

Use of sodium citrate in asadero cheese-making

Empleo de citrato de sodio en la elaboración de queso asadero

Abraham Zacarías Villegas de Gante*; David Messner Guillén.

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Carretera México-Texcoco km 38.5. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. MÉXICO.

Correo-e: abecamus@gmail.com (*Autor para correspondencia).

Abstract

Asadero cheese is one of the most important spun paste cheese of Mexico; this is a traditional cheese, made with raw cow milk generally produced using traditional methods, existing for decades. In the case of typical asadero cheese, so that paste plasticizes and stretches during kneading, the milk must be fermented with acidulated or lactic acid with an organic acid such as lactic acid, acetic acid or citric acid. Another way to achieve the right stretched is using calcium-sequestering salt such as sodium citrate (trisodium citrate); or combine the effect of the organic acid with calcium-sequestering salt. In this study we made asadero cheese like that made in Aguascalientes using sodium citrate and three levels of acidity of milk. Proximate analysis, some physicochemical properties and yield of the cheeses were also assessed. It was found that, functionally, sodium citrate together with milk acidity allow to make asadero cheese; whose composition varies according to the concentration of citrate added to the paste at the time of kneading. To higher concentration of salt, higher product yield; but also lower acidity (pH greater than 6.7 on the product). The texture of the cheeses analyzed was different; less firm and chewiness with increasing concentration of sodium citrate.

Keywords: calcium sequestering, organic acid, acid levels, asadero.

Resumen

El asadero es uno de los quesos de pasta hilada más importantes de México; éste es tradicional, elaborado con leche cruda de vaca generalmente a escala artesanal y cuya existencia data de décadas. En el asadero típico, para que la pasta plastifique y estire durante el amasado, la leche de proceso debe ser fermentada con flora ácido láctica o acidulada con algún ácido orgánico como el láctico, acético o cítrico. Otra forma de lograr el punto adecuado de hilado es emplear sal secuestrante del calcio, como el citrato de sodio (citrato trisódico); o bien, combinar el efecto del ácido orgánico con el de esta sal. En el presente trabajo experimentalmente se elaboró queso tipo asadero de Aguascalientes empleando citrato de sodio y tres niveles de acidez de la leche de proceso. Se exploró también la composición proximal, algunas propiedades fisicoquímicas y el rendimiento de los quesos experimentales. Se halló que, funcionalmente, el citrato de sodio junto con la acidez de la leche permiten elaborar el queso asadero; cuya composición varía según la concentración de citrato adicionado a la pasta en el momento del amasado. A mayor concentración de sal, mayor rendimiento del producto; pero también menor acidez (pH mayor de 6.7 en el producto). Asimismo, la textura de los quesos experimentales resultó distinta; revelándose menor firmeza y masticabilidad con el incremento en la concentración de citrato de sodio.

Palabras clave: secuestrante de calcio, ácido orgánico, niveles de acidez, asadero.

Please cite this article as follows (APA 6): Villegas-de Gante, A. Z., & Messner-Guillén, D. (2015). Use of sodium citrate in asadero cheese-making. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 7(1), 35–47. doi: 10.5154/r.inagbi.2015.04.003



Introduction

Spun paste cheese (Italian: *pasta filata*), like mozzarella and caciocavallo, are distinguished by their unique paste plasticity and kneading treatment of the curd in hot water; providing the finished cheese specific features: fibrous structure, high elasticity and melting property. Adding hot water to the curd we obtain a melted mass and its stretch during kneading gives the protein fibers certain direction; helping to form “strings” typical of this type cheeses.

In the case of Mozzarella cheese, the capacity of the hot paste to form fibrous strings, which are stretched without breaking under stress, is related to the critical concentrations of colloidal calcium phosphate (CCP) and solubilized calcium in the curd, and relatively high concentration of intact casein (Kindst dt & Guo, 1998).

According to Kosikowski (1977), a textured paste to make cheese, which can give rise to the *pasta filata*, after termoplastification needs to lose calcium from calcium phosphocaseinate, which form part of the curd. This calcium may be solubilized by acid generated by fermentation (for example lactic acid), or by adding an organic acid (such as lactic, acetic and even citric acid); this is the most common method to make stretched-curd cheese like mozzarella, Italian cheese, and Oaxaca cheese.

During the making of these cheeses via acidity or fermentation with lactic acid bacteria (LAB), by lowering the pH of the curd occurs a gradual decalcification phenomenon; either of casein micelles or calcium phosphocaseinate matrix. Thus, in the pH range 5.1 to 5.3, the partially decalcified paste, when subjected to heat and mechanical action (for example kneading) thermoplasticized giving rise to typical features of *pasta filata* (Kindst dt & Guo, 1998).

Spun paste cheeses have developed independently in different countries. The curd produced by milk enzymes is kept in warm serum, to form a compact mass which develops acidity; i.e. ferments until reaching a pH between 5.0 and 5.2. Thus, the acidified mass is plasticized in serum or hot water (70 to 80 °C) and with this we make the cheese (Scott, Robinson, & Wilbey, 2002).

The chemistry of spun paste cheese

Dicalcium paracaseinate curd does not produce a soft plastic mass when it is exposed to hot water or steam. For proper stretching and molding a second transformation is required; conducted by the development of direct introduction of an organic acid (e.g. lactic) and by its contact with the curd.

Introducción

Los quesos de pasta hilada (de *pasta filata*, en Italiano), como el mozzarella y el caciocavallo, se distinguen por tener plastificación única de su pasta y tratamiento de amasado de la cuajada en agua caliente; lo cual da características específicas al queso terminado: estructura fibrosa, gran elasticidad y fundibilidad. Aplicando agua caliente a la cuajada en proceso se forma una masa fundida y su estiramiento durante el amasado orienta las fibras de proteína en una dirección; contribuyendo a formar los “hilos” característicos de estos quesos.

En el queso mozzarella la capacidad de la pasta caliente para formar hebras fibrosas, que se estiran sin romperse bajo tensión, se halla relacionada con las concentraciones críticas de fosfato cálcico coloidal (CCP, por sus siglas en inglés) y calcio solubilizado presentes en la cuajada, y relativamente altas de caseína intacta (Kindst dt & Guo, 1998).

De acuerdo con Kosikowski (1977), una pasta texturizada para queso, que pueda dar origen a una pasta hilada, después de la termoplastificación requiere perder calcio a partir del fosfocaseinato de calcio que forma parte de la cuajada. Este calcio puede solubilizarse por medio de ácido generado por fermentación (v. g. láctica), o por la adición de algún ácido orgánico (como el láctico, acético e incluso el cítrico); éste es el método más común para elaborar pastas hiladas como mozzarella, italiano, y el Oaxaca.

