comprendió 30 d como inicio y 95 d como fin de aceptación (Hough, 2010). Al realizar la prueba de bondad de ajuste para las distribuciones evaluadas, los valores de AD fueron: para la logística (1.816), normal (1.563), Weibull (0.800), normal logarítmica (0.772), logística logarítmica (0.763) y normal logarítmica de tres parámetros (0.761). Con base en los resultados, se eligieron la distribución normal logarítmica de tres parámetros (por tener el valor de AD menor) y la distribución de Weibull, por ser la que se usa con frecuencia mayor en el modelado de la vida útil sensorial de alimentos (Hough, 2010; Kamleh *et al.*, 2012).

Cuadro 5. Intensidad de emociones generadas que permiten diferenciar entre quesos de Zacazonapan.

Table 5. Intensity of generated emotions that make it possible to differentiate among Zacazonapan cheeses.

Queso	A	B	C	D	E
Activo	2.74b	2.86ab	3.25a	2.93ab	3.22a
Amable	2.70b	3.00ab	2.98a	2.99ab	3.09ab
Amigable	2.78b	2.88ab	3.24a	2.99ab	3.10ab
Seguro	2.75b	2.92ab	3.27a	3.03ab	3.04ab
Tranquilo	2.77b	2.85ab	3.24a	3.13ab	3.00ab

Medias de jerarquías con letra distinta indican diferencia estadística (Nemenyi, $p \leq 0.05$). ♦ Means of ranks with a different letter indicate statistical difference (Nemenyi, $p \leq 0.05$).

of emotions, whereas the A, B and D cheeses formed a group related to lower intensity. In comparing these groups with those formed by overall acceptability, it was evident that the intensity of the emotions: active, kind, friendly, safe and calm, allowed the particular differentiation of A and C cheeses, which displayed the same acceptability.

Results showed that the generated emotions integrate a sensitive measurement for product differentiation. On occasions there may or may not be a correlation between overall acceptability and terms assigned to emotion; therefore, King and Meiselman (2010) suggested combining the measurement of intensity of emotions and overall acceptability. When this evaluation was made with our results, B, C and E cheeses generated the highest intensity of emotions in the consumer and those were graded with a higher overall acceptability. The relationships between acceptability and emotions can vary according to the product, socio-demographic data and psychology of the consumer (Schouteten *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2017; Mora *et al.*, 2018).

Sensory shelf life

On data analyses, it was found that interval censoring was the most frequent, and the interval with highest frequency was the one that had 30 d as start and 95 d as end of acceptance (Hough, 2010). When the goodness of fit test was made for the evaluated distributions, the values of AD were as follows: for the logistic (1.816), normal (1.563), Weibull's (0.800), log-normal (0.772), log-logistic

En el queso C se observó que la probabilidad de consumo (%) disminuye al aumentar el tiempo de maduración (Cuadro 6), por las características que el queso desarrolla durante el proceso de maduración, por la generación de compuestos derivados del metabolismo de la lactosa residual, lactato y citrato, lipólisis y proteólisis (Fox *et al.*, 2015). Hernández-Morales *et al.* (2010) indicaron una lista de veinte descriptores para quesos de Zacazonapan, y destacaron que algunos quesos presentaron sabores jóvenes y subdesarrollados, pero otros quesos presentaron valores altos para aromas como ácido propiónico, a pies (aroma asociado con calcetines sudados), a pescado (aroma asociado con pescado seco), y sabores tales como pungente (sensación aguda asociada con la producida por la capsaicina del chile, y otras especias), astringente, ácido y amargo. En el queso de Zacazonapan también se reportaron, ácidos grasos libres volátiles como el ácido acético, el ácido propiónico y el ácido butírico.

Hasta los 78 d de maduración el queso de Zacazonapan tuvo un 50% de probabilidad de consumo, en un intervalo de 50.7 a 105.7 d con 95% IC, de acuerdo con la gráfica de supervivencia generada con la distribución normal logarítmica de tres parámetros. Un resultado similar se obtuvo con la distribución de Weibull, en la cual el 50% de probabilidad de consumo se presentó a los 77.8 d de maduración en un intervalo de 48.5 - 124.7 d con 95% de confianza (Figura 3). Hernández-Morales *et al.* (2010) reportaron que este queso se consume fresco entre los

(0.763) and three-parameter log-normal (0.761). Based on these results, the three-parameter log-normal distribution was selected (as it showed the lowest AD value) along with the Weibull's, because it is used with more frequency in modeling sensory shelf life of foods (Hough, 2010; Kamleh *et al.*, 2012).

