



Revista Científica

ISSN: 0798-2259

revistafcvc@gmail.com

Universidad del Zulia

Venezuela

Martínez Loperena, Raquel; Ayala Burgos, Armín; Solorio Sánchez, Javier; Castelán Ortega, Octavio  
Efecto de un Sistema Silvopastoril Intensivo sobre el Perfil de Textura y Composición Físico-Química  
del Queso Artesanal Tepeque de México

Revista Científica, vol. XXV, núm. 2, marzo-abril, 2015, pp. 153-158

Universidad del Zulia

Maracaibo, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95935857009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# EFFECTO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO SOBRE EL PERFIL DE TEXTURA Y COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL QUESO ARTESANAL TEPEQUE DE MÉXICO

## Effect of an Intensive Silvopastoral System on the Texture Profile and Physico-Chemical Properties of the Tepeque Artisanal Cheese from Mexico

Raquel Martínez-Loperena<sup>1</sup>, Armín Ayala-Burgos<sup>1</sup>, Javier Solorio-Sánchez<sup>1</sup> y Octavio Castelán-Ortega<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma de Yucatán.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Nutrición Animal. Universidad Autónoma del Estado de México.

\*oaco2002@yahoo.com.mx. Teléfono: (01) 722 2965548

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer el efecto de un sistema silvopastoral intensivo (SSPi) basado en el pastoreo a libre acceso de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* sobre el perfil de textura, composición físico química y proceso de maduración del Queso Artesanal Tepeque (QAT), en comparación con el QAT elaborado en el sistema tradicional de producción (ST). Se elaboró un lote de 48 quesos, de los cuales 24 se procesaron con leche proveniente del SSPi y 24 del ST. Los quesos de cada sistema fueron divididos en cuatro subgrupos y sometidos a cuatro periodos de maduración: 10; 45; 80 y 165 días. Todos los quesos se sometieron a un Análisis de Perfil de Textura (APT). Para determinar el efecto del sistema de alimentación y los periodos de maduración sobre el APT se utilizó un diseño experimental completamente al azar. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para la mayoría de los parámetros del APT con excepción de la dureza, la cual fue mayor ( $P < 0,01$ ) en SSPi. Se estima que la mayor dureza del QAT en el SSPi podría ser atribuida al contenido elevado de polifenoles en la Leucaena, los cuales pueden ser transportados al suero y la leche de los animales y por lo tanto al queso. Se plantea la hipótesis de que la presencia de estos compuestos antioxidantes probablemente aminoró la actividad proteolítica de la microflora endógena del queso manteniendo por más tiempo su matriz de proteína, principal barrera a la deformación, permitiendo así el desarrollo de un queso más duro. Se observaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los periodos de maduración del queso, el cual pasa de uno blando y adhesivo al inicio, a uno de textura dura y no ad-

hesivo al final. Se concluye que el SSPi no tiene efectos significativos sobre el perfil general de textura del QAT y sus propiedades físico-químicas.

**Palabras clave:** Queso artesanal Tepeque, sistema silvopastoral intensivo, análisis de perfil de textura.

### ABSTRACT

The aim of the present study was to determine the effect of an intensive silvo-pastoral system (ISPS), which is based on free access to *Panicum maximum* and *Leucaena leucocephala*, on the texture profile (TP), physico-chemical properties and ripening process of the Artisanal Tepeque Cheese (ATC), and to compare it with the ATC made with milk from the traditional production system (TPS). A batch of 48 cheeses was made, from this batch, 24 cheeses were made with milk from the ISPS and 24 with milk from the TS; then they were divided into groups of six cheeses each and subjected to four periods of ripening (10, 45, 80 and 165 days). All cheeses were subjected to a texture profile analysis (TPA). A completely randomized experimental design was used in order to determine the effect of the feeding system and ripening period on the TPA. No significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed for most of the parameters of the TPA but hardness, which was higher in the ISPS ( $P < 0.01$ ). It is envisaged that the higher hardness in ISPS cheese could be attributed to the high content of polyphenols in leucaena forage. Polyphenols can be transported to the serum and the milk and therefore to the cheese. It is hypothesized that the presence of these antioxidant compounds probably reduced the proteolysis by the endogenous micro-flora of cheese, keeping for longer time its protein matrix, which is the main barrier to cheese deforma-