Durante la hechura de estos quesos, por vía ácida o fermentativa con bacterias ácido lácticas (BAL), al ir descendiendo el pH de la cuajada se va efectuando un fenómeno gradual de descalcificación; ya sea de las micelas caseínicas o de la matriz de fosfocaseinato de calcio. Así, en el intervalo de pH 5.1 a 5.3, la pasta ya descalcificada parcialmente, al someterse a calentamiento y acción mecánica (v. g. amasado) termoplastifica dando origen a las características típicas de una pasta de queso *filata* (Kindst dt & Guo, 1998).

Los quesos de pasta *filata* se han desarrollado independientemente en diferentes países. La cuajada producida por enzimas de la leche se mantiene en suero tibio, donde se consolida para formar una masa compacta en la cual se permite desarrollar acidez; es decir, fermentar hasta un pH situado entre 5.0 y 5.2. Por tanto, la masa acidificada se plastifica en suero o agua caliente, de 70 a 80 °C, y con ella se forman las piezas de queso (Scott, Robinson, & Wilbey, 2002).

La química de los quesos de pasta hilada

La cuajada de paracaseinato dicálcico no produce una masa plástica suave cuando se expone al agua caliente

In this development, some paracaseinate dicalcium calcium is dissolved by acidity; providing a new component known as: monocalcium paracaseinate. Figure 1 shows synthetically the reactions that take place in the mass of spun paste cheeses (Kosikowski, 1977).

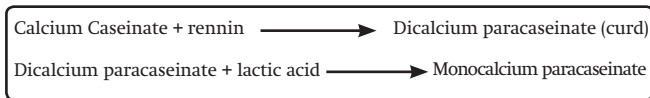


Figure 1. Generic reactions that occur in the cheese mass during the making of spun paste cheeses.

Monocalcium paracaseinate of the curd has unique properties; it is soluble in warm sodium chloride solution, and when heated at 54 °C or higher (e.g. to make mozzarella cheese, Oaxaca cheese or asadero cheese) becomes soft, flexible, with fibrous strings, and retains fat. However, if acidification is excessive, in some cheeses, monocalcium paracaseinate continues losing calcium and a new compound is formed: casein; which has difficulty retaining fat.

Sodium citrate

Sodium citrate is an emulsifying salt generally used in the manufacture of processed cheeses, but also as a “help” in the hot kneading of the pasta *filata*. It is a calcium sequestering agent, regulates the pH and acts as an emulsifier for the free fat.

Sodium citrate acts almost like other calcium sequestering agents. Then, in a *pasta filata*, the dicalcium paracaseinate (curd) and a calcium sequestering agent, heat and mechanical action, result in a processed cheese (of monocalcium paracaseinate) after cooling. In terms of fat globules, their membrane is destroyed between 70 and 80 °C; but a new cover, specially formed by sodium paracaseinate, protects them (Eck, 1990).

The emulsifying salts are ionic compounds formed by monovalent cations (e.g. of Na⁺ and K⁺) and polyvalent anions (e.g. polyphosphates or citrate). In processed cheese, the two primary functions of the emulsifying salts are 1) calcium sequestration and 2) adjusting the pH (increase). Both features help hydration of cheese caseins (Kapoor & Metzger, 2008), and in the case of *pasta filatas* positively affect the yield.

In 2003, the Code of Federal Regulations, Department of Health and Human Services of USA (DHHS) had identified 13 types of emulsifying salts that can be used in the making of processed cheese. However, most of them made with trisodium citrate (TSC), disodium phosphate (DSP) or a combination thereof. A change in the concentration of TSC has great influence on the characteristics of molten (Garimella-Purna, Pollard, & Metzger, 2006).

o vapor. Para obtener un estiramiento y moldeado apropiados se requiere una segunda transformación; llevada a cabo por el desarrollo o introducción directa de un ácido orgánico (v. g. láctico) y por el contacto de éste con la cuajada.

En este desarrollo, un poco de calcio del paracaseinato dicálcico es disuelto por el ácido; dando un nuevo componente: el paracaseinato monocálcico. En la Figura 1, se representan, sintéticamente, las reacciones que se llevan a cabo en la masa para quesos de pasta hilada (Kosikowski, 1977).

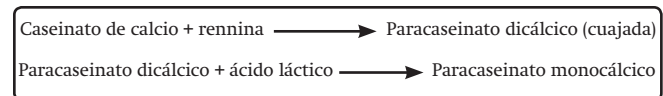


Figura 1. Reacciones genéricas que suceden en la masa quesera durante la hechura de un queso de pasta hilada.

El paracaseinato monocálcico de la cuajada posee propiedades únicas; es soluble en solución tibia de cloruro de sodio, y cuando se calienta a 54 °C o más (v. g. al elaborar queso mozzarella, Oaxaca o asadero) se vuelve suave, flexible, hebrosa y retiene la grasa. Sin embargo, si la acidificación es excesiva, en algunos quesos, el paracaseinato monocálcico continúa perdiendo calcio y se forma un nuevo compuesto: la paracaseína; la cual tiene dificultad para retener grasa.

Citrato de Sodio

El citrato de sodio es una sal fundente generalmente utilizada en la elaboración de quesos fundidos, pero también como “ayuda” en el amasado en caliente de la pasta hilada. Es un agente secuestrante de calcio, regula el pH y actúa como emulsionante para la grasa libre.

El citrato de sodio actúa casi igual que otros agentes secuestrantes de calcio. Entonces, en una pasta *filata*, el paracaseinato dicálcico (cuajada) más un agente secuestrante de calcio, calor y acción mecánica, dan como resultado un queso fundido (de paracaseinato monocálcico) después del enfriamiento. En cuanto a los glóbulos grasos, su membrana se destruye entre los 70 y 80 °C; pero una nueva envoltura, especialmente formada por paracaseinato sódico, los protege (Eck, 1990).

Las sales emulsificantes son compuestos iónicos formados por cationes monovalentes (v. g. de Na⁺ y K⁺) y aniones polivalentes (v. g. polifosfatos o citrato). En el queso procesado, las dos funciones primarias de las sales emulsionantes son: 1) secuestrar el calcio y 2) ajustar el pH (lo sube). Ambas funciones ayudan a la hidratación de las caseínas del queso (Kapoor & Metzger, 2008), y en el caso de pastas *filatas* influyen positivamente en el rendimiento.

The addition of emulsifying salts in the making of processed cheeses usually increases the pH of the paste; reaching values greater than 5.2 up to 6.2. Although the protein matrix can accommodate the excess fluid (serum), the cheese can limit the holding capacity of the serum, and the excess of the fluid can be expelled. It has been demonstrated that when citrate is added to cheese, it acts as a chelating agent; decreasing the activity of the calcium ion (Pastorino, Hansen, & McMahon, 2003).

The emulsifying salts should be dissolved and integrated well in the cheese mass, mixing, stirring and heating. In the making of processed cheese, we obtain good results with a maximum dose of 3 % emulsifying salts, with regard to the final product; but in general lower doses are used. Salt excess provides unstable texture, too hard consistency and a salty taste to the product. This is probably because the emulsifying salts do not lose their own taste when forming chemical complexes with the components of the cheese (Eck, 1990).