In C-dairy cheese it was observed that the probability of acceptance (%) decreased as the ripening time increased (Table 6), due to the characteristics that this cheese develops during the ripening process. These features follow the generation of compounds derived from the metabolism of residual lactose, lactate and citrate, lipolysis and proteolysis (Fox *et al.*, 2015). Hernández-Morales *et al.* (2010) indicated a list of twenty description traits for Zacazonapan cheeses, and highlighted that some cheeses possessed young and underdeveloped flavors, but other cheeses displayed high values for odors such as propionic acid, feet (a smell associated with sweaty socks), fishy (a smell associated with dry fish), and flavors such as pungent (acute sensation associated with that produced by the capsaicin of chili-pepper, and other spices), astringent, acid and bitter. In the Zacazonapan cheese, volatile free fatty acids such as acetic acid, propionic acid and butyric acid were also reported.

Up to 78 days of ripening, the Zacazonapan cheese had a 50% probability of acceptance, within a range from 50.7 to 105.7 d at 95% CI, according to the survival graph generated with the three-

Cuadro 6. Predicción de probabilidad de consumo (%) del queso de Zacazonapan en cinco tiempos de maduración, con las distribuciones normal logarítmica de tres parámetros y Weibull.

Table 6. Prediction of probability of acceptance (%) of Zacazonapan cheese in five ripening times, with the three-parameter log-normal and Weibull's distributions.

Tiempo de maduración (d)	Normal logarítmica de tres parámetros			Weibull		
	Probabilidad de consumo (%)	Intervalo de confianza (95%)		Probabilidad de consumo (%)	Intervalo de confianza (95%)	
		LI†	LS‡		LI†	LS‡
0	98	93	99	97	91	99
30	76	65	84	70	57	79
95	44	34	55	45	34	56
180	25	17	36	29	19	39
730	4	1	10	4	1	10

Nota: LI†: Límite inferior, LS‡: Límite superior. ♦ Note: LI†: Lower limit, LS‡: Upper limit.

