

CARACTERIZACIÓN DE QUESOS FRESCO Y CURADO FABRICADOS A PARTIR DE LECHE DE CABRAS ALIMENTADAS CON DIFERENTES DIETAS

Z. Medina¹, M. Igual², C. Contreras¹, M.M. Camacho²

RESUMEN

La influencia de la dieta animal es un factor determinante en la calidad tecnológica de la leche pudiendo afectar a la composición de los quesos. En este trabajo se han comparado diversas características físico-químicas (humedad, pH, a_w , NaCl, contenido graso, color y textura) de quesos frescos y curados elaborados a partir de leche de cabras alimentadas con una dieta control típica y con una dieta que incorpora pulpa de naranja. Además, se ha realizado una evaluación sensorial en el caso del queso curado mediante una prueba descriptiva. Los resultados indican que los quesos frescos fueron similares, independientemente de la dieta suministrada a las cabras. Únicamente la adición de pulpa de naranja aumentó significativamente la dureza y masticabilidad y disminuyó la elasticidad de los quesos frescos. Respecto al queso curado, la incorporación de pulpa de naranja permitió obtener quesos con menor pH y a_w pero con mayores valores de grasa, luminosidad, intensidad en el tono amarillo y pureza de color. También fueron más duros y adhesivos pero menos elásticos y cohesivos. La incorporación de pulpa de naranja en la dieta de las cabras afectó a las propiedades sensoriales de los quesos curados.

Palabras clave: Leche de cabra, calidad tecnológica, queso, pulpa de naranja, parámetros de textura y color, estudio sensorial.

RESUM

La influència de la dieta animal és un factor determinant en la qualitat tecnològica de la llet podent afectar la composició dels formatges. En este treball s'han comparat diverses característiques físicoquímiques (humitat, pH, a_w , NaCl, contingut gras, color i textura) de formatges frescos i curats elaborats a partir de llet de cabres alimentades amb una dieta control típica i amb una dieta que incorpora polpa de taronja. Així com l'avaluació sensorial en el cas del formatge curat per mitjà d'una prova descriptiva. Els resultats indiquen que els formatges frescos van ser semblants independentment de la dieta subministrada a les cabres, Únicament l'addició de polpa de taronja

¹ Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España.

² Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria, Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España.

va augmentar significativament la duresa i masticabilitat i va disminuir l'elasticitat dels formatges frescos. Respecte al formatge curat la incorporació de polpa de taronja va permetre obtenir formatges amb menor pH i a_w però amb majors valors de greix, lluminositat, intensitat en el to groc i puresa de color. També van ser més durs i adhesius però menys elàstics i cohesius. La incorporació de polpa de taronja en la dieta de les cabres va afectar les propietats sensorials dels formatges curats.

Paraules clau: Llet de cabra, qualitat tecnològica, formatge, polpa de taronja, paràmetres de textura i color, estudi sensorial.

ABSTRACT

The influence of animal diet is a relevant factor in the technological quality of milk, affecting the cheeses composition. In this work, we have compared different physicochemical characteristics (moisture, pH, a_w , NaCl, fat content, color and texture) of fresh and cured cheeses, made from the milk of goats, fed with a typical control diet and a diet that incorporates orange pulp. A sensory evaluation was also performed through a descriptive test, for the cured cheese. The results indicate that fresh cheeses were similar irrespective of the diet fed to goats; only the addition of orange pulp significantly increased the hardness and decreased the elasticity and the chewiness. Relative to cured cheese, the incorporation of orange pulp let us get chesses with lower pH and a_w but with higher values of fat, brightness, intensity in the yellow hue and color purity. They were also harder and adhesive but less elastic and cohesive. The addition of orange pulp in the diet of goats affected the sensory properties of cured cheeses.

Key words: Goat milk, technological quality, cheese, orange pulp, texture parameters and color, sensorial study.

INTRODUCCIÓN

El sector de productos lácteos es uno de los que presenta mayor actividad en cuanto a mejoras tecnológicas y desarrollo de nuevos productos, siendo uno de los primeros sectores alimentarios en ofertar alimentos funcionales o especiales como instrumento para incrementar su consumo. En los hogares españoles el consumo se concentra mayoritariamente en leche líquida de larga duración, yogures y derivados refrigerados seguido de la mantequilla y los quesos (MAPA, 2004). No obstante, durante los últimos cinco años, la demanda de estos últimos se ha elevado significativamente (un 27% el consumo y un 30% el gasto) (Martín, 2012). El queso puede ser considerado como un producto rico en nutrientes esenciales en relación a su contenido energético, con un contenido bien equilibrado de grasa y proteína de alta calidad (De la Fuente y Juárez, 2001), cuyo valor nutritivo dependerá de las características de la leche utilizada como materia prima, del proceso de elaboración y del grado de maduración. A la hora de evaluar la calidad de un queso se debe tener en cuenta ciertos aspectos físico-químicos y sensoriales tales como la textura, color, aroma, contenido de grasa, proteína, sal y la acidez, todos ellos de gran importancia para productores y consumidores (Scholz, 1995; Lebecque et al., 2001).