Cheese yield

Cheese yield means the amount of cheese obtained from a given amount of milk; it can be expressed by the number of kilograms of cheese obtained from 100 kg of milk. The yield depends on the norms regulating the composition of the different varieties of cheese (Amiot, 1991).

Asadero cheese

In every state of Mexico there is at least one native-crafted cheese. It is only genuine cheeses made from fluid milk and additives allowed; with a tradition of decades. Its economic, social and cultural relevance highlights because there are many people involved in its production, these people contribute to solve the food problem in Mexico, and are also part of the traditions of the Mexicans.

When considering genuine crafted-cheeses we understand that these cheeses are authentic; made on small-scale, at places that handle basic technology and empirical knowledge; following the traditional method. Among the various native cheeses from Mexico highlights the spun paste cheese like *queso Oaxaca*, *guaje* from San Luis Potosi (cheese fermented inside a gourd) and *el cocido* (cooked cheese) from Sonora. In the first type of cheese, the milk is acidified (by lactic fermentation or addition of an organic acid); after obtaining the paste, it is subjected to a kneading process (kneading) with hot water, allowing to plasticize, knead the mass. In contrast, in the case of asadero cheese, the pasta is heated with its own serum, salted, kneaded and then shaped: rectangular prism, "ball", tortilla etc.

En 2003, el Código Federal de Regulaciones del Departamento de Salud y Servicio Humanos de EUA (DHHS, por sus siglas en inglés) había identificado 13 tipos de sales emulsificantes que se pueden utilizar en la elaboración de quesos procesados. Sin embargo, la mayoría de ellos se elabora con citrato trisódico (TSC), fosfato disódico (DSP) o una combinación de éstos. Un cambio en la concentración de TSC tiene gran influencia en las características del fundido (Garimella-Purna, Pollard, & Metzger, 2006).

La adición de sales emulsificantes en la fabricación de quesos procesados normalmente aumenta el pH de la pasta; alcanzando valores mayores de 5.2, hasta 6.2. Pese a que la matriz de la proteína puede acomodar el exceso del líquido (suero), el queso puede limitar la capacidad de retención del suero, y el exceso de éste puede ser expulsado. Se ha evidenciado que cuando se agrega citrato al queso, éste actúa como un agente quelante; decreciendo la actividad del calcio iónico (Pastorino, Hansen, & McMahon, 2003).

Las sales fundentes deben disolverse bien e integrarse en la masa quesera, revolviéndola, agitándola y calentándola. En la fabricación de queso fundido se obtienen buenos resultados con una dosis máxima de sales fundentes de 3 %, con respecto al producto final; pero en general se emplean dosis menores. Un exceso de sales imparte textura inestable, consistencia demasiado dura y un gusto salado al producto. Lo anterior debido, probablemente, a que las sales fundentes no pierden su propio gusto cuando forman complejos químicos con los componentes del queso (Eck, 1990).

Rendimiento quesero

Se entiende por rendimiento la cantidad de queso obtenido a partir de una determinada cantidad de leche; se puede expresar por el número de kilogramos de queso obtenidos a partir de 100 kg de leche. El rendimiento depende de las normas legales que regulan la composición de las distintas variedades de queso (Amiot, 1991).

El queso asadero

En todos los estados de la república mexicana existe por lo menos un queso nativo elaborado artesanalmente. Se trata de quesos genuinos hechos solamente de leche fluida y aditivos permitidos; con una tradición de décadas. Su relevancia (económica, social y cultural) resalta porque existe mucha gente involucrada en su elaboración, contribuyen a solucionar el problema alimentario de México, y además forman parte de las tradiciones de los mexicanos.

Al considerar los quesos genuinos artesanales entendemos que éstos son auténticos; elaborados a

Asadero cheese, often confused or replaced by Oaxaca cheese, is considered a fresh cheese. It is produced by traditional methods and also in medium and large factories, mainly in the northern states (Durango, Coahuila, Chihuahua, etc.), the central plateau (Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato) and the center of Mexico (Villegas-de Gante, 1993; Cervantes, Villegas-de Gante, Cesín, & Espinoza, 2013).

Spun paste cheese such as asadero cheese, have very special characteristics (e.g. in the making) because the heat capacity of plasticized is achieved by developing acidity by means of acidity or fermentation. In several states of Mexico, asadero cheese, from yesteryear, has been prepared by acidification of the milk or paste by fermentation; with lactic acid microflora (BAL). However, in the sixties emulsifying salts (sodium citrate) came into use, which has been added in the preparation of spun paste cheese, particularly in the case of asadero cheese (Salas-Sánchez, Villegas-de Gante, Santos-Moreno, & Hernández-Montes, 2013).

The use of salts has been used mainly in the making of asadero cheese from Aguascalientes. Which, can be made, even, with fresh milk; i.e. milk that has not undergone fermentation. This cheese has higher moisture content, it is softer, has lower acidity in the paste and has higher yield; this cheese melts easily at temperatures of 60 °C, and above. However, from the point of view of research it is unknown how much sodium citrate has to be used in the paste for this type of cheese so it can melt and look like pasta *filata*.

The problem is compounded when it is known that the effect of acidity, generated or provided in milk to make asadero cheese, can be reinforced by sodium citrate which acts as “calcium sequestering”; promoting the fibrous strings (Pastorino et al., 2003). The truth is that both factors can be combined to obtain good pastas and therefore good asadero cheese; however, not much is known about this issue because no experiments have been conducted. Therefore, it was considered important to conduct experimental work to know on the combination of these factors: concentration of acidity and adding sodium citrate; determinants of spun paste asadero cheese.

This research aimed to explore the offsetting effect of sodium citrate in the acidity of the milk to make asadero cheese, characterize physicochemically (pH, a_w , yield, composition and texture) the asadero cheese and determine the difference in yield of different treatments. Two independent experiments were conducted; fixed acidity in milk (16 to 20 °D), three levels of added citrate, and the control treatment (traditional asadero cheese) made only with organic acidity (lactic acid) were determined.

pequeña escala, en plantas que manejan tecnología básica y conocimiento empírico; es decir tradicionalmente. Entre los diversos quesos nativos de México destacan los de pasta hilada como el Oaxaca, guaje (de San Luis Potosí) y el cocido (de Sonora). En el primero la leche se acidifica (por fermentación láctica o adición de algún ácido orgánico); después de obtener la pasta, ésta se somete a un proceso de amasado (malaxado) con agua caliente, lo que permite plastificarla, trabajarla, amasarla e hilarla. En contraste, en el queso asadero la pasta se calienta con su propio suero, se sala, se amasa y luego se le imparte una forma definida: en prisma rectangular, “bola”, tortilla, etcétera.

El asadero, a menudo confundido o suplantado por el Oaxaca, es considerado un queso fresco. Se produce tanto a nivel artesanal como en empresas medianas y grandes, principalmente en los estados del norte (Durango, Coahuila, Chihuahua, etc.), de la meseta central (Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato) y del centro de la república (Villegas-de Gante, 1993; Cervantes, Villegas-de Gante, Cesín, & Espinoza, 2013).