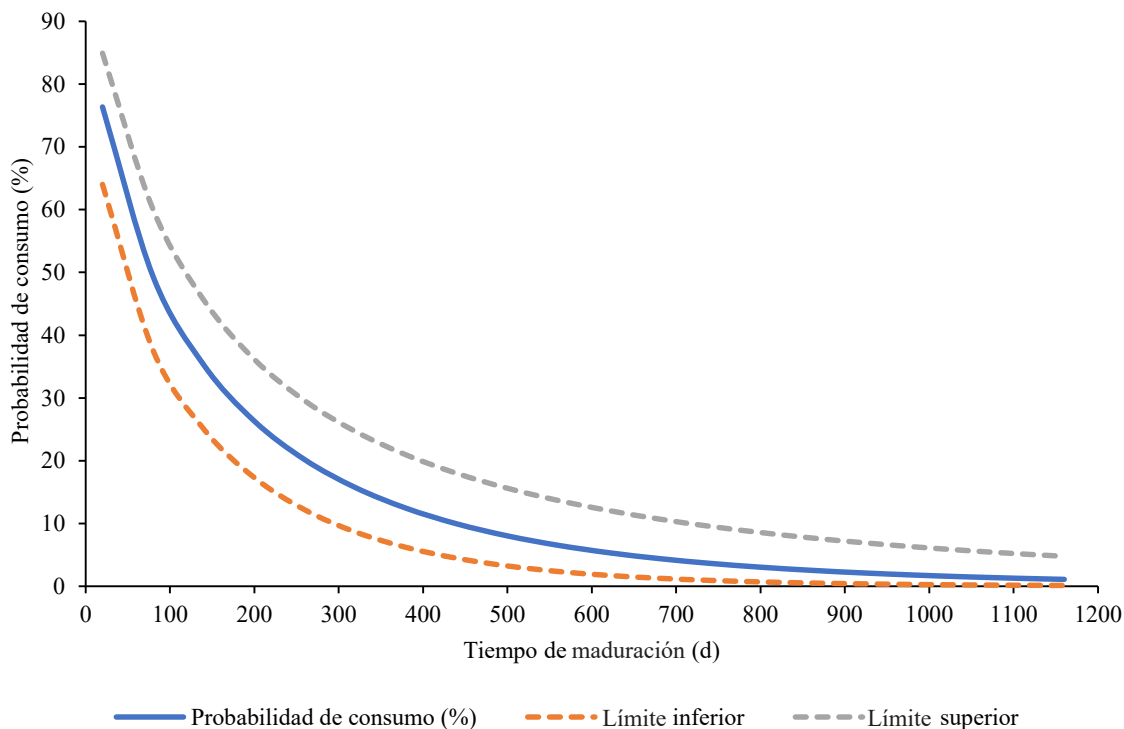


Figura 3. Probabilidad de consumo (%) de queso de Zacazonapan según el tiempo de maduración (d) y su intervalo de confianza en la distribución de Weibull.

Figure 3. Probability of acceptance (%) of Zacazonapan cheese according to ripening time (d) and its confidence interval in the Weibull distribution.

15 a 30 d después de su elaboración, o añejo con una maduración de 3 a 12 meses, pero no hay un reporte asociado con estudios con consumidores que determine este dato de manera cuantitativa.

Estudios sobre vida útil sensorial se han realizado en quesos frescos conservados en refrigeración, tales como, los quesos mantecosos Huacariz y Cepof de Cajamarca, Perú, en los cuales sus medianas de vida útil a 10 °C fueron 7.6 d y 41.7 d (Sánchez-González y Pérez, 2016). Así mismo, en el queso Halloumi, de Chipre, se documentó una mediana de vida útil de 37.8 d a 15 °C (Kamleh *et al.*, 2012). Hasta ahora no se encontró referencia en la literatura en la cual el método de supervivencia (para determinar la vida útil sensorial) se haya utilizado para conocer el estado de madurez. Tampoco algún estudio en el cual la probabilidad de consumo del queso de Zacazonapan sea mayor del 50%, ni los intervalos de tiempo máximos en los cuales el productor podría conservar en maduración el queso para disminuir su rechazo.

parameter log-normal distribution. A similar result was obtained with the Weibull distribution, in which 50% probability of acceptance was attained at 77.8 d of ripening, ranging from 48.5 to 124.7 d with 95% CI (Figure 3). Hernández-Morales *et al.* (2010) reported that this cheese is consumed fresh between 15 and 30 d after its elaboration, or aged with a ripening of 3 to 12 months, but there was no report associated to studies with consumers that quantitatively determined this date.

Some studies on sensory shelf life have been implemented on refrigerated fresh cheeses, such as the Huacariz and Cepof buttery cheeses of Cajamarca, Peru, which medians of shelf life at 10 °C were 7.6 and 41.7 d (Sánchez-González and Pérez, 2016). Also, in the Halloumi cheese of Cyprus a median shelf life of 37.8 d at 15 °C was reported (Kamleh *et al.*, 2012). Up to date no reference was found in the literature in which the survival method (in order to determine sensory shelf life) has been used to

CONCLUSIONES

Los quesos de Zacazonapan evaluados presentaron diferencias en sus características físicas, químicas y sensoriales. En la prueba de aceptabilidad global se identificaron quesos con la misma aceptación; sin embargo, cinco emociones (activo, amable, amigable, seguro y tranquilo) permitieron diferenciarlos. Esto es evidencia de la ventaja discriminante de la medición de emociones sobre las pruebas de aceptabilidad global.

Respecto a vida útil sensorial del queso, el límite de $\geq 50\%$ probabilidad de consumo se presentó a los 78 d, los consumidores reclutados mostraron una probabilidad de consumo mayor del queso con menos días de maduración. No se consideraron características sociodemográficas, ni consumidores con preferencia por los quesos añejos.

