

## EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE ESTRUCTURA DE UN QUESO DE CABRA DURANTE SU MADURACIÓN MEDIANTE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

S. Angulo<sup>a</sup>, A. Rego<sup>a</sup>, A. Cova<sup>a\*</sup>, G. Rodríguez<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos

<sup>b</sup>Sección de Microscopía Electrónica, Laboratorio E, Universidad Simón Bolívar, Aptdo. 89000 Caracas 1080-A, Venezuela.

\*Autor de correspondencia, email: auracova@usb.ve, Tlf: +58-212-9063974, fax +582129063971

Recibido: Octubre 2012. Aprobado: Febrero 2013.

Publicado: Abril 2013.

### RESUMEN

Se evaluó, mediante microscopía electrónica de barrido el cambio de estructura que sufre el queso de cabra en estudio durante el proceso de maduración llevado a cabo por un período de 4 semanas a 14°C y 60% de humedad relativa. Se determinó la variación de la humedad, el pH y la acidez titulable durante la maduración. Se encontró que para el queso fresco se presentan pequeños glóbulos de grasa en la matriz continua de proteína y a medida que transcurre la maduración del queso, el tamaño de los glóbulos de grasa se incrementa y se forman agregados de grasa más circulares los cuales con el tiempo coalescen y forman piscinas de grasa, debido posiblemente a la proteólisis que ocurre, a lo largo del proceso de maduración, por la acción de la proteasa natural presente en el queso. Se obtuvo además una disminución en el contenido de humedad y un aumento de la acidez y disminución del pH debido a l proceso de glucólisis.

**Palabras claves:** Queso de cabra, estructura, maduración, MEB.

### EVALUATION OF MICROSTRUCTURE OF GOAT CHEESE DURING RIPENING BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

#### ABSTRACT

The change of microstructure of the goat cheese during ripening, carried out in a period of 4 weeks to 14°C and 60 % of relative humidity, was evaluate by scanning electron microscopy. The moisture content, pH and acidity were also determinate. In the fresh cheese small fat globules was observed and during ripening the size of the globules of fat increases and aggregates of fat globules was formed. The coalescence of fat aggregates results in the formation of fat pools, due possibly to the proteolysis that happens, along the process of ripeness, for the action of the natural protease present in the cheese. Due to the process of glycolysis, an increase in acidity and pH decrease were obtained. Also decrease in moisture content was obtained.

**Keywords:** goat cheese, microstructure, ripening, SEM

#### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el queso de cabra es considerado un producto de alto valor nutricional, asociado a la alta digestibilidad y asimilación de los productos lácteos caprinos por tener, glóbulos de grasa pequeños y mayor cantidad de vitamina A, calcio, potasio, cobre, magnesio y fósforo en comparación a la leche de vaca <sup>[1,2]</sup>. En Venezuela, la cría de cabras se ha desarrollado en las

zonas semiáridas del occidente del país ubicadas en los estados Zulia, Falcón y Lara ocupando una superficie de 41.000 km<sup>2</sup>, donde se concentra cerca del 80% de la población caprina nacional, que según la FAO para el año 2005 alcanzó 1.320.000 cabezas <sup>[3-5]</sup>. También, se desarrolla en otras zonas, donde están localizados los

mayores consumidores, tales como el Distrito Capital y los estados Aragua, Carabobo y Miranda <sup>[5]</sup>.

El queso de cabra, en Venezuela, es elaborado artesanalmente en pequeñas unidades de producción rural, y es el producto lácteo caprino más conocido y por tradición se consume fresco <sup>[6]</sup>. No se ha desarrollado un queso de cabra madurado, a pesar de que la producción de quesos madurados tienen numerosas ventajas ya que su bajo contenido de humedad los hace menos susceptibles al deterioro microbiológico <sup>[7]</sup> y durante la maduración se desarrollan cambios físicos y bioquímicos, como la glicólisis, lipólisis y proteólisis, que generan nuevos sabores y aromas <sup>[8,9]</sup>, así como cambios estructurales en la matriz, los cuales afectan su textura. Todas estas transformaciones se deben a la acción de enzimas propias de la leche, a los microorganismos tanto propios como añadidos, así como a las enzimas añadidas para acelerar la maduración <sup>[10-12]</sup>.