Los quesos de pasta hilada, como el asadero, tienen características muy especiales (v. g. en la hechura) porque la capacidad de plastificar con calor se logra al desarrollar acidez, por vía fermentativa o ácida. En varios estados del país, el queso asadero, desde antaño, se ha elaborado por acidificación de la leche o de la pasta por vía fermentativa; con microflora ácido láctica (BAL). Sin embargo, en la década de los sesenta entró en uso la sal fundente (citrato de sodio), la cual ha sido aplicada en la elaboración de quesos de pasta hilada, particularmente el asadero (Salas-Sánchez, Villegas-de Gante, Santos-Moreno, & Hernández-Montes, 2013).

El uso de sales ha sido empleado principalmente en la hechura de queso asadero de Aguascalientes. El cual, se puede elaborar, incluso, con leche dulce; es decir, aquella que no ha sufrido fermentación. Este queso presenta mayor contenido de humedad, es más suave, de menor acidez en la pasta y logra mayor rendimiento; asimismo, se funde fácilmente al alcanzar temperaturas de 60 °C, y superiores. No obstante, desde el punto de vista de la investigación se desconoce cuál es el nivel de citrato de sodio por emplearse en una pasta de este tipo de queso para que pueda fundir y manifestarse como pasta hilada.

El problema se complica cuando se sabe que el efecto del ácido, generado o proporcionado en la leche para hacer queso asadero, pueda ser reforzado por el citrato de sodio que actúa como un “secuestrante” de calcio; lo que favorece el hilado (Pastorino et al., 2003). Lo cierto es que ambos factores se pueden combinar para lograr buenas pastas y por lo tanto, buenos quesos asadero; sin embargo, no se sabe mucho del tema debido a que no se ha generado experimentación. Por lo anterior, se

Table 1. Treatments tested in the experiment.

Treatment number	Number of replications	Comments
1	3	Making of asadero cheese using raw milk (16 °D) with 1.50 % sodium citrate
2	3	Making of asadero cheese using raw milk (16 °D) with 1.70 % sodium citrate
3	3	Making of asadero cheese using raw milk (16 °D) with 1.90 % sodium citrate
4	3	Making of asadero cheese using raw milk (20 °D) with 1.20 % sodium citrate
5	3	Making of asadero cheese using raw milk (20 °D) with 1.40 % sodium citrate
6	3	Making of asadero cheese using raw milk (20 °D) with 1.70 % sodium citrate
7	3	Making of asadero cheese using raw milk (35 °D with lactic acid only)(control)

Cuadro 1. Tratamientos ensayados en el experimento.

Número de tratamiento	Número de repeticiones	Observaciones
1	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (16 °D) con 1.50 % de citrato de sodio en pasta
2	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (16 °D) con 1.70 % de citrato de sodio en pasta
3	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (16 °D) con 1.90 % de citrato de sodio en pasta
4	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (20 °D) con 1.20 % de citrato de sodio en pasta
5	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (20 °D) con 1.40 % de citrato de sodio en pasta
6	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (20 °D) con 1.70 % de citrato de sodio en pasta
7	3	Elaboración de queso asadero con leche cruda (35 °D con sólo ácido láctico)(testigo)

Materials and methods

The experimental phase was carried out in the Dairy Research Laboratory Department of the Agro-industrial Engineering Department of the University of Chapingo. The texture profile analysis and proximate analysis were performed in the laboratories of Agroindustrial Engineering and Animal Science at the same university.

We used raw whole milk from holstein cows from the experimental farm at Chapingo, 86 % lactic acid, trisodium citrate and what is necessary to make asadero cheese.

Asadero cheese was prepared based on information reported by Villegas-de Gante (2012).

A total of seven treatments with three replications (Table 1) were tested in this experiment.

Determining physicochemical properties

The pH and a_w were determined for each sample. The pH measurements were performed with fixed electrode potentiometer (Hanna Instruments), calibrated with a buffer solution of pH 7.0 (J.T. Baker, Mexico); and the other at pH 4.0 (J.T. Baker, Mexico) and with a portable digital potentiometer (Hanna Instruments).

consideró importante efectuar un trabajo experimental que diera luz sobre esa combinación de factores: concentración de acidez en la pasta y adición de citrato de sodio; determinantes del hilado en el queso asadero.

Esta investigación tuvo como objetivos explorar el efecto compensatorio del citrato de sodio en la acidez de la leche para elaborar queso asadero, caracterizar fisicoquímicamente (pH, a_w , rendimiento, composición y textura) al queso asadero experimental y determinar la diferencia de rendimiento de los diferentes tratamientos. Se hicieron dos experimentos independientes en donde se estableció acidez fija en la leche de proceso (16 y 20 °D) y tres niveles de citrato adicionados, además un testigo (queso asadero tradicional), hecho únicamente con ácido orgánico (láctico).

Materiales y métodos

La fase experimental se efectuó en el Laboratorio de Investigación de Lácteos del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. El análisis de perfil de textura y el proximal se realizaron en los laboratorios de Ingeniería Agroindustrial y de Zootecnia, en la misma Universidad.

Se utilizó leche entera cruda, de vacas holstein de la granja experimental de Chapingo, ácido láctico al 86 %,

Water activity (a_w) was measured using a water activity meter: Aqualab (Decagon, WA, USA), at 25 °C. The texture profile was determined using a TA-XT2 texture analyzer (Texture Analyser, Stable Microsystems); with test speed of 2.0 mm·s⁻¹ and 40 % penetration for 3 s using a PT probe (50 mm in diameter) and a cell of 5 kg.

Proximate analysis

The analysis was conducted following the methods described by Horwitz (1980), AOAC. The variables were: moisture, fat, protein, ash and titratable acidity. Calcium and sodium content were determined by atomic absorption.

Statistical analysis

The experiment was carried out using a randomized complete block design for the physicochemical and bromatologic parameters. A statistical model according to Infante-Gil, and Zarate-de Lara (1984) was used.

The analysis of variance (ANOVA) was also performed to determine whether there was difference between treatments, with regard to the physicochemical and bromatologic variables, within each experiment.

All parameters measured data were subjected to a mean comparison analysis using the least significant difference (LSD) test; with the Statistical Analysis System SAS/ETS™ (Statistical Analysis System [SAS], 2004).

Results and discussion

Cheeses proximate analysis

Table 2 shows the results of the proximate analysis of the cheeses studied.

The results found in the analysis are discussed below; parameter by parameter.

Moisture (%)

According to the variance analysis and significance level ($\alpha = 0.05$), it is concluded that there are statistically significant differences between the effects of the treatments; so the $H_0: T1 = T2 = T3 = T4 = T5 = T6 = T7$ was declined and it is concluded that the different concentrations of sodium citrate affect the moisture content in asadero cheese.