Actualmente es frecuente encontrar en el mercado quesos elaborados a partir de leche de vaca, oveja y cabra o mezcla de éstas. La leche de cabra contiene un porcentaje de grasa similar al de la leche de vaca, sin embargo es muy diferente en cuanto a la composición (Chandan et al., 1992) y su principal valor se encuentra relacionado con su transformación quesera. Presenta mayor número de ácidos grasos de cadena corta que intervienen en el sabor típico del queso, con niveles más elevados de ácido butírico, caproico, caprílico y cáprico, mayor contenido de ácidos grasos monoinsaturados, poli-insaturados y esenciales, factores de gran importancia actual dado la preocupación de los consumidores en relación a su salud (Draksler et al., 2001). Además, debido al tamaño más pequeño de sus glóbulos de grasa y a los diferentes tipos de caseínas que contiene este tipo de leche se digiere más fácilmente (Haenlein, 2001). Por otra parte, al presentar menor contenido de lactosa y gracias a su alta digestibilidad se recomienda para quienes padecen intolerancia a la lactosa (Saini y Gill, 1991; Haenlein, 1993). Esta leche es casi alcalina, siendo adecuada también para personas con problemas de acidez (Saini y Gill, 1991; Jandal, 1996).

La alimentación que reciben los rumiantes destinados a la producción de leche, puede influir sobre la composición y aptitud tecnológica de la misma y por lo tanto determinar las características de sus derivados. Coulon et al. (2004) resumieron los principales factores relacionados con el manejo de los rumiantes lecheros (genética, fisiología y alimentación) que influyen sobre las características físico-químicas y sensoriales de los quesos. De los parámetros alimenticios destacan el efecto del tipo de forraje, método de conservación y calidad. La influencia de estos factores sobre las características de la leche y el queso, es incluso percibida empíricamente por los mismos maestros queseros que son capaces de describir las

diferencias sensoriales del producto de acuerdo al tipo de forraje ofrecido a los animales. Estas observaciones han motivado una serie de investigaciones en este campo para identificar la fuente de variación y diversidad de los parámetros sensoriales de los quesos y relacionarlos con las diferentes condiciones de producción de leche, sin olvidar que otros factores como la tecnología de fabricación, la cinética de acidificación de la cuajada o la estación del año en que son fabricados, también influyen sobre las características del queso (Martin y Coulon, 1995). Muchos autores han visto la influencia de la alimentación de los animales en la calidad de la leche que producen. Esto adquiere mayor importancia en el último tercio de la gestación (aumento de las reservas que se movilizarán durante la lactación) y, obviamente, durante el periodo de lactación (cobertura de necesidades). En este sentido, alimentación y producción de leche están íntimamente relacionadas ya que, para que una cabra desarrolle todo su potencial productivo es necesario suministrarle una ración completa y equilibrada (Molina, 1987). El ganado caprino, en general, requiere una diversidad de nutrientes para su mantenimiento y propósitos productivos. Raciones con mezclas de forrajes y concentrados, son a veces necesarios para incrementar el contenido de energía de la dieta. Una ración común puede estar constituida por pienso, alfalfa, soja y paja permitiendo cubrir las necesidades tanto energéticas como nutricionales de las cabras.

Por otra parte, en los últimos años se está considerando la incorporación a las dietas para rumiantes de subproductos generados en diversos procesos agroindustriales, permitiendo con ello aumentar la disponibilidad de fuentes de alimentos para el ganado y reducir tanto el coste de la producción como el impacto ambiental derivado del acumulo de esos subproductos de alto potencial contaminante. Tal es el caso de la industria cítrica de la que se obtienen grandes cantidades de residuos tras la extracción del zumo de las frutas. El interés por su aprovechamiento no se limita al carácter económico, sino también ecológico, tecnológico y nutricional tanto de la leche como de los productos elaborados a partir de ella.

La pulpa de cítrico es un subproducto común en diversos países del mundo y su coste es relativamente bajo comparado con su valor nutritivo. La pulpa de naranja, constituida por pulpa, trozos de fruta, piel y semillas, es la más usada y se puede utilizar en fresco, ensilada o deshidratada, constituyendo hasta un 45% de la ración. Puede ser considerada como una valiosa fuente de energía utilizada para reemplazar los granos de cereales en la dieta de rumiantes sin afectar el rendimiento y la composición de la leche (Arbabi et al., 2008), posee un alto contenido de agua (80-75%), un 18-25% de materia seca y un gran valor nutricional, dado que contiene carbohidratos solubles y estructurales que hacen que sea rápidamente degradable en el rumen. Además, presenta una buena palatabilidad siendo aceptada fácilmente por los animales (Gonzales Moles et al., 1974). En general, las pulpas de frutas se caracterizan por el bajo contenido en nitrógeno, lo cual exige su suplementación. El déficit de proteína puede cubrirse con complementos de proteína de origen vegetal como es el caso de la soja. Por el tipo de fermentación que promueven, se aconseja que las pulpas de frutas no se utilicen como ración única. Se utilizarán, por