tion. Thus, it is suggested that the action of polyphenols resulted in a harder cheese. Significant differences ( $P < 0,01$ ) were observed between ripening periods as the ATC passes from a soft and sticky cheese to a hard and not sticky one. It is concluded that the ISPS has no significant effects on the overall TPA and its physico-chemical properties.

**Key words:** Tepeque artisanal cheese, intensive silvopastoral system, texture profile analysis.

## INTRODUCCIÓN

La textura en los alimentos es un atributo que determina la calidad y aceptación por parte del consumidor. El queso es un claro ejemplo de ello debido a que su percepción por quien lo consume es un criterio de calidad y aceptabilidad importante, y por ende, su inclusión en el mercado está determinada en gran medida por su textura. La variedad de quesos y la distribución de sus componentes físico-químicos determinan en gran medida las características de estructura y textura [8]. La textura es un atributo multidimensional, es decir, tiene características mecánicas, geométricas y superficiales. Una de las metodologías más usadas para la evaluación de la textura son las pruebas sensoriales pero se necesita de panelistas entrenados y requiere de mucho tiempo, además está limitada por un número pequeño de muestras que se pueden analizar simultáneamente. El empleo de instrumentos sofisticados como los texturómetros son una opción deseable cuando no se cuenta con un panel entrenado, ya que tienen como ventaja principal la de proporcionar datos cuantitativos, tanto de parámetros reológicos como de parámetros de textura de los alimentos, a diferencia de las pruebas sensoriales que son mayormente cualitativas. Los primeros permiten un análisis estadístico más riguroso y por lo tanto, más sensible para encontrar diferencias de textura entre quesos [9, 15]. El uso del texturómetro en el queso depende de sus propiedades texturales [25], por ejemplo, para los quesos de pasta dura y semidura se recomienda para medir su dureza la compresión uniaxial hasta el punto de fractura, mientras que la técnica de compresión-relajación es recomendada para el estudio de las propiedades visco-elásticas en quesos italianos [26]. Adicionalmente, se encuentra el análisis de perfil de textura (TPA), que es una prueba imitativa de la masticación humana, generalmente se lleva a cabo por compresión uniaxial de una muestra entre dos placas a una velocidad determinada para un nivel de deformación similar a la que ocurre durante la masticación. Las mediciones que se utilizan son: fuerza, deformación y trabajo mediante los cuales se pueden calcular los parámetros de textura como son: fracturabilidad, dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad [9]. La investigación sobre la textura en los quesos artesanales mexicanos se ha limitado mayormente a conocer el perfil de textura de manera sensorial o con el uso de texturómetros [25, 27], pero únicamente en quesos frescos [11, 12, 17, 21, 28]. Sin embargo, en México existen también quesos de pasta dura como el Cotija, Añejo y el Tepeque. El queso artesanal Tepeque (QAT) es un queso ma-

durado elaborado con leche cruda de vaca (*Bos taurus*) en la región tropical del estado de Michoacán, en el occidente de México [2]. La leche que se utiliza para su elaboración se obtiene de dos sistemas de producción, el primero es el sistema tradicional (ST), el cual es el más común y consiste en el pastoreo de una gramínea tropical, generalmente pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y la suplementación de cantidades elevadas de concentrado comercial (hasta 8 kg/día). El segundo, es un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), el cual fue introducido muy recientemente en la zona. El SSPi consiste en la asociación de un pasto tropical con alta producción de materia seca como el *Panicum maximum* y la leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* sembrada a altas densidades (>40000 plantas/ha), ambos son pastoreados a libre acceso por el ganado lechero, el cual, a diferencia del ganado en el ST, sólo recibe hasta 3 kg/d de concentrado comercial. En ambos sistemas se emplean razas cebuinas de ganado y sus cruces con razas europeas, principalmente Pardo Suizo [2].