La evaluación de la textura en quesos se ha realizado principalmente mediante el estudio de parámetros reológicos y bioquímicos <sup>[13-15]</sup> sin embargo, no se han llevado a cabo muchas investigaciones en cuanto a los cambios en la estructura <sup>[10, 14, 16]</sup> y menos aun en queso de cabra venezolano. Por tal motivo el objetivo de este trabajo es evaluar el cambio de estructura de un queso de cabra venezolano durante su maduración mediante microscopía electrónica de barrido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los quesos de cabra con los que se trabajo se adquirieron en un mercado ubicado en Barquisimeto, Edo. Lara. Se adquirieron en total 5 quesos.

Todos los quesos se sometieron a un proceso de maduración por un período de cuatro semanas a  $14 \pm 2^\circ\text{C}$  y 60% de humedad relativa. Se determinaron los valores de, humedad, pH y acidez titulable de los quesos durante

el proceso de maduración según las normas COVENIN 1077:1997<sup>[17]</sup> y COVENIN 1315 – 1979<sup>[18]</sup>.

Para el análisis por microscopía electrónica de barrido se tomaron muestras de 0,5cm de espesor y 2cm x 1cm de longitud, de la zona media de los quesos, en las semanas 0, 1, 3 y 4. Las muestras se prepararon según la metodología propuesta por Leiva *et al.*<sup>[10]</sup> con algunas modificaciones. Para ello las muestras extraídas se sumergieron en solución acuosa de glutaraldehído 2,5%p/p en buffer fosfato de sodio (pH 7,2) por tres días a 4°C. Posteriormente se aclararon tres veces con buffer fosfato de sodio a temperatura ambiente por 10 min., antes de ser deshidratadas en una batería de soluciones de etanol-agua de concentraciones: 10, 25, 35, 50, 75, 85, 95% v/v por 10 min., en cada solución a temperatura ambiente. Luego se sumergieron en etanol absoluto por una hora a 4°C, y luego por una hora más a temperatura ambiente. Finalmente las muestras fueron fracturadas en nitrógeno líquido. Una vez fracturadas, se colocaron en un porta muestra con cinta adhesiva de carbono y se realizó un recubrimiento con oro. Se observaron en un Microscopio Electrónico de Barrido Jeol JSM-6390 a un voltaje de aceleración de 25 kV.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estructura y, como consecuencia la textura de los quesos, dependen de su composición química (agua, sal, proteínas, grasas entre otros). Durante el proceso de maduración, estos componentes pueden experimentar cambios y como consecuencia, alterar la estructura y por ende, se producen variaciones en el perfil de textura del mismo <sup>[19]</sup>.

El queso está compuesto principalmente por proteína (caseína), lípidos o grasa y en menor proporción por lactosa, ácido láctico, cloruro de sodio y agua <sup>[11]</sup>. Es por ello que los mayores cambios durante el proceso de