consiguiente, con forrajes en dietas mixtas, en general con alimentos de mayor contenido en fibra y a la máxima proporción compatible con una fermentación adecuada (Gasa y Castillo ,1991). La adecuación de la pulpa de naranja en la alimentación de vacas, ovejas y cabras ha sido estudiada en aspectos relacionados con la calidad física de la leche que se obtiene de ellas (Bampidis y Robinson, 2006; Jaramillo et al., 2006). No obstante, es fundamental valorar además la aptitud de dicha leche para la fabricación de quesos con características físico-químicas y sensoriales adecuadas para su consumo.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación multidisciplinar conjunto entre investigadores del área de Tecnología de Alimentos y Ciencia Animal financiado por la Universidad Politécnica de Valencia. La repercusión que tiene la nutrición animal sobre la producción y composición de la leche motiva la investigación a fin de potenciar la calidad de la leche y el queso.

Desde un punto de vista tecnológico, el objetivo de este estudio ha sido evaluar las características físico-químicas de quesos frescos y curados elaborados artesanalmente a partir de leche de cabras alimentadas con dos dietas diferentes, considerando además la evolución de los parámetros de calidad durante el almacenamiento o maduración de los quesos, respectivamente. El estudio contempla además la valoración sensorial del queso curado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Etapa pre-experimental

En un período pre-experimental de 14 días, 24 cabras de raza Murciano Granadina en el sexto mes de lactación, provenientes de la granja de pequeños rumiantes de la UPV fueron alimentadas con una dieta control para posteriormente ser divididas en dos grupos teniendo en cuenta sus características productivas y composición de su leche. Posteriormente a cada grupo se les suministraron aleatoriamente dietas diferentes pero nutricionalmente equivalentes, desde el punto de vista proteico y energético. La dieta control (DC) se corresponde a una ración estándar con alimentos habituales para animales lecheros, a partir de esa ración se han sustituido diversas proporciones de los ingredientes para incorporar la pulpa de naranja a la dieta (DPN). Conforme a los resultados obtenidos por el Departamento de Ciencia Animal la DC presentó un contenido proteico de 17,00 (%Materia seca) y una energía neta de 0,82 (Unidades Forrajeras Leche/kg Materia seca), mientras que la DPN presentó un contenido proteico de 16,33 (%Materia seca) y exactamente la misma energía neta. La fase experimental de 46 días de duración fue dividida en dos períodos con el objetivo de analizar la influencia del factor animal. La tabla 1 detalla la composición de cada ración y el tiempo durante el cual fue suministrada a cada grupo. Todos los componentes de las dietas fueron suministrados por una empresa local (Pienso y Cereales Noalles S.L., Valencia), siendo las

raciones preparadas diariamente momentos antes de la alimentación de las cabras.

TABLA 1. Composición de las raciones diarias suministradas durante el período experimental

DC	g/animal	DPN	g/animal
Alfalfa	1500	Alfalfa	1500
Pienso	1300	Pienso	1000
Paja	200	Paja	200
		Pulpa de naranja	2500
		Soja	50
		Grupo 1	Grupo 2
Período 1	Desde día 1 hasta día 25	DC	DPN
Período 2	Desde día 26 hasta día 46	DPN	DC

Fabricación de los quesos

La leche para la fabricación de los quesos fue extraída el mismo día de fabricación de los quesos. Tras la recepción, la leche fue filtrada para eliminar cualquier tipo de impurezas que hubieran podido pasar durante el ordeño. La leche se mantuvo en refrigeración hasta iniciar su procesamiento.

Ambos tipos de quesos fueron elaborados de forma artesanal en la quesería de la UPV. El proceso fue ejecutado bajo condiciones de inocuidad garantizadas, extremando las medidas higiénicas y empleando una dotación instrumental construida en acero inoxidable. A continuación se detalla brevemente las etapas de fabricación de cada tipo de queso.

Queso fresco (QF): el proceso se inicia con el tratamiento térmico de la leche cruda ($63\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 30 min). Posteriormente, se le adiciona cloruro cálcico y el cuajo para iniciar la coagulación con la formación de la cuajada. Físicamente consiste en la precipitación de las micelas de caseína formando un gel que retiene además los glóbulos de grasa, agua y sales. Tras el periodo de coagulación (40 minutos) se procede al corte de la cuajada. Esta fase consiste en la división de la cuajada en granos más pequeños. El siguiente paso es trabajar el grano mediante agitación y elevación de la temperatura favoreciendo la expulsión del suero. Una vez separada la cuajada del suero se procede al salado en seco y al llenado de los moldes para dar al queso su forma característica. Los quesos fueron almacenados como máximo durante 7 días a 5°C . Los quesos frescos obtenidos tuvieron un peso medio de 260 g.