En el presente estudio se especula que la dieta del ganado en el SSPi, basada principalmente en la asociación de una gramínea más una leguminosa, tiene un efecto sobre la textura del QAT, su composición físico química y su proceso de maduración, pues está bien establecido que las dietas altas en forrajes tienen un efecto sobre la composición de la leche, y por lo tanto, en la de los quesos que se elaboran con ésta. Sin embargo, esta hipótesis no ha sido demostrada en el caso de los quesos producidos en los sistemas silvopastoriles de las regiones de clima tropical del mundo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue conocer el efecto de un SSPi basado en el pastoreo a libre acceso de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* sobre el perfil de textura del QAT, su composición físico química y su proceso de maduración en comparación con el queso elaborado en el ST de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los quesos se elaboraron en el municipio de Tepalcatpec, Michoacán, México a 19°11'23" de LN y 102°50'43" LO, a una altura de 388 msnm, el clima es tropical y seco estepario con lluvias en verano. La temperatura promedio es de 24 °C y la precipitación de 822 mm, la cual va de junio a diciembre [2]. Los análisis de los quesos se llevaron a cabo en el laboratorio de producción animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en la ciudad de Toluca, en el centro de México, a 19° 17' 29" de LN y 99° 39' 38" de LO y una altura de 2680 msnm [25].

### Proceso de elaboración de los quesos

Se elaboró un lote de 48 quesos, de los cuales 24 se procesaron con leche proveniente del SSPi y 24 del ST, cada queso tenía un peso de tres kilogramos en base fresca. Los

quesos de cada sistema fueron divididos en cuatro subgrupos con seis quesos cada uno y fueron sometidos a los siguientes periodos de maduración: 10; 45; 80 y 165 d. El proceso de elaboración consistió en la recepción de la leche cruda, la cual tenía un pH de 6,7 y una temperatura de 32 °C (medidor de pH y humedad portátil, Hanna, modelo pHep, Mauricio, posteriormente se agregó cuajo enzimático de origen microbiano (Cuamex, México), el proceso de cuajado duró aproximadamente 45 minutos (min), posteriormente se realizó un corte fino de la cuajada, se dejó reposar por 30 min. para permitir la sedimentación de la cuajada, se extrajo la cuajada de la tina y se realizó el drenado del suero por auto presión, se volvió a realizar un corte a la cuajada y se dejó en reposo por dos horas, transcurrido este tiempo se llevó a una amasadora (Cremex, México) para proporcionar un ligero amasado y al mismo tiempo se procedió al salado con sal gruesa de mar, consecutivamente se colocó en moldes forrados con tela de yute (*Corchorus capsularis*) y se colocó en una prensa manual (Ordemex Industrial, modelo de cuatro placas, México) por 16 h, transcurrido este tiempo se retiró el exceso de los bordes y se desmoldó, finalmente se sometió a madurar durante los periodos establecidos para este estudio a una temperatura promedio de 27+5 °C y una humedad relativa de 72%.

#### Análisis instrumental

Los quesos fueron muestreados de acuerdo a cada periodo de maduración y sistema de alimentación utilizado: SSPi y ST. Se cortaron cubos de 1cm<sup>3</sup> para el análisis de Perfil de Textura (APT), para lo cual se utilizó un texturómetro modelo TAXT2 (Texture Universal Stable Micro System, Reino Unido). Se efectuaron dos compresiones cíclicas bajo las siguientes condiciones operativas: Se utilizó una sonda de acero cilíndrica de 26 milímetros (mm) de diámetro con una superficie de contacto de 20 mm; la velocidad de pre ensayo fue de 3,0 mm/s, velocidad de prueba 2,0 mm/seg, distancia de ruptura 4,0 mm, distancia 4,0 mm y una fuerza de contacto fue de 0,05 N. A partir de la curva de fuerza en Newtons (N) vs tiempo en segundos (seg) se midieron las siguientes propiedades mecánicas: dureza (N), adhesividad (N x seg), elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad (N).