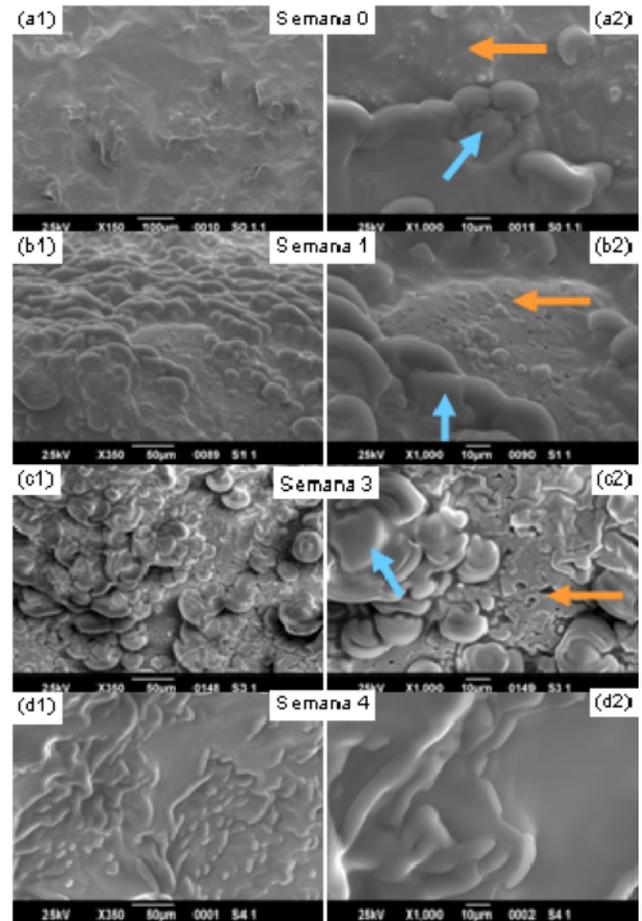
maduración ocurrirán en los componentes mayoritarios como lo son las proteínas y las grasas.

En la Figura 1 se muestran las imágenes de microscopía electrónica de barrido obtenidas de las muestra de queso de cabra a diferentes tiempos de maduración (0, 1, 3 y 4 semanas). Para el queso fresco (Figura 1, a1 y a2) se pueden notar los pequeños glóbulos de grasa en la matriz continua de proteína. Este tipo de estructura ha sido reportada en queso feta <sup>[14]</sup> y en queso de cabra <sup>[20]</sup>. A medida que transcurre el tiempo de maduración, se pueden observar modificaciones en la forma y tamaño de los glóbulos de grasa y en la matriz continua de proteína. Para la semana 1 de maduración (Figura 1 b1y b2), se observan glóbulos de grasa más grandes los cuales a la semana 3 de maduración del queso ya forman agregados de grasa más circulares (Figura 1 c1 y c2). Para la semana 4 de maduración, se puede observar que ocurre la coalescencia de los agregados de grasa formando lo que Fox *et al.* <sup>[11]</sup> denominan piscinas de grasa (Figura 1, d1 y d2). La formación de estas piscinas posiblemente se deba a la proteólisis que sufren las proteínas presentes en la matriz, debido a la acción de la proteasa natural del queso, a lo largo del proceso de maduración. Como es en la matriz proteica donde se encuentran embebidos los glóbulos de grasa, al ocurrir la ruptura de la misma, estos se liberan y van formando agregados que al coalescer conforman las llamadas piscinas de grasa.

Adicionalmente en la figura 1 se puede notar como la matriz de proteína se hace cada vez menos continua, evidenciando así la proteólisis que ocurre durante el proceso de maduración.

En la Figura 2 se muestra la variación del contenido de humedad, el pH y la acidez titulable a lo largo de las cuatro semanas de maduración. En cuanto a la variación de la humedad se obtuvo una disminución de aproximadamente el 16% durante todo el proceso de maduración. Esta disminución del porcentaje de humedad

durante el almacenamiento, ocurrió como consecuencia de la evaporación del agua presente en los mismos, ya que durante el período de almacenamiento, la superficie de los quesos se encuentra expuesta al ambiente de la nevera de maduración, lo que genera la pérdida de humedad [11, 20].



**Fig. 1.** Micrografías de las muestras de queso de cabra a diferentes tiempos de maduración: semana cero (a1) X 350 y (a2) X 1000; semana 1 (b1) X 350 y (b2) X 1000; semana 3 (c1) X 350 y (c2) X 1000 y semana 4 (d1) X 350 y (d2) X 1000. Las flechas azules indican la grasa y las flechas naranjas la matriz de proteína.

La disminución en la humedad durante el proceso de maduración ha sido reportada previamente para el queso de cabra en otros estudios <sup>[21-23]</sup>. En cuanto al valor del pH, se puede observar que éste disminuye, mientras que la acidez titulable aumenta (Figura 2). Todo esto, debido a la transformación que ocurre durante el proceso de

maduración, de la lactosa en ácido láctico [11,24] por acción de los microorganismos propios de la leche o del cultivo iniciador. Este proceso se denomina glucólisis.