La información obtenida incrementa el conocimiento de la caracterización sensorial del queso, y contribuye a su tipificación. También genera bases para la construcción de una figura de protección, tal como una marca colectiva con referencia geográfica o una denominación de origen, para salvaguardar al queso de Zacazonapan.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo a través de la Dirección General de Investigación y Posgrado, por el financiamiento de la investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca 283773. A las autoridades y pobladores del municipio de Zacazonapan, estado de México, por su contribución al desarrollo del trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Addinsoft. 2014. XLSTAT versión 2014.5.03. XLSTAT. Paris, France. <https://www.xlstat.com/en/solutions/sensory> (Consulta: enero 2020).
- Ardö, Y., P. L. H. McSweeney, A. A. A. Magboul, V. K. Upadhyay, and P. F. Fox. 2017. Biochemistry of cheese ripening: proteolysis. *In*: McSweeney P., P. Fox, P. Cotter, D. Everett. Cheese: Chemistry, physics and microbiology 4th Ed. Elsevier Ltd. pp. 445–482. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00018-1>.
- Bi, J. 2006. Sensory discrimination tests and measurements. Statistical principles, procedures and tables. Blackwell Publishing, Ames Iowa. 560 p. <https://doi.org/10.1002/9780470277669>
- Bonanno, A., G. Tornambè, V. Bellina, C. De Pasquale, F. Mazza, G. Maniaci, and A. Di Grigoli. 2013. Effect of farming system and cheesemaking technology on the physicochemical

evaluate the state of ripening. Neither any study has been found in which the probability of acceptance of Zacazonapan cheese was higher than 50%, nor determined the maximum time interval in which the producer would conserve this cheese in ripening, in order to reduce its rejection.

CONCLUSIONS

The evaluated cheeses from Zacazonapan showed differences in their physical, chemical and sensory characteristics. In the overall acceptability test, cheeses with the same acceptance were identified; however, five emotions (active, kind, friendly, safe and calm) allowed to differentiate them. This is evidence of the discriminatory advantage of the measurement of emotions over the tests of overall acceptance.

Regarding sensory shelf life of this cheese, the $\geq 50\%$ limit of probability of acceptance was attained at 78 d; the recruited consumers showed a higher probability of acceptance of the cheese with fewer days of ripening. Sociodemographic characteristics were not considered, nor consumers with preference for aged cheeses.

The information obtained increases knowledge on sensory characterization of cheeses, and contributes to their typology. It also generates bases for the construction process towards a figure of protection, such as a collective brand with regulatory geographical indication or a designation of origin, as a safeguard for Zacazonapan cheese.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the Universidad Autónoma Chapingo through the Dirección General de Investigación y Posgrado, for funding this research. To Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for granting the scholarship Nu. 283773. To the authorities and people of the municipality of Zacazonapan, state of Mexico, our gratitude for their contribution to the development of the field survey.