#### Análisis fisico-químicos de los quesos

Se determinó el contenido de proteína, cenizas y humedad por los métodos propuestos por la Asociación Oficial de Analistas Químicos (AOAC, por sus siglas en inglés) [1]. El contenido de grasa se determinó por extracto etéreo con el método Soxhlet basado en el método Golfish [24]. Para el contenido de cloruros se utilizó el método Volhard [23]. Todas las determinaciones se hicieron por duplicado.

#### Análisis estadístico

Para el análisis del perfil de textura se utilizó un diseño completo al azar donde se evaluó el sistema de alimentación

del ganado y los periodos de maduración como se muestra en la ecuación 1

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:  $Y_{ijk}$  = Variables respuesta,  $\mu$  = media general de cada parámetro,  $\tau_i$  = Efecto debido al tratamiento (SSPi y ST),  $\beta_j$  = Efecto debido al periodo de maduración (10, 45, 80 y 165 d) y  $\varepsilon_{ij}$  = es el error residual.

Para saber si existió relación entre las características físico-químicas y de textura se utilizó un análisis de Regresión de Cuadrados Mínimos Parciales (RCMP) se utilizando el paquete estadístico Statgraphic Centurion 16.1

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de Perfil de Textura

**Efecto del sistema de alimentación.** El análisis de perfil de textura (TABLA I) muestra que sólo el parámetro de dureza se vio afectado significativamente ( $P < 0,01$ ) por el sistema de alimentación del ganado, siendo el SSPi el que presentó mayor dureza con un valor de 141,1 N, mientras que en el ST se observó un valor de 108,7 N. Esta diferencia se podría atribuir a dos factores, el primero y más evidente es el menor contenido de humedad ( $P < 0,01$ ) que tiene el queso del SSPi (22,9%) en comparación con el ST (24,3%), (TABLA II) pues está claramente establecido que una disminución en el contenido de humedad provoca el aumento en la dureza del queso [18]. Resultados similares han sido reportados por Bugaud y col. [4], quienes mencionan que las propiedades sensoriales de la textura de los quesos son explicadas principalmente por los contenidos de humedad, sal, y también por la proteólisis de la proteína por parte de la flora microbiana endógena del queso, de esta forma los quesos con mayor contenido de humedad son menos firmes, como se pudo observar en este trabajo. Así mismo, los quesos con una alta carga microbiológica endógena son también más blandos debido a la degradación de la matriz de proteína del queso por acción de la proteólisis microbiana, la cual conlleva al debilitamiento de la estructura del queso.

El segundo factor es el sistema de alimentación, se estima que la mayor dureza en el QAT podría ser atribuida al contenido elevado de metabolitos secundarios como polifenoles y taninos condensados en la *Leucaena leucocephala*, los cuales pueden llegar hasta 4,8 y 4,6% de la materia seca, respectivamente [10]. Está bien establecido que los taninos condensados (TC), tienen propiedades anti-nutricionales a nivel ruminal disminuyendo la digestibilidad de la fibra y la disponibilidad de la proteína del alimento [22]. Estos efectos son atribuidos mayormente a sus efectos negativos sobre las bacterias del rumen en virtud de que los TC pueden llegar a ser tóxicos para las mismas y por su capacidad de fijarse a la proteína de la dieta haciéndola menos

**TABLA I**  
**PERFIL DE TEXTURA DEL QUESO ARTESANAL TEPEQUE POR SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y PERIODOS DE MADURACIÓN**