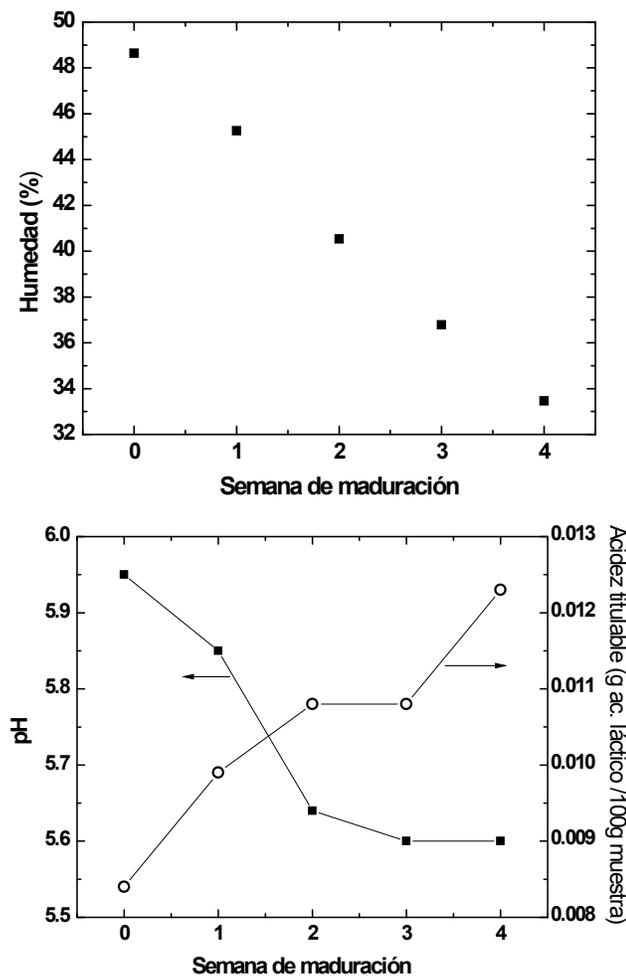


Fig. 2. Variación de la humedad, del pH y de la acidez durante la maduración del queso de cabra.

## CONCLUSIONES

Los cambios de estructura que ocurren en el queso de cabra durante las condiciones de maduración; como consecuencia de los procesos bioquímicos como la glicólisis y proteólisis, pueden ser visualizados y evaluados, apoyados en la microscopía electrónica de barrido, como una valiosa herramienta que permite observar, las estructuras de grasas y su matriz proteica.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Marvilán Guevara por suministrarnos el glutaraldehído necesario para la preparación de las muestras.

## REFERENCIAS

- [1] Haenlein, G. F. W. (2004). "Goat milk in human nutrition". *Small Ruminant Research*, 51:155-163.
- [2] Sánchez, C. (2005). Generalidades de los productos lácteos con énfasis en quesos. En Dickson, L., Muñoz, G., (Eds.), Manual de producción de caprinos y ovinos. (pp. 263-287). Lara, Venezuela:INIA-FONACIT.
- [3] Alejua, H., y Rodríguez, M. (2006). Caracterización del circuito caprino en el sector Villa Araure (Estado Lara, Venezuela). *Agroalimentaria*, 23: 111-121
- [4] García, A., Riveiro, J., González, P., Valero, K., Izquierdo, P., García, A., y Colmenares, C. (2009). "Calidad bacteriológica de la leche cruda de cabra producida en la parroquia Faría, municipio Miranda, estado Zulia, Venezuela". *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 26: 59-77.
- [5] Armas, W., Delgado, A., Albornoz, A., Araque, C., Rueda, M., y Barón, L. (2010). "Comportamiento de los precios de queso de cabra (*Capra hircus*) en la zona de San José de Los Ranchos, municipio Torres estado Lara Venezuela". *Zootecnia Tropical*, 28(1): 101-106.
- [6] Armas, W., Arvelo, M., Delgado, A., y D'Aubeterree, R. (2006). "El circuito caprino en los estados Lara y Falcón (Venezuela) 2001-2003". *Agroalimentaria*, 11(23): 101-110.
- [7] Jay, J. (2000). *Modern food microbiology* (6 ed.). USA: Aspen Publishers Inc. Maryland, 113, 117, 120.
- [8] McSweeney, P. L. H., y Sousa, M. J. (2000). "Biochemical pathways for the production of flavour