Queso curado (QC): el proceso se inicia con la adición de fermentos mesófilos cuando la leche alcanza la temperatura adecuada para las bacterias ($28-30^{\circ}\text{C}$), tras ello se añade cloruro cálcico y el cuajo a la leche cruda con el objetivo de iniciar la coagulación con la formación de la cuajada. Tras la coagulación (35 minutos) se procede al corte de la cuajada para favorecer la eliminación del suero. El siguiente paso es trabajar el grano

mediante agitación y elevación de la temperatura favoreciendo todavía más la expulsión del suero. Una vez separada la cuajada del suero se procede al llenado de los moldes para dar al queso su forma característica. Posteriormente mediante el prensado de los moldes se favorece la unión de los granos de la cuajada y se acelera el desuerado. Tras esta etapa el queso adopta su forma definitiva. Al proceso se suma un salado en salmuera para eliminar aún más suero y favorecer la formación de la corteza. Finalmente los quesos pasan a la etapa de oreo (24 h) y a la fase de maduración introduciéndose en cámaras con temperatura y humedad controlada (11-12°C y 80-85% humedad relativa) a fin que se produzcan los cambios físicos y químicos característicos del mismo, adquiriendo el queso su aspecto, textura y consistencia así como aromas y sabores característicos. Durante esta fase los quesos son volteados frecuentemente para evitar que se deformen y la corteza se forme de manera uniforme. La etapa de maduración contemplada en este estudio tuvo una duración de 60 días, tiempo mínimo establecido conforme a la normativa vigente para quesos de menos de 1,5 kg elaborados con leche cruda (Boletín Oficial del Estado. 2006). Los quesos curados obtenidos tuvieron un peso medio de 800 g.

Caracterización y análisis físico-químico de los quesos

Ambos tipos de quesos fueron caracterizados tras su elaboración y además durante el almacenamiento del queso fresco y durante la maduración del queso curado, con el objetivo de evaluar los posibles cambios en función del tiempo. El queso fresco se analizó a tiempo 1, 3 y 7 días, mientras que el queso curado a tiempo 1, 40 y 60 días, el cual puede ser considerado como queso curado transcurrido los 60 días de maduración. Durante la preparación de las muestras de queso curado se eliminó la corteza mohosa a fin de obtener muestras representativas tal como se consume normalmente. En todos los casos se llevaron a cabo las determinaciones analíticas y caracterizaciones físicas que a continuación se detallan.

El contenido de agua fue determinado por triplicado conforme al método oficial de la AOAC 926.08 (1997) referente a la humedad en quesos. Las muestras fueron colocadas en una estufa de vacío a una presión inferior a 100 mm Hg y a 100°C y secadas hasta alcanzar peso constante. El contenido de agua se calculó a partir de la diferencia de peso de la muestra antes y después de ser sometida al secado, determinada con una balanza analítica (Mettler Toledo, XS 205 Dual Range, Switzerland).

La actividad de agua (a_w) de las muestras (previamente trituradas) fue analizada por triplicado a 25°C utilizando un higrómetro de punto de rocío (Decagon Devices Inc, Aqualab 4TE, USA).

El pH fue medido utilizando un pH-metro de punción (Crison Instruments S.A., Basic 20+, España). Las lecturas se realizaron en diferentes puntos del queso, efectuando un mínimo de seis lecturas por cada muestra.

Para la determinación de cloruro sódico de los quesos se utilizó un analizador automático de cloruros (Sherwood Scientific, Chloride Analyzer 926, U.K.). Aproximadamente 1 g de queso triturado (a partir de una muestra

representativa de todo el queso) fue homogenizado en 50 mL de agua destilada, posteriormente la mezcla fue centrifugada (5000 rpm durante 5 min) y filtrada (filtro Whatmann N°1). Una alícuota de 500 µl del filtrado fue adicionada a un tampón ácido para su medición en el equipo. El equipo proporciona resultados expresados en mg Cl⁻/L. La concentración de NaCl en la muestra sólida puede ser estimada mediante la ecuación 1. Cada muestra fue analizada por triplicado.

$$\% \text{NaCl} = \frac{L * V * PM_{\text{NaCl}}}{m * 10 * PA_{\text{Cl}^-}} \quad (1)$$

siendo L la lectura dada por el equipo (mg_{Cl⁻}/L), V el volumen de la dilución del queso (L), PM_{NaCl}=58,443 (g/mol), PA_{Cl⁻}=35,453 (g/mol) y m la masa de la muestra (g).