Sistema	Dureza (N)	Elasticidad (N)	Adhesividad (N.s)	Cohesividad (N)	Gomosidad (N)	Masticabilidad (N)	Fracturabilidad (N)
SSPi	141,4 <sup>a</sup>	1,04 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>	63,1 <sup>a</sup>
ST	108,7 <sup>b</sup>	0,99 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	2,26 <sup>a</sup>	2,12 <sup>a</sup>	51,3 <sup>a</sup>
EEM	2,63	0,23 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	52,9 <sup>a</sup>
Valor de P	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Periodo							
10 días	65,8 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	76,8 <sup>a</sup>
45 días	94,8 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	0,01 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	3,2 <sup>b</sup>	2,8 <sup>b</sup>	30,5 <sup>a</sup>
80 días	172,1 <sup>b</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	2,5 <sup>bc</sup>	2,3 <sup>b</sup>	57,7 <sup>a</sup>
165 días	167,6 <sup>b</sup>	1,12 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	0,01 <sup>a</sup>	2,2 <sup>c</sup>	2,3 <sup>b</sup>	63,8 <sup>a</sup>
EEM	1,86	0,16	0,06	0,03	0,33	0,32	37,4
Valor de P	***	NS	***	NS	***	***	NS

<sup>abc</sup> Diferentes literales en la misma columna indican diferencia significativa (P<0,01); N= Newtons; EEM= Error estándar de la media; \*\*\* P<0,01; NS=no significativo, P>0,05.

**TABLA II**  
**COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL QUESO ARTESANAL TEPEQUE POR PERIODO DE MADURACIÓN Y SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

Sistema	Proteína %	Grasa %	Humedad %	Cenizas %	Cloruros %	pH
SSPi	28,2 <sup>a</sup>	33,9 <sup>a</sup>	22,97 <sup>b</sup>	9,1 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>	4,9
ST	30,3 <sup>a</sup>	34,1 <sup>a</sup>	24,3 <sup>a</sup>	8,5 <sup>b</sup>	6,1 <sup>a</sup>	5,0
Valor de P	NS	NS	***	***	NS	NS
EEM	0,95	0,58	0,72	0,46	0,13	0,13
Periodo						
10 días	20,6 <sup>c</sup>	29,8 <sup>c</sup>	37,6 <sup>a</sup>	8,0 <sup>b</sup>	3,9 <sup>d</sup>	6,2 <sup>a</sup>
45 días	20,2 <sup>b</sup>	34,9 <sup>b</sup>	22,1 <sup>b</sup>	8,4 <sup>ab</sup>	5,4 <sup>c</sup>	5,0 <sup>b</sup>
80 días	31,4 <sup>a</sup>	34,5 <sup>b</sup>	19,4 <sup>c</sup>	8,9 <sup>b</sup>	7,1 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>
165 días	31,9 <sup>a</sup>	36,9 <sup>a</sup>	15,5 <sup>d</sup>	9,8 <sup>c</sup>	8,0 <sup>a</sup>	4,2 <sup>d</sup>
Valor de P	***	***	***	***	***	***
EEM	0,67	0,41	0,51	0,32	0,09	0,09

<sup>abc</sup> Diferentes literales en la misma columna indican diferencia significativa (P<0,01); EEM= Error estándar de la media; \*\*\* P<0,01), NS=no significativo, P>0,05.

disponible para su utilización por los microorganismos ruminales, de igual forma en dosis altas, los TC pueden llegar a ser tóxicos para el animal mismo [14], lo anterior podría representar una limitante para los sistemas silvopastoriles, por lo que determinar el nivel óptimo de utilización de las leguminosas tropicales en estos sistemas es fundamental. Por el contrario, en dosis moderadas los polifenoles y TC pueden tener efectos positivos para el animal al reducir la degradación de la proteína en el rumen y por lo tanto incrementar la absorción de aminoácidos en el intestino, también pueden tener efectos antihelmínticos, y recientemente se ha demostrado que pueden reducir el estrés oxidativo al ser antioxidantes naturales [19].