—End of the English version—

—*—

- characteristics, fatty acid profile, and sensory properties of Caciocavallo Palermitano cheese. *J. Dairy Sci.* 96: 710–24. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5973>
- Domingues, G. B., D. Parra B., F. Giacometti C., and M. Lúcia G. 2019. *Lactobacillus rhamnosus* GG improves the sensorial profile of Camembert-type cheese: An approach through flash-profile and CATA. *LWT - Food Sci. Technol.* 107: 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.077>
- Edwards, A. J. S., H. J. Hartwell, and L. Brown. 2013. The relationship between emotions, food consumption and meal acceptability when eating out of the home. *Food Qual. Prefer.* 30: 22–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.004>
- Fox, P. F., T. Uniacke-Lowe, P. L. H. McSweeney, and J. A. O'Mahony. 2015. Chemistry and biochemistry of cheese. In: Fox, P. F., T. Uniacke-Lowe, P. L. H. McSweeney, and J. A. O'Mahony. *Dairy chemistry and biochemistry*, 2nd ed. pp: 499–546. Switzerland: Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_12
- Garitta, L., K. Langohr, E. Elizagoyen, F. Gugole O., G. Gómez, and G. Hough. 2018. Survival analysis model to estimate sensory shelf life with temperature and illumination as accelerating factors. *Food Qual. Prefer.* 68: 371–376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.014>
- Hernández-Morales, C., A. Hernández-Montes, E. Aguirre-Mandujano, and A. Villegas de Gante. 2010. Physicochemical, microbiological, textural and sensory characterization of Mexican Añejo cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 63: 552–560. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00615.x>
- Hough, G. 2010. Sensory shelf life estimation of food products. CRC Press, Taylor and Francis Group. Boca Raton, Florida, USA. 264 p. <https://doi.org/10.1201/9781420092943>
- Kamleh, R., I. Toufeili, R. Ajib, B. Kanso, and J. Haddad. 2012. Estimation of the shelf-life of Halloumi cheese using survival analysis. *Czech J. Food Sci.* 30: 512–19.
- Kenney, E., and K. Adhikari. 2016. Recent developments in identifying and quantifying emotions during food consumption. *J. Sci. Food Agric.* 96: 3627–3630. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7717>
- Kim J. Y., J. Prescott, and K. O. Kim. 2017. Emotional responses to sweet foods according to sweet liker status. *Food Qual. Prefer.* 59: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.01.013>
- King, S. C., and H. L. Meiselman. 2010. Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Qual. Prefer.* 21: 168–177. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.02.005>
- Kondyli, E., Pappa, E. C., & Svarnas, C. 2016. Ripening changes of the chemical composition, proteolysis, volatile fraction and organoleptic characteristics of a white-brined goat milk cheese. *Small Ruminant Res.* 145: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.10.022>
- Liao, L. X., A. M. Corsi, P. Chrysoschou, and L. Lockshin. 2015. Emotional responses towards food packaging: A joint application of self-report and physiological measures of emotion. *Food Qual. Prefer.* 42: 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.009>
- Mora, M., E. Urdaneta, and C. Chaya. 2018. Emotional response to wine: Sensory properties, age and gender as drivers of consumers' preferences. *Food Qual. Prefer.* 66: 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.12.015>
- Öztürk, H. İ., and N. Akin 2018. Comparison of some functionalities of water soluble peptides derived from Turkish cow and goat milk Tulum cheeses during ripening. *Food Sci Technol.* 38: 674–682. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.11917>
- Perna, A., A. Simonetti, I. Intaglietta, and E. Gambacorta. 2014. Effects of genetic type, stage of lactation, and ripening time on Caciocavallo cheese proteolysis. *J. Dairy Sci.* 97: 1909–1917. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7288>
- Ramírez-Navas J. S., J. Aguirre-Londoño, V. A. Aristizabal-Ferreira, y S. Castro-Narváez. 2017. La sal en el queso: diversas interacciones. *Agron. Mensoam.* 28: 303–316. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21909>
- Sánchez-González, J. A., and J. A. Pérez C. 2016. Sensory shelf life of mantecoso cheese using accelerated testing. *Sci. Agropec.* 7: 215 – 222. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.08>
- SAS Institute Inc. 2019. Statistical Analysis System version 9.4. Windows. Cary, NC, USA: SAS Institute, Inc.
- Schouteten, J. J., H. De Steur, S. De Pelsmaeker, S. Lagast, I. De Bourdeaudhuij, and X. Gellynck. 2015. Impact of health labels on flavor perception and emotional profiling: A consumer study on cheese. *Nutrients.* 7: 10251–10268. <http://dx.doi.org/10.3390/nu7125533>
- SE (Secretaría de Economía). 2005. NMX-F-713-COFOCALEC-2005. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos-Queso y Queso de Suero-. Denominaciones, Especificaciones y Métodos de Prueba. México. 29 de noviembre de 2005. <https://docplayer.es/60107821-Nmx-f-713-cofocalec-2005.html> (Consulta: agosto 2019).
- Verastegui-Tena, L., H. van Trijp, and B. Piqueras-Fiszman. 2019. Heart rate, skin conductance, and explicit responses to juice samples with varying levels of expectation (dis)confirmation. *Food Qual. Prefer.* 71: 320–331. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103893>
- Villegas, A. 2012. Tecnología quesera. Ed. Trillas. 2da. ed. México. 404 p.
- Villegas, A., F. Cervantes, A. Cesín, A. Espinoza, A. Hernández, A. Santos, y A. Martínez. 2014. Atlas de los quesos mexicanos genuinos. Editorial Colegio de Postgraduados. Serie. Biblioteca Básica de Agricultura. México. 395 p.