With the LSD analysis, we found that there are significant difference in the following treatments: T1 (16 °D, 1.50 % C.S.) \neq T6 (20 °D, 1.70 % C.S.), T3 (16°D, 1.90 % C.S.) \neq T4 (20 °D, 1.20 % C.S.), T5 (20 °D, 1.40 % C.S.) \neq T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) and T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) \neq T7 (control).

citrato trisódico y los enseres propios para elaborar queso asadero.

El queso tipo asadero de Aguascalientes se elaboró con base en la información presentada por Villegas-de Gante (2012).

En el experimento se ensayaron siete tratamientos con tres repeticiones (Cuadro 1).

Determinación de propiedades fisicoquímicas

A cada muestra se le determinó pH y a_w . Las mediciones de pH se realizaron con potenciómetro de electrodo fijo (Hanna Instruments), calibrado con una solución buffer de pH 7.0 (J.T. Baker, México); y otra a pH 4.0 (J.T. Baker, México) y con un potenciómetro digital portátil (Hanna Instruments). La actividad de agua (a_w) con un medidor de actividad acuosa Aqualab (Decagon, WA, E.U.A.), a temperatura de 25 °C. El perfil de textura se determinó empleando un texturómetro TA-XT2i (Texture Analyser, Stable Microsystems); con velocidad de ensayo de 2.0 mm·s⁻¹ y penetración de 40 % por 3 s, empleando una sonda PT 50 mm de diámetro y una celda de 5 kg.

Análisis proximal

Se efectuó siguiendo los métodos descritos por Horwitz (1980), de la AOAC. Las variables fueron: humedad, contenido de grasa, proteína, cenizas y acidez titulable; además se determinó el contenido de calcio y de sodio por espectrofotometría de absorción atómica.

Análisis estadístico

El experimento se llevó a cabo considerando un diseño en bloques completamente al azar para los parámetros fisicoquímicos y bromatológicos. Se empleó un modelo estadístico de acuerdo con Infante-Gil, y Zarate-de Lara (1984).

También se realizó análisis de varianza (ANAVA) para determinar si existía o no diferencia entre los tratamientos, con relación a las variables fisicoquímicas y bromatológicas, dentro de cada experimento.

Todos los datos de los parámetros medidos se sometieron a un análisis de comparación de medias utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (LSD); con el paquete estadístico SAS/ETS™ (Statistical Analysis System [SAS], 2004).

Resultados y discusión

Análisis proximal de los quesos

En el Cuadro 2 se compendian los resultados del análisis proximal de los quesos experimentales.

Table 2. Proximate analysis of the asadero cheeses tested (% on moisture basis).**Cuadro 2. Composición proximal de los quesos asaderos experimentales (% en base húmeda).**

Parameter (%) / Parámetro (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Moisture/Humedad	48.70 ^{bc}	51.46 ^{abc}	52.13 ^{ab}	48.23 ^c	49.70 ^{bc}	53.85 ^a	48.60 ^{bc}
Fat/Grasa	24.75 ^{ab}	27.16 ^a	26.33 ^{ab}	26.66 ^{ab}	25.16 ^{ab}	24.33 ^{ab}	22.25 ^b
Protein/Proteína	19.84 ^b	17.80 ^{cd}	17.89 ^{cd}	19.39 ^b	18.40 ^{cb}	16.28 ^d	27.50 ^a
Minerals/Minerales	4.89 ^a	4.40 ^b	4.16 ^b	4.32 ^b	4.35 ^b	4.00 ^b	3.12 ^c
Calcium/Calcio	0.82 ^a	0.95 ^a	0.86 ^a	0.81 ^a	0.73 ^a	0.72 ^a	0.57 ^a
Sodium/Sodio	0.91 ^{ab}	0.93 ^a	0.90 ^{ab}	0.77 ^c	0.80 ^{bc}	0.85 ^{abc}	0.33 ^d

The characteristics of each treatment are: T1 (16 °D, 1.50 % S.C.), T2 (16 °D, 1.70 % S.C.), T3 (16 °D, 1.90 % S.C.), T4 (20 °D, 1.20 % S.C.), T5 (20 °D, 1.40 % S.C.), T6 (20 °D, 1.70 % S.C.) and T7 (35 °D, without S.C.).

Las características de cada tratamiento son: T1 (16 °D, 1.50 % C.S.), T2 (16 °D, 1.70 % C.S.), T3 (16 °D, 1.90 % C.S.), T4 (20 °D, 1.20 % C.S.), T5 (20 °D, 1.40 % C.S.), T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) y T7 (35 °D, sin C.S.).

As shown in Table 2, Asadero cheese T6 had higher humidity, followed by T3 and T2; treatments that were statistically equal. This may be due to the higher content of sodium citrate; which would confirm the hypothesis.

Fat (%)

With level of significance $\alpha = 0.05$, no significant differences were observed between the effect of the treatments. With the LSD analysis, we can be observed that experimental units treated with sodium citrate had no statistically significant differences; while the control treatment effect was statistically superior to the effect of T2.

T2 had the highest fat content, followed by T4; while T7 (control) had the lowest fat content.

Protein (%)

The results obtained in this response variable show significant differences between the effect of treatments. It is noted that the asadero cheese prepared only with lactic acid had statistically higher protein content (27.5 %); while T6 (20 °D, 1.70 % S.C.) had the lowest content (16.28 %).

It can be seen that the protein content is less when having high water content and greater when having low percentage of water; that is, the protein content is inversely proportional to the water content in the asadero cheese evaluated.

Minerals (ash, %)

The analysis of variance indicated statistically significant differences. Asadero cheese made only with lactic acid (T7) was statistically lower regarding the percentage of minerals (2.65 %); below the average

A continuación se discuten los resultados hallados en la composición; parámetro por parámetro.

Humedad (%)

De acuerdo con el análisis de varianza y con un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se concluye que sí existieron diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de los tratamientos; por lo cual se rechaza la H_0 : T1 = T2 = T3 = T4 = T5 = T6 = T7 y se concluye que las diferentes concentraciones de citrato de sodio afectan el contenido de humedad en el queso asadero.

Mediante el análisis LSD se detectó que sí existe diferencia significativa en los siguientes tratamientos: T1 (16 °D, 1.50 % C.S.) \neq T6 (20 °D, 1.70 % C.S.), T3 (16 °D, 1.90 % C.S.) \neq T4 (20 °D, 1.20 % C.S.), T5 (20 °D, 1.40 % C.S.) \neq T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) y T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) \neq T7 (testigo).

Como se observa en el Cuadro 2, el queso asadero que presentó mayor humedad fue el T6, seguido del T3 y T2; tratamientos que resultaron estadísticamente iguales. Esto puede ser debido al mayor contenido de citrato de sodio; lo cual confirmaría la hipótesis planteada.

Grasa (%)

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, se detectó que entre el efecto de los tratamientos no existieron diferencias significativas. Mediante el análisis LSD se puede observar que en las unidades experimentales tratadas con citrato de sodio no existieron diferencias estadísticamente significativas; mientras que el efecto del tratamiento testigo fue estadísticamente superior al del T2.