Más recientemente, Di Trana y col. [7] han demostrado que los fenoles en la dieta pueden ser transportados al suero y la leche de los animales, en un estudio llevado a cabo con cabras de la raza Girgentana suplementadas con diferentes niveles de forraje sulla (*Sulla coronarium* L.), el cual es rico en proteína y contenido moderado de taninos, allí demostraron que las cabras (*Capra aegagrus hircus*) con un consumo elevado de polifenoles totales exhibieron niveles altos de estos compuestos en suero y leche. La presencia de polifenoles en la leche incrementa su capacidad antioxidante y la hace más resistente a la acción microbiana de su flora natural, lo cual también ocurre en el queso. De manera similar, Levkov y col. [16] en-

contraron niveles razonables de polifenoles totales (0,3 a 0,61 mg/g de queso) en el queso Bieno sirenje, un queso tradicional de Macedonia elaborado con leche cruda de oveja (*Ovis aries*), las cuales son alimentadas con forrajes nativos ricos en compuestos fenólicos; esto autores concluyeron que los polifenoles en el queso son responsables del desarrollo de las características sensoriales del queso, y que la actividad antioxidante del mismo puede ser modificada a través de la alimentación. Los argumentos antes expuestos permiten plantear como hipótesis que la mayor dureza del QAT producido con leche del SSPi se debe a la probable presencia de polifenoles en la leche y por lo tanto en el queso de este sistema, ya que es posible afirmar que la presencia de estos compuesto antioxidantes en leche y queso probablemente aminoraron la actividad proteolítica de la microflora endógena del queso, manteniendo así por más tiempo su matriz de proteína, la cual es la principal barrera a la deformación [6], permitiendo por lo tanto el desarrollo de un queso con mayor dureza. Esta hipótesis está en línea con Beuvier y col. [3], quienes demostraron la influencia de la microflora endógena sobre la proteólisis y la textura del queso tipo suizo. Finalmente, los resultados del presente estudio también se encuentran en línea con los reportados por Cuchillo y col. [5] quienes demostraron que una dieta basada en el pastoreo resulta en una mayor concentración de polifenoles y flavonoides en el queso suave de cabra de México.

**Efectos de los períodos de maduración.** Los resultados en la TABLA I muestran que el QAT al término de la maduración (165 d) y cuando es consumido se caracteriza por una textura dura, no presenta adhesividad, es más gomoso y masticable, lo cual queda evidenciado por las diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre períodos de maduración para estas variables. Esta textura final del QAT posiblemente se explica por los cambios observados en sus componentes físico-químicos a lo largo del proceso de maduración, como se muestra en la TABLA II, en donde la concentración de sólidos como la grasa y proteína aumentan durante la maduración, mientras el contenido de humedad y pH disminuyó. Esto se debe a que la humedad se evapora de la superficie del queso; la poca humedad restante migra hacia el interior, eventualmente se forma un gradiente de humedad, pero incluso en el centro no se