- compounds in cheese during ripening: A review”. *INRA, EDP Science*, 80: 293-324.
- [9] Kondyli, E., Massouras, T., Katsiari, M. C., y Voutsinas, L.P. (2003). “Lipolysis and volatile compounds in low-fat Kefalograviera-type cheese made with commercial special starter cultures”. *Food Control*, 82: 203-209.
- [10] Leiva, J., Magariños, H., Romero, A., Figueroa, H. (2009). “Caracterización Estructural Mediante el Análisis de Imágenes del Queso Chango Elaborado en la Provincia de Osorno”, *Agro Sur*, 37(1): 26-33.
- [11] Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., y McSweeney, P. (2000). *Fundamentals of cheese science*. Guithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- [12] Varnam, A., y Sutherland, J. (1994). *Leche y productos lácteos*. Zaragoza, España: Acribia.
- [13] Osorio, J., Ciro, H., Mejía, L. (2005). “Caracterización reológica y textural del queso edam”. *Dyna* 72 (147): 33-45.
- [14] Karami M., Ehsani M.R., Mousavi S.M., Rezaei K., Safari M. (2009). “Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening”. *Food Chemistry*, 112:539-544.
- [15] Crosa, M. J. Harispe, R., Márquez, R., Pelaggio, R., Repiso, L., Silvera, C. (2008). “Cambios reológicos del queso colonia durante el proceso de maduración”. *INN TEC*. No 3: 54-56.
- [16] Vaziri, M., Abbasi, H., Mortazavi, A. (2010). “Microstructure and Physical Properties of Quarg Cheese as Affected by Different Heat Treatment”. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34: 2-14.
- [17] COVENIN 1077:1997. *Leche y sus derivados. Determinación de humedad*. Fondonorma. Caracas, Venezuela.
- [18] COVENIN 1315 - 1979. *Determinación de pH (Acidez Iónica)*. Fondonorma. Caracas, Venezuela.
- [19] Santini, Z. G., Alsina, D. A., Athaus, R., Meinardi, C., Freyre, M., Días, J., y González, C. (2007). “Evaluación de la textura en quesos de oveja. Aplicaciones del análisis factorial discriminante”. *Revista FAVE*, 5(6), 1-2.
- [20] Buffa, M. N., Trujillo, A. J., Pavia, M., y Guamis, B. (2001). “Changes in textural, microstructural, and color characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats’ milk”. *International Dairy Journal*, (11), 927-934.
- [21] González, J., Mas, M., Tabla, R., Moriche, J., Roa, I., Rebollo, J. E., y Cáceres, P. (2003). “Autochthonous starter effect on the microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of Ibore goat’s milk cheeses. *Lait*. 83(3):193-202.
- [22] Herreros, M. A., Arenas, R., Sandoval, M. H., Castro, J.M., Fresno, J.M., y Tornadizo, M. E. (2007). “Effect of addition of native cultures on characteristics of Armada cheese manufactured with pasteurized milk: A preliminary study”. *International Dairy Journal*, 17: 328-335.
- [23] Calvo, M. V., Castillo, I., Díaz-Barcos, V., Requena, T., y Fontecha, J. (2007). “Effect of a hygienized rennet paste and a defined strain starter on proteolysis, texture and sensory properties of semi-hard goat cheese”. *Food Chemistry*, 102: 917-924.
- [24] Franco, I., Prieto, B., Bernardo, A., González, J., y Carballo, J. (2003). “Biochemical changes throughout the ripening of a traditional Spanish goat cheese variety (Babia-Laciana)”. *International Dairy Journal*, 13: 221-230.