La cuantificación del contenido de materia grasa se realizó por duplicado mediante la extracción automática y secuenciada de la grasa de una cantidad conocida de muestra utilizando como disolvente éter de petróleo (FOSS Ltd., Soxtec™ 2055, U.K.). El proceso de extracción de la materia grasa de las muestras tuvo una duración de 140 min. Este método requiere del uso de muestras previamente secadas hasta peso constante. El contenido de grasa se cuantificó por diferencia de peso tras la extracción conforme la ecuación 2.

$$\% \text{grasa} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} * 100 \quad (2)$$

siendo m₀ la masa inicial de la muestra (g), m₁ la masa del matraz del equipo (g) y m₂ la masa del matraz con la materia grasa extraída (g).

La caracterización objetiva del color de los quesos se realizó considerando las coordenadas colorimétricas del espacio CIEL*a*b*, siendo L* la luminosidad (con valores comprendidos entre 0 y 100), a* la desviación hacia el rojo (+) y el verde (-) y b* la desviación hacia el amarillo (+) y el azul (-). Para ello se utilizó un espectrocolorímetro (Minolta, CM 3600D, Japón) tomando como referencia el observador 10° e iluminante D65. Las lecturas se realizaron a temperatura ambiente (22±1°C) directamente sobre la superficie de muestras cilíndricas de 10 mm de altura y 20 mm de diámetro. Se efectuaron como mínimo 20 repeticiones por cada muestra. A partir de las coordenadas a* y b* se calcularon las magnitudes psicofísicas croma o pureza de color (C) y tono (h) mediante las ecuaciones 3 y 4, respectivamente. Con el fin de cuantificar los cambios globales de color, se calculó la diferencia de color (ΔE) mediante la ecuación 5. Fueron considerados ambos extremos del período de almacenamiento ó maduración, es decir las diferencias entre los días 1 y 7 para el QF y entre los días 1 y 60 para el QC. El cambio de color también fue analizado entre quesos del mismo tipo, QF-DC y QF-DPN a día 1 y QC-DC y QC-DPN a día 60.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

$$h = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (5)$$

Las características mecánicas de los quesos fueron estudiadas mediante análisis de perfil de la textura (TPA) a temperatura ambiente (22±1°C) utilizando para ello un texturómetro (Stable Micro Systems, TA-XT Plus, U.K.) con una sonda cilíndrica de 45 mm (P/45). Sobre muestras de 10 mm de altura y 20 mm de diámetro se realizó una doble compresión a 1 mm/seg hasta lograr un 50% de deformación, considerando 5 segundos entre la primera y segunda compresión. Este tipo de ensayo se define como una prueba imitativa en la cual se pretende reproducir el masticado de un producto, siendo útil en el proceso de control de calidad y caracterización de alimentos (Tunick, 2000). Los parámetros considerados para la caracterización mecánica fueron la dureza (fuerza máxima registrada durante el primer ciclo de compresión), la adhesividad (el área de fuerza negativa registrada tras la primera compresión), la elasticidad (relación de tiempos de recuperación de la altura de la muestra entre ambos ciclos de compresión), la cohesividad (relación de las áreas de fuerza positiva de ambos ciclos de compresión) y la masticabilidad (producto de multiplicar la dureza, cohesividad y elasticidad). Se efectuaron como mínimo 20 repeticiones por cada muestra.

Análisis sensorial descriptivo del queso curado

Para realizar el análisis sensorial descriptivo del queso curado se utilizó un panel de 11 catadores entrenados, con experiencia en la evaluación de productos similares. Los descriptores característicos de las muestras y la forma de evaluar su intensidad se determinaron en una sesión abierta. Tras obtener consenso en el panel se seleccionaron los siguientes descriptores: presencia de agujeros (apariencia), olor a queso de cabra, olor extraño, dureza en boca, gomosidad/pastosidad, sabor a queso de cabra, sabor salado, sabor ácido, sabor graso o mantecoso y sabor extraño. Para el entrenamiento del panel se realizaron 12 sesiones de 30 minutos cada una hasta conseguir homogeneidad en los resultados. Durante todo el entrenamiento se utilizó una escala lineal no estructurada de 10 cm. La capacidad de discriminación y reproducibilidad del panel se analizó utilizando el programa estadístico Senpaq (V.4.2). Se realizó un análisis de la varianza, con tres efectos: muestra, catador, duplicado, y sus interacciones. La evaluación formal de las muestras se realizó en una sala de cata normalizada equipada con cabinas individuales. Se utilizó un diseño de experimento de bloques completos equilibrados y las muestras se evaluaron en una escala no estructurada de 10 cm por duplicado en 2 sesiones independientes. Se evaluaron las dos muestras de queso de cabra curado elaborado a partir de leche de cabras alimentadas con DC y DPN. Las muestras se presentaron en cuñas sobre bandejas de plástico a

temperatura ambiente ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$) codificadas con 3 dígitos al azar y cada panelista evaluó 2 muestras en cada sesión. Se facilitó agua para enjuagar la boca entre cada muestra. Para la evaluación de los perfiles y para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas entre las intensidades de cada atributo para cada muestra, se realizó un análisis de la varianza, con efectos muestra, catador y sus interacciones. Las diferencias entre muestras se calcularon con el uso del test de Tuckey a un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$) utilizando el software XLStat 2009