mantiene la humedad original. Como consecuencia de esta pérdida, la matriz de proteína se somete a cambios, lo que puede provocar que se colapse o se reduzca bajo presión, de modo que la proteína se vuelve más densa por lo que aumenta la resistencia del queso. Por último, algunos de los glicéridos de la grasa se cristalizan lentamente, dando como resultado una masa más sólida [20]. Por consiguiente, la disminución del contenido de humedad en el queso tiene como resultado un aumento en la elasticidad, fracturabilidad y dureza [13]; sin embargo, en el presente estudio la disminución en el contenido de humedad ( $P < 0,001$ ) sólo fue acompañado de un incremento en la dureza, pero no en elasticidad y fracturabilidad, pues si bien es cierto que numéricamente la elasticidad fue mayor en el último período, la diferencia no fue significativa ( $P > 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el sistema de alimentación del ganado lechero basado en un sistema silvopastoril intensivo no tiene efectos significativos sobre el perfil general de textura del QAT, con excepción de la dureza, la cual fue mayor en el SSPi, aspecto atribuido a la presencia de polifenoles y taninos condensado que pasan de la leucaena a la leche y después al queso. Sin embargo, el perfil de textura sí fue significativamente afectado por los cambios que ocurren durante el proceso de maduración, donde el queso pasa de uno blando y adhesivo al inicio, a uno de textura dura y no adhesivo al final de su maduración. Se concluye también que dichas características son mayormente atribuibles a la pérdida de humedad y cambios en su composición físico-química durante la maduración, en particular en las concentraciones de proteína y grasa. Se sugiere, a través de pruebas de tipo sensorial, evaluar si la mayor dureza del QAT en el SSPi tiene un efecto sobre la aceptación del mismo por los consumidores.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece a los colaboradores de este trabajo, a los ganaderos del Valle de Tepalcatepec y a la Fundación Produce Michoacán A. C. por su apoyo para la realización de este trabajo. Así mismo, se agradece el apoyo financiero otorgado por el CONACYT-FORDECYT de México a través del proyecto "Desarrollo de un modelo sustentable de producción para la ganadería bovina del Valle de Tepalcatepec" y a la Universidad Autónoma del Estado de México, proyecto UAEM 3053/2011E.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), Official Methods of Analysis 18th ed., Washington DC.USA. AOAC International. 70-73. Pp 2005.
- [2] BACAB-PÉREZ, HM.; SOLORIO-SÁNCHEZ, J. Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. **Trop Subtrop Agroecosyst.** 13:271–278. 2011.
- [3] BEUVIER, E.; BERTHAUD, K.; CEGARRA, S.; DASEN, A.; POCHER, S.; BUCHIN, S.; DUBOZ, G. Ripening and quality of Swiss-type cheese made from raw, pasteurized or microfiltered milk. **Int. Dairy J.** 7:311-323. 1997.
- [4] BUGAUD, C.; BUCHIN, S.; NOËL, Y.; TESSIER, L.; POCHET, S.; MARTIN, B.; CHAMBA, JF. Relationships between Abondance cheese texture, its composition and that of milk produced by cows grazing different types of pasture. **Lait** 81: 593-607. 2001.