También se puede observar que el T2 presentó el mayor contenido de grasa, seguido del T4; mientras que el T7 (testigo) presenta el menor contenido de grasa.

which normally has the asadero cheese. Villegas-Ghent (2012), reports that the average mineral content of Asadero cheese is 3.5 %. The treatments studied have high mineral content; this is due to the sodium citrate added to each of the treatments. Means analysis indicates that T7 and T1 had significant differences compared to other treatments; but between T1 and T2 significant differences were observed. It is noteworthy that these treatments had the lowest yield.

Calcium (%)

As a result of the analysis of variance, with $\alpha = 0.05$, it was found that there is no significant difference between the effect of treatments on the experimental material; therefore, there is no statistical evidence to reject the null hypothesis. The LSD analysis confirms that no significant difference between treatments was observed for this parameter.

Sodium (%)

Table 2 shows that T7 (control) has the lowest content of this mineral; obviously because this cheese was not treated with sodium citrate. The analysis of variance indicated that at least one treatment had significant effect on the sodium content. The LSD analysis shows that treatments T1, T2 and T3 are statistically different compared to T4 ($T4 \neq T1$, $T2 \neq T4$, $T3 \neq T4$); T2 is statistically different from T5.

Physicochemical analysis

Table 3 shows the values of pH, a_w and yield of asadero cheeses.

The parameters of physicochemical analysis are discussed below.

Potential of hydrogen (pH)

Sodium citrate has direct effect on the pH of Asadero cheese. Table 3 shows that the final pH of the paste has high acidity when asadero cheese is made with

Proteína (%)

Los resultados obtenidos en esta variable respuesta indican que hay diferencias significativas entre el efecto de los tratamientos. Se observa que el queso asadero elaborado solamente con ácido láctico fue estadísticamente superior en contenido de proteína (27.5 %); mientras que el tratamiento T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) mostró el menor contenido (16.28 %).

Se puede apreciar que el contenido de proteína es menor cuando se tiene alto contenido de agua y mayor cuando se tiene un bajo porcentaje de ésta; es decir, el contenido de proteína es inversamente proporcional al contenido de agua en el queso asadero experimental.

Minerales (cenizas, %)

El análisis de varianza indicó que sí hubo diferencias estadísticamente significativas. El queso asadero elaborado únicamente con ácido láctico (T7) fue estadísticamente inferior respecto al porcentaje de minerales (2.65 %); por debajo de la media que normalmente tiene el queso asadero. Villegas-de Gante (2012), reporta que el contenido promedio de minerales en queso asadero es de 3.5 %. Los tratamientos que fueron estudiados contienen alto contenido de minerales; esto se debe, prácticamente, al citrato de sodio agregado a cada uno de los tratamientos. El análisis de medias indica que el T7 y el T1 presentaron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos; aunque entre el T1 y T2 también hubo diferencias significativas. Cabe mencionar que estos fueron los que tuvieron el menor rendimiento.

Calcio (%)

Como resultado del análisis de varianza, con un $\alpha = 0.05$, se encontró que no existe diferencia significativa entre el efecto de los tratamientos sobre el material experimental; por lo tanto, no hay evidencia estadística para rechazar hipótesis nula. El análisis de LSD confirma que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos para este parámetro.

Table 3. Physicochemical variables in asadero cheeses.

Cuadro 3. Variables fisicoquímicas en los quesos asaderos experimentales.

Parameter/ Parámetro	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
pH	7.00 ^{bc}	7.13 ^{ab}	7.15 ^a	6.75 ^e	6.81 ^{de}	6.91 ^{cd}	5.5 ^f
a_w	0.976 ^d	0.985 ^b	0.983 ^{bcd}	0.977 ^{cd}	0.983 ^{bcd}	0.984 ^{cb}	0.9965 ^a
Yield (%)/ Rendimiento (%)	11.02 ^d	12.55 ^{ab}	12.88 ^{ab}	11.19 ^{cd}	12.06 ^{bc}	13.25 ^a	8.16 ^e

The conditions of each treatment are: T1 (16 °D, 1.50 % S.C.), T2 (16 °D, 1.70 % S.C.), T3 (16 °D, 1.90 % S.C.), T4 (20 °D, 1.20 % S.C.), T5 (20 °D, 1.40 % S.C.), T6 (20 °D, 1.70 % S.C.) and T7 (35 °D, without S.C.) S.C. = sodium citrate

Las condiciones de cada tratamiento son: T1 (16 °D, 1.50 % C.S.), T2 (16 °D, 1.70 % C.S.), T3 (16 °D, 1.90 % C.S.), T4 (20 °D, 1.20 % C.S.), T5 (20 °D, 1.40 % C.S.), T6 (20 °D, 1.70 % C.S.) y T7 (35 °D, sin C.S.) C.S. = citrato de sodio

lactic acid only (T7). The other treatments have higher pH than the control, because of the sodium citrate. This may explain why Asadero cheese has a higher yield; because at pH above 5.5 the calcium-phosphate proteins (casein) are able to retain more water, and therefore greater moisture weight (Mathieu, 1998).

The high pH of asadero cheese, when sodium citrate or other emulsifying salt is added has advantages and disadvantages. The main advantage is that there is greater yield, and the disadvantage is that it has a shorter shelf life and may represent a risk; because at pH above 5.5 pathogenic bacteria are able to survive (Donnelly, 2004).

From the ANOVA with $\alpha = 0.05$ we obtained as a result a value of $Pr = 0.001$; which shows that there is effect of the sodium citrate content on the final pH of asadero cheese. Moreover, by comparison of means, it is noted that the effect on pH of asadero cheese is statistically lower than the effect of treatments with sodium citrate. Treatments T1 and T3 showed no significant difference compared to T2 ($T1 \neq T2$, $T3 \neq T2$); just as, T1 and T5 compared to T6.

Water activity (a_w)

The results obtained for asadero cheese in this response variable show significant differences between the effect of treatments. The LSD analysis shows that T7 is statistically superior to the rest; T1 and T4 showed significant differences compared to T2 ($T1 \neq T2$, $T4 \neq T2$).

Treatments with sodium citrate showed a more or less close a_w . Asadero cheese made with only lactic acid had greater a_w ; this, probably due to the great water holding capacity of the emulsifying salt.

Yield

Table 3 shows that the numerical T6 (20 °D, 1.70 % SC) had the highest yield; but it is statistically equal to T2 and T3. This seems to be due to the effect of the sodium citrate. Phosphocalcic casein retain more water, and thus the cheese has greater yield. As can be seen, the higher the content of sodium citrate, higher yield, but must be considered practically that to higher acidity of milk, less sodium citrate has to be added. In other words, the content of sodium citrate added to the paste is inversely proportional to the acidity of the milk used.

According to the analysis of variance, significant differences in yield between treatments were observed. The LSD analysis showed that the effect of citrate in the control treatment was statistically lower compared to the other treatments. The difference in yield of T2, T3 and T5 was not significant between them.