La corta vida útil del queso fresco fue impedimento para poder entrenar correctamente a los panelistas, motivo por el cual no se efectuó este ensayo con este tipo de producto.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA). Para determinar las diferencias entre las muestras para cada parámetro evaluado se utilizó el test de Tuckey a un nivel de significación del 95% utilizando para ello el software Statgraphics Plus (V. 5.1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como se expone en el apartado de materiales y métodos, la alimentación controlada de los animales se realizó durante 46 días. Tras los primeros 25 días ambos grupos de cabras permutaron las raciones suministradas, es decir, el grupo que había ingerido DC durante el período 1 paso a DPN durante el período 2 y viceversa. En general, los resultados de ambos períodos fueron analizados independientemente y comparados entre sí con el objetivo de valorar el efecto del factor animal. Este factor fue significativo en algunos de los parámetros analizados. No obstante, independientemente del período de observación, la tendencia de los resultados fue la misma. Con el fin de simplificar la exposición del trabajo, a continuación se presenta y discuten los resultados obtenidos únicamente durante el período 2. Se ha considerado al queso fresco (QF) y al queso curado (QC) como dos productos diferentes, por lo que las comparaciones fueron realizadas únicamente entre quesos del mismo tipo orientadas al efecto de la incorporación de pulpa de naranja en la alimentación de las cabras para obtener por un lado QF y por otro QC.

Características físico-químicas de los quesos

La tabla 2 muestra la caracterización inicial (a día 1) de los diferentes quesos elaborados. Los resultados aportados por el Departamento de Producción Animal (datos aún no publicados) han indicado que la inclusión de pulpa de naranja a la dieta animal incrementó el contenido graso en la leche. En consecuencia, fue importante evaluar si este comportamiento afectó a la composición del queso. Los valores de humedad, contenido

graso, pH y contenido de cloruro sódico fueron del orden de los obtenidos por otros autores. Los valores de humedad y contenido graso de los quesos frescos fueron del orden de los descritos como criterio de calidad para los quesos cassoleta (humedad máxima del 63% y materia grasa total mínima del 17%) (Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2008). Por otra parte, la alta humedad de los quesos frescos concuerda con lo descrito por Fox (1987), quién menciona que los quesos suaves deben tener una humedad mayor al 55%. Conforme con los resultados obtenidos, los quesos frescos pueden ser clasificados según Durán et al. (2010) como blandos (valores de humedad mayores a 45%) El pH medio de los quesos frescos fue del orden a los publicados por otros autores sobre quesos de similares características (quesos frescos de leche de cabra, de coagulación enzimática, sin adición de fermentos) con valores medios de pH de 6,75 (Martín, 1988). Según lo descrito por Brito (1985), la cantidad de sal obtenida permite clasificar el queso fresco como producto bajo en sal. Respecto al queso curado, al término de la maduración existen ciertas similitudes con las características del queso Ibores, de origen artesano y elaborado con leche cruda de cabra, el cual se caracteriza por una humedad máxima del 50%, un pH de 5 a 5,5 y un máximo de 4% de NaCl. En general, tras la fabricación los quesos analizados poseen una $a_w > 0,98$, como era de esperar en quesos que no han madurado. La a_w en el queso es un factor determinante del crecimiento microbiano y de las transformaciones enzimáticas y químicas, además de contribuir al desarrollo de los caracteres organolépticos e incluso reológicos. Es posible observar que, para un mismo tipo de queso, inicialmente no existen diferencias en el pH, en la a_w ni en el contenido graso. Sin embargo, el contenido de humedad fue mayor en los quesos elaborados a partir de cabras alimentadas con DPN, el contenido de NaCl también mostró diferencias, siendo mayor en los QF-DC y QC-DPN.

TABLA 2. Caracterización inicial de los quesos frescos y curados (valores medios \pm desviación estándar)

	Humedad (g/100 g)	pH	a_w	NaCl (g/100 g)	Grasa (g/100 g)
QF-DC	59,3 \pm 0,3 ^A	6,80 \pm 0,03 ^A	0,9987 \pm 0,0005 ^A	0,317 \pm 0,005 ^B	24 \pm 2 ^A
QF-DPN	61,9 \pm 0,2 ^B	6,77 \pm 0,03 ^A	0,9980 \pm 0,0003 ^A	0,298 \pm 0,005 ^A	22 \pm 3 ^A
QC-DC	45,4 \pm 0,8 ^A	5,00 \pm 0,05 ^A	0,988 \pm 0,006 ^A	0,65 \pm 0,05 ^A	23,1 \pm 0,7 ^A
QC-DPN	48,0 \pm 0,4 ^B	4,94 \pm 0,05 ^A	0,988 \pm 0,002 ^A	1,071 \pm 0,005 ^B	24,2 \pm 0,7 ^A

^{A, B} Valores medios con diferentes letras en una misma columna para la misma variable indican la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) para quesos del mismo tipo pero con diferente dietas.

La evolución de estos parámetros también fue analizada durante el almacenamiento de los QF y durante la maduración de los QC (figura 1). Tanto en QF como en QC se observó una disminución de la humedad y de

la a_w y un incremento en el contenido de NaCl. El pH de los QF disminuye con los días, mientras que en los QC su valor se incrementa a medida que progresa la maduración. El contenido graso del QF no cambió durante el almacenamiento, mientras que para el QC se incrementó significativamente durante la maduración. Los resultados para QC concuerdan con lo reportado por Freitas y Malcata (2000) quienes señalan que los valores de humedad, sal y pH de los quesos están relacionados con el tiempo de maduración ya que los quesos madurados presentan más baja humedad, mayor contenido de sal, mayor acidez y mayor dureza que los quesos sin madurar. Por su parte, Marcos et al. (1979) afirman que la a_w del queso disminuye durante la elaboración, el salado y la maduración, como resultado de la concentración de los sólidos y, además, por la producción de compuestos nitrogenados no proteicos de bajo peso molecular y de solutos soluble derivados de los procesos de glicólisis, proteólisis y lipólisis. El incremento del contenido de cloruro sódico es consecuencia de la disminución en el contenido de humedad y a la difusión de esta sal desde la corteza al interior del producto a medida que progresa la maduración. El incremento del pH observado tras la maduración es debido al incremento de los compuestos amínicos procedentes de los procesos proteolíticos que se desarrollan en el queso (Pavia et al., 1999). Brito et al. (2003) indican además que durante el periodo de maduración el pH del queso se eleva debido a la aparición de algunos aminoácidos básicos, NH_3 y a la descomposición del lactato, la sal del ácido láctico, lo que confirma el cambio de pH a través del tiempo de maduración.

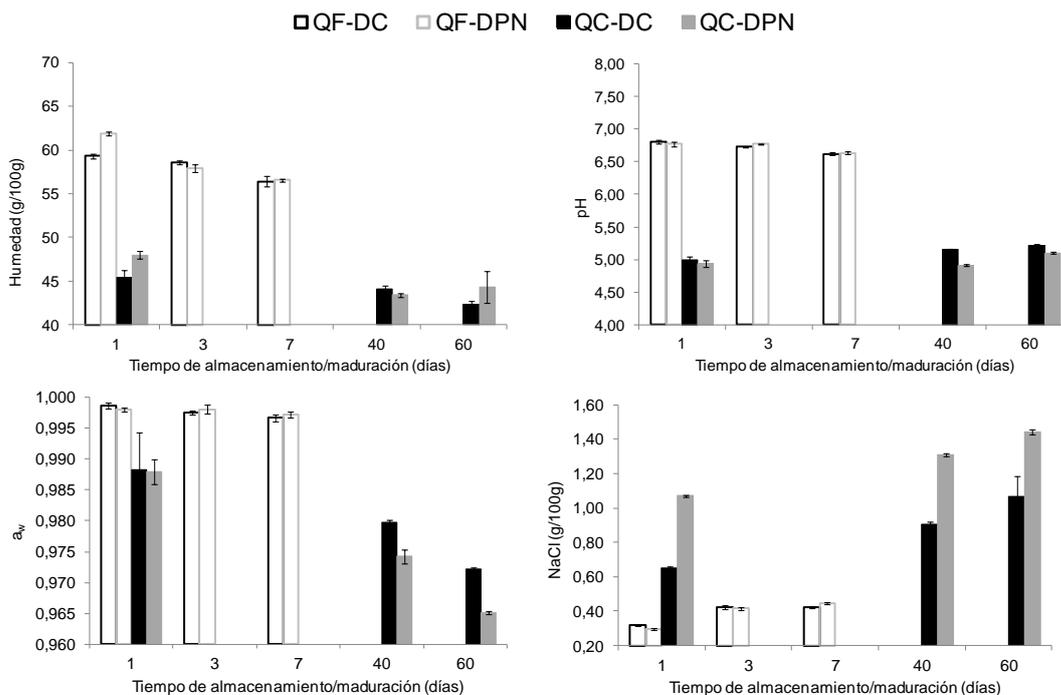


Figura 1. Evolución de la humedad, pH, a_w y contenido de cloruro sódico durante el almacenamiento de los quesos frescos y durante la maduración de los quesos curados.