- [5] CUCHILLO-HILARIO, M.; DELGADILLO-PUGA, C.; NAVARRO-OCAÑA, A.; PÉREZ-GIL, RF. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. **J. Dairy Res.** 77: 20–26. 2010.
- [6] DALGLEISH, GD.; CORREDIG, M. The structure of the casein micelle of milk and its changes during processing. **Annu. Rev. Food Sci. Technol.** 3:449-467. 2012.
- [7] DI TRANA, A.; BONANNO, A.; CECCHINI, S.; GIORGIO, D.; DI GRIGOLI, A.; CLAPS, S. Effects of Sulla forage (*Sulla coronarium* L.) on the oxidative status and milk polyphenol content in goats. **J. Dairy Sci.** 98 : 37–46.
- [8] DRAKE, MA. Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. **J. Dairy Sci.** 90: 4925-4937. 2007.
- [9] FOEGEDING, A. E.; DRAKE, MA. Invited Review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. **J. Dairy Sci.** 90:1611-1624. 2007.
- [10] GARCÍA, DM.; WENCOMO, HG.; GONZÁLES, MC.; MEDINA, MR.; COVA, OD. Caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. **Rev.MVZ .Córdoba** 13(2):1294-1303. 2008.
- [11] GÓMEZ, AT.; CERVANTES, HM.; VELÁZQUEZ, LJ.; CABRERA, SR.; CANUL, RLG.; BARRIENTOS, JJM.; RIVERA, REJ. Caracterización sensorial del queso fresco "cuajada" en tres localidades de Oaxaca, México: diferencias en la percepción sensorial. **RVCTA.** 1:127-140. 2010.
- [12] GUO, L.; VAN HEKKEN, LD.; TOMASULA, MP.; SHIEH, J.; TUNICK, HM. Effect of salt on the chemical, functional, and rheological properties of Queso Fresco during storage. **Int. Dairy J.** 21:352-357. 2011.
- [13] HERNÁNDEZ, A.; DE HOMBRE, R.; DÍAZ, AD. Comportamiento del perfil de textura del queso cubano Patagrás con diferentes tamaños y condiciones de maduración. **Cienc. Technolog. Aliment.** 18: 44-49. 2008.
- [14] HERVÁS, G.; FRUTOS, P.; GIRÁLDEZ, F. J.; MANTECÓN, R. A.; ÁLVAREZ DEL PINO, MC. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. **Anim. Feed Sci. Technol.** 109: 65–78. 2003.
- [15] LEBECQUE, A.; LAGUET, A.; DEVAUX, M. F.; DUFOUR, E. Delineation of the texture of Salers cheese by sensory analysis and physical methods. **Lait.** 81: 609-624. 2001.
- [16] LEVKOV, V.; GADŽOVSKA, S.; TUŠEVSKI, O.; GJORGOVSKA, N.; MATEVA, N. Preliminary study of total phenolic content in traditional sheep cheese (Bieno Sirenje). **Maced. J. Anim. Sci.** 4 (1): 31–35. 2014.
- [17] LOBATO-CALLEROS, C.; LOZANO-CASTAÑEDA, I.; VERNON-CARTER, EJ. Textura y microestructura de quesos tipo panela bajos en grasa y en colesterol: diferentes metodologías. **Ingen. Agrí. y Biosist.** 1:39-48. 2009.
- [18] LUCEY, AJ. Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient. **Dairy Sci Technol.** 88:573-594. 2008.
- [19] MAASDORPA, B. V.; MUCHENJEB, V.; TITTERTONB, M. Palatability and effect on dairy cow milk yield of dried fodder from the forage trees *Acacia boliviana*, *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala*. **Anim. Feed Sci. Technol.** 77: 49-59. 1999.
- [20] NUATH, R. K.; HINES, T. J.; HARRIS, D. R. Cheese Rheology. En: Francis, JF (Ed) **Wiley Encyclopedia of food science and technology.** 2da Edición, Pp 348-349. 1999.
- [21] OLSON, W. D.; VAN HEKKEN, L. D.; TUNICK, H. M.; TOMASULA, M.P.; CORRAL, M.J.; GARDEA, A. A. Mexican Queso Chihuahua: Functional properties of aging cheese. **J. Dairy Sci.** 94:4292-4299. 2011.
- [22] RUBANZA, C. D. K.; SHEMB, M. N.; BAKENGESA, S. S.; ICHINOHE, T.; FUJIHARA, T. Effects of *Acacia nilotica*, *A. polyacantha* and *Leucaena leucocephala* leaf meal supplementation on performance of Small East African goats fed native pasture hay basal forages. **Small Rum. Res.** 70: 165–173. 2007.
- [23] SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL (SECOFI). NOM-051-SCFI-1994. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. México. Pp 2-8. 1994.
- [24] SOCIEDAD MEXICANA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. S.C. (NORMEX). NMX-F-615-Normex-2004. Alimentos. Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos. Método de prueba. México. Pp 1-10. 2004.
- [25] SOLÍS-MÉNDEZ, A. D.; ESTRADA-FLORES, J. G.; CASTELÁN-ORTEGA, O. A. A study on the texture diversity of the Artisan Ranchero Cheese from Central Mexico. **Inter. J. Dairy Technol.** 66:37-44. 2012.
- [26] TOBÓN, O. J. F.; CIRO, V. H. J.; MEJÍA, G.L. Caracterización reológica y textural del queso Edam. **Dyna.** 72:147, 33-45. 2005.
- [27] VAN HEKKEN, L. D.; TUNICK, H. M.; LEGGETT, N. L.; TOMASULA, M. P. Impact of curd milling on the chemical, functional, and rheological properties of starter-free Queso Fresco. **J. Dairy Sci.** 95:5527-5535. 2011.
- [28] VAN HEKKEN, L. D.; TUNICK, H. M.; TOMASULA, M. P.; CORRAL, M. J.; GARDEA, AA. Mexican queso Chihuahua: rheology of fresh cheese. **Int. J. Dairy Technol.** 60:5-12. 2007.