Sodio (%)

El Cuadro 2 muestra que el T7 (testigo) presenta el menor contenido de este mineral; obviamente, debido a que este queso no fue tratado con citrato de sodio. El análisis de varianza indicó que al menos un tratamiento tuvo efecto significativo sobre el contenido de sodio. El análisis LSD muestra que los tratamientos T1, T2 y T3, son estadísticamente diferentes con respecto al T4 ($T1 \neq T4$, $T2 \neq T4$, $T3 \neq T4$); el T2 es estadísticamente diferente a T5.

Análisis fisicoquímico

El Cuadro 3 indica los valores de pH, a_w y rendimiento de los quesos asaderos experimentales

A continuación se comentan los parámetros del análisis fisicoquímico.

Potencial de hidrógeno (pH)

El citrato de sodio tiene efecto directo en el pH del queso asadero. En el Cuadro 3, se observa que el pH final de la pasta resulta de alta acidez cuando se elabora queso asadero tan solo con ácido láctico (T7). El resto de los tratamientos presentan pH más elevado que el testigo, debido al citrato de sodio agregado. Esto puede explicar por qué el queso asadero tiene mayor rendimiento; ya que a pH por arriba de 5.5 las proteínas de la red fosfo-cálcico caseínica son capaces de retener mayor cantidad de agua, y por lo tanto mayor peso húmedo (Mathieu, 1998).

El pH tan elevado que presenta el queso asadero, cuando se le adiciona citrato de sodio u otra sal fundente, presenta ventajas y desventajas. La principal ventaja es que existe mayor rendimiento, y la desventaja es que tiene una vida útil más corta y puede representar un riesgo; ya que a un pH mayor a 5.5 las bacterias patógenas son capaces de sobrevivir (Donnelly, 2004).

Del ANAVA con $\alpha = 0.05$ se obtuvo como resultado un valor de $Pr = 0.001$; lo que muestra que existe un efecto del contenido de citrato de sodio en el pH final del queso asadero experimental. Asimismo, se observa, por la comparación de medias, que el efecto sobre el pH del queso asadero es estadísticamente inferior al efecto de los tratamientos con citrato de sodio. Los tratamientos T1 y T3 no presentaron diferencias significativas respecto al T2 ($T1 \neq T2$, $T3 \neq T2$); de la misma forma, con los tratamientos T1 y T5 respecto al T6.

Actividad de agua (a_w)

Los resultados obtenidos para el queso asadero en esta variable respuesta indican diferencias significativas entre el efecto de tratamientos. El análisis de LSD

Texture profile

Table 4 shows the information of the texture profile for the relevant parameters.

The texture is a reflection of the elements relating to the structure of the food and the way they relate to human physiological senses. Its measurement is made in order to evaluate the final consumer impression.

Firmness (hardness)

The asadero cheese decreases its hardness with increasing the content of sodium citrate. Table 4 shows that T3 and T6 are those with less firmness, this can be explained due to higher water content. With a significance level of 95 %, it was found that there is significant difference among treatments. T1, T4 and T7 are those with greater hardness, with this behavior the product needs a major force in the chewing process; specifically by the molar teeth.

Chewiness

This parameter is the result of multiplying cohesiveness and firmness. It represents the energy required to chew food until it is ready to be swallowed. Table 4 shows that treatments with lower citrate content require more energy to chew; that is, they have higher chewiness. Treatments were statistically different, with significance level of 95 %, indicating that the level of citrate in the different treatments did have significant effect.

Elasticity

This is the height of the sample between the first compression and the start of the second. In this case, no statistical difference was detected in the different treatments.

muestra que el T7 es estadísticamente superior al resto; de igual forma que T1 y T4 presentaron diferencias significativas respecto al T2 ($T1 \neq T2$, $T4 \neq T2$).

Los tratamientos con citrato de sodio presentaron una a_w más o menos próxima. En el queso asadero elaborado con solamente ácido láctico la a_w resulta mayor; esto, seguramente debido a la gran capacidad que la esta sal fundente de retener agua libre.

Rendimiento

Del Cuadro 3 se aprecia que numéricamente el tratamiento T6 (20 °D, 1.70 % de C.S.) es el que presentó mayor rendimiento; pero es estadísticamente igual a los tratamientos T2 y T3. Esto parece ser debido al efecto que tiene el citrato de sodio. Las proteínas de la red fosfocálcico caseínica retienen mayor cantidad de agua, y por ende el queso presenta mayor rendimiento. Como se puede observar, cuanto mayor es el contenido de citrato de sodio mayor es el rendimiento de queso, aunque hay que considerar, prácticamente, que a mayor acidez de la leche deberá añadirse menor cantidad de citrato de sodio. En otras palabras, el contenido de citrato de sodio añadido a la pasta es inversamente proporcional a la acidez de la leche de proceso empleada.

De acuerdo con el análisis de varianza, sí existieron diferencias significativas de rendimiento entre tratamientos. El análisis LSD mostró que el efecto del citrato en el testigo fue estadísticamente inferior que en el resto de los tratamientos. La diferencia en rendimiento de los T2, T3 y T5 no fue significativa entre ellos.

Perfil de textura

El Cuadro 4 concentra la información del perfil de textura para los parámetros más relevantes.

Table 4. Average values of the texture profile of Asadero cheese

Cuadro 4. Valores medios de la propiedad de perfil de textura del queso asadero experimental

Treatment/ Tratamiento	Firmeza (kg·m ⁻² ·s ⁻²)/ Firmeza (kg·m ⁻² ·s ⁻²)	Chewiness (kg)/ Masticabilidad (kg)	Adhesiveness (kg·m ⁻² ·s ⁻²)/ Adhesividad (kg·m ⁻² ·s ⁻²)	Cohesiveness/ Cohesividad	Elasticity/ Resorteo
T1	937.8167 ^{ab}	709.1741 ^{ab}	-0.0852 ^{ab}	0.5174 ^c	1.4053 ^a
T2	657.9389 ^{cd}	572.3263 ^b	-0.1295 ^{ab}	0.6698 ^{abc}	1.2882 ^a
T3	518.6333 ^{cd}	493.8095 ^b	-0.1149 ^{ab}	0.6918 ^{ab}	1.3903 ^a
T4	1082.45 ^{ab}	953.0643 ^a	-0.0741 ^{ab}	0.6408 ^{cb}	1.3825 ^a
T5	879.6889 ^a	725.9383 ^a	-0.075 ^{ab}	0.6822 ^{cb}	1.2494 ^a
T6	442.4833 ^e	453.885 ^b	-0.1257 ^b	0.6631 ^{abc}	1.5447 ^a
T7	901.6 ^{cb}	532.9791 ^b	-0.0311 ^{ab}	0.8229 ^a	0.7357 ^b

Cohesiveness

Represents the limiting point that we have to deform the material before it breaks. One can appreciate that the cohesiveness increases as the level of citrate in pasta increases. Significant difference was detected in the different treatments.