Se observan diferencias significativas en todo el intervalo de tiempos entre QF-DC y QF-DPN, pero desaparecen al final del almacenamiento para la humedad ($56,4\pm 0,6$ y $56,55\pm 0,19$ (g/100 g), respectivamente), el pH ($6,62\pm 0,02$ y $6,63\pm 0,02$, respectivamente) y la a_w ($0,997\pm 0,003$ y $0,997\pm 0,003$, respectivamente) mientras que el contenido de NaCl fue mayor en el QF-DPN siendo de $0,424\pm 0,005$ (g/100 g) y $0,444\pm 0,005$ (g/100 g) para QF-DC y QF-DPN, respectivamente. El cambio en los valores de humedad puede ser debida al equilibrado del producto tras las primeras 24 horas dado que al tercer día de almacenamiento estas diferencias ya no fueron evidentes.

Tras la maduración de los QC, se obtienen quesos con la misma humedad ($42,3\pm 0,4$ y $44,3\pm 1,8$ (g/100 g) para QC-DC y QC-DPN, respectivamente) pero con diferente pH, a_w , %NaCl y contenido graso. Por el contenido de humedad de la pasta los quesos se encuentran en el intervalo establecido para la mayoría de quesos semiduros (entre 35 y 45%). El pH final fue de $5,22\pm 0,02$ y $5,10\pm 0,02$ para QC-DC y QC-DPN, respectivamente, la a_w fue de $0,972\pm 0,003$ y $0,965\pm 0,003$ para QC-DC y QC-DPN, respectivamente y el contenido de sal fue de $1,069\pm 0,114$ y $1,443\pm 0,016$ (g/100 g) para QC-DC y QC-DPN, respectivamente. Un mayor contenido de NaCl en el queso puede influir en menores valores de a_w , dado que ésta sal se encuentra entre las sustancias de bajo peso molecular que más reducen la actividad del agua del queso. Esto es debido a su pequeña masa molecular y a la carga eléctrica de los iones Na^+ y Cl^- que determinan interacciones electrostáticas con las moléculas dipolares de agua (Fernández-Salguero et al., 1984). Finalmente, una vez cumplido el período de maduración el contenido graso en estos quesos fue de $24,9\pm 0,7$ y $26,9\pm 0,9$ (g/100 g) para el QC-DC y QC-DPN, respectivamente. El mayor contenido graso en el QC-DPN podría reflejar el efecto de la dieta también observado en la leche cruda. Conforme a los resultados obtenidos, tanto los quesos frescos como los quesos curados, pueden ser considerados como quesos grasos conforme a la normativa vigente (Boletín Oficial del Estado. 2006).

En consecuencia, en cuanto a los parámetros comentados, los quesos frescos obtenidos fueron similares, independientemente de la dieta suministrada a las cabras, diferenciándose únicamente en el mayor contenido de sal obtenido en los QF-DPN. Por su parte la incorporación de pulpa de naranja a las dietas permitió obtener quesos curados con valores menores de pH y de a_w , pero con un contenido mayor de NaCl. No obstante, con los análisis contemplados en este estudio únicamente se puede suponer que la diferencia en el contenido de NaCl pueda ser debida a variaciones en la fabricación de carácter artesanal, ya que se trata de un producto de adición manual. Para el QC durante el salado en salmuera, la diferencia de concentración entre la fase acuosa del queso y la salmuera provoca intercambios entre ambas, debido a fenómenos de difusión y ósmosis, lo cual estaría mediado por pequeñas diferencias en las características de sorción de las cuajadas, que pueden ser debidas a la influencia de los cultivos iniciadores, a la velocidad de acidificación y al pH final obtenido en la cuajada.

Evaluación del color de los quesos

La tabla 3 presenta los valores obtenidos para las coordenadas CIEL^{*}a*b que caracterizan objetivamente el color de los distintos quesos a cada tiempo de control. Como era de esperar, todos los quesos se caracterizaron por altos valores de luminosidad y tono ligeramente amarillo.

Tras las primeras horas de fabricación tanto el QF-DC como el QF-DPN presentaron propiedades ópticas similares, únicamente se registraron cambios en la coordenada a*, siendo ésta menor en el QF-DPN. No obstante, durante el almacenamiento surgieron diferencias también en otras coordenadas. La luminosidad y la coordenada a* del QF-DC disminuyó con el tiempo, viéndose afectado también el tono (incremento de h). Probablemente la disminución de la humedad y consecuentemente la concentración de sólidos influya en la reducción de L*. Por su parte, el color del QF-DPN presentó mayores variaciones durante el almacenamiento. La disminución de la luminosidad también fue evidente, acompañada por el incremento de las coordenadas a* y b* y del croma, lo que a su vez influyó en una disminución del tono. En consecuencia, durante