It is evident that the texture profile provides help providing assessment of food products; like in the case of Asadero cheese. However, the results should be considered carefully, as there are no other studies for comparison.

Conclusions

It was found that it is possible to develop Asadero cheese like that made in Aguascalientes, from fresh milk (without acidity developed or slight acidity) but adding sodium citrate. This salt decalcify the paste like lactic acid added by direct milk acidification. This shows a compensatory effect of decalcifying the paste by not using acidity to achieve the right point of the spun paste during kneading.

The use of sodium citrate in the making of this cheese leads to a high pH of the paste, which is above 6.5, and even reaches and may exceed the point of neutrality. This contrasts with the characteristics of high acidity (low pH of 5.2) of the control cheese, made from direct acidified milk.

The use of sodium citrate as sequester increases the yield product over 40 %, by promoting retention of more water; however, compositionally it was shown that the protein content is low relative to the protein content of the control treatment, produced by acidity. This decrease in protein in cheese made with citrate can be explained by the increase in moisture content, resulting also in a higher final pH.

End of English version

La textura es una reflejo de los elementos relativos a la estructura del alimento y de la manera en cómo se relacionan con los sentidos fisiológicos del humano. Su medición se hace con el fin de evaluar la impresión final del consumidor.

Firmeza (dureza)

El queso asadero experimental disminuye su dureza a medida que aumenta el contenido de citrato de sodio. En el Cuadro 4 se observa que T3 y T6 son los que presentan menor firmeza, esto se puede explicar debido al mayor contenido de agua. Con un nivel de significancia de 95 %, se encontró que sí existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. El T1, T4 y T7 son los que presentan más dureza, este comportamiento hace que el producto requiera una fuerza mayor en el proceso de masticación; específicamente en los dientes molares.

Masticabilidad

Este parámetro es el resultado de multiplicar la cohesividad y la firmeza. Representa la energía requerida para masticar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido. Del Cuadro 4 se observa que los tratamientos que tienen menor contenido de citrato requieren más energía para masticarlo; esto es, presentan mayor masticabilidad. Estadísticamente los tratamientos fueron diferentes, esto con nivel de significancia de 95 %, lo que indica que el nivel de citrato en los diferentes tratamientos sí tuvo efecto significativo.

Resorteo

Es la altura que recupera la muestra entre el fin de la primera compresión y el inicio de la segunda. En este caso, no se detectó diferencia estadística en los diferentes tratamientos.

Cohesividad

Representa el punto límite hasta el cual puede deformarse el material antes de romperse. Se puede apreciar que la cohesividad va aumentando a medida que se va incrementado el nivel de citrato en pasta. Experimentalmente, sí se detectó diferencia significativa en los diferentes tratamientos.

Es evidente que el perfil de textura aporta ayuda indiscutible en su apreciación en los productos alimenticios; como el queso asadero. Sin embargo, los resultados obtenidos deben ser considerados cuidadosamente, ya que no existen otros estudios para realizar comparaciones.

Referencias / Referencias

- Amiot, J. (1991). *Ciencia y tecnología de la leche: principios y aplicaciones*. España: Editorial Acribia, S. A. Zaragoza.
- Horwitz, W. (Eds.). (1980). *Official methods of analysis*. A.O.A.C. International. Published by AOAC, U.S.A.
- Cervantes, E. F., Villegas-de Gante, A. Z., Cesín, V. A., & Espinoza, O. A. (2013). *Los Quesos Mexicanos Genuinos*. 2da Edición. Ed. Colegio de Postgraduados. Mundi-Prensa México.
- Donnelly, C. W. (2004). Growth and survival of microbial pathogens in cheese. En: Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. (Ed), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, 1 (541-559). Academic Press. Estados Unidos de América.
- Eck, A. (1990). *El Queso*. Zaragoza, España. Editorial Acribia.
- Garimella-Purna, S. K., Pollard, A., & Metzger, L. E. (2006). Effect of Formulation and Manufacturing Parameters on Process Cheese Food Functionality-I. Trisodium Citrate. *Journal of Dairy Science*, 89 (7), 2386- 2396. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72311-6
- Infante-Gil, S., & Zarate-de Lara, G. P. (1984). *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. México. Ed. Trillas.
- Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2008). Process Cheese: Scientific and Technological Aspects- A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(2), 194-214.
- Kindst, P. S., & Guo, M. R. (1998). A physico-chemical approach to the structure and function of mozzarella cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53(2), 70-73.
- Kosikowski, V. F. (1977). *Cheese and fermented milk foods*. Estados Unidos de América. 2da Edición. Ed. Edwards Brothers, Inc. Michigan.
- Mathieu, J. (1998). *Initiation à la physicochimie du lait*. Paris, Francia. Ed. TEC-DOC-Lavoisier.
- Pastorino, J., Hansen, C. L., & McMahon, D. J. (2003). Effect of Sodium Citrate on Structure-Function Relationships of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*, 86, 3113-3121.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2004). *SAS/ETS User's Guide, Version 9.1*. Cary, NC, USA: Author.
- Salas-Sánchez, I., Villegas-de Gante, A. Z., Santos-Moreno, A., & Hernández-Montes, A. (2013). *Caracterización socio-técnica del queso asadero de Aguascalientes*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México.
- Scott, R., Robinson, R. K., & Wilbey, R. A. (2002). *Fabricación de queso*. Zaragoza, España. Editorial Acribia.
- Villegas-de Gante, A. Z. (1993). *Los quesos Mexicanos*. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México
- Villegas-de Gante, A. Z. (2012). *Tecnología Quesera*. México. 2da. Edición. Ed. Trillas S. A.

Conclusiones

Experimentalmente, se encontró que es posible elaborar queso tipo asadero como el de Aguascalientes, a partir de leche dulce, sin acidez desarrollada o con ligera acidez, pero agregando citrato de sodio. Esta sal actúa descalcificando la pasta como lo haría el ácido láctico incorporado por acidificación directa a la leche de proceso. Esto muestra un efecto compensatorio de descalcificación de la pasta al no emplear la vía ácida para lograr el punto correcto de hilado durante del amasado.

El empleo de citrato de sodio en la elaboración de este queso conduce a un elevado pH de la pasta, el cual se ubica por arriba de 6.5, e incluso alcanza y puede sobrepasar el punto de la neutralidad. Esto contrasta con las características de alta acidez (bajo pH de 5.2) del queso testigo, elaborado a base de acidulación directa de la leche de proceso.

El empleo de citrato de sodio como secuestrante incrementa el rendimiento del producto en más de 40 %, al favorecer la retención de mayor cantidad de agua; sin embargo, composicionalmente se evidenció que el contenido de proteína es bajo con relación al contenido proteico del testigo, elaborado por vía ácida. Esta disminución de la proteína en el queso elaborado con citrato puede explicarse por el incremento en su contenido de humedad, resultante también de un mayor pH final.

Fin de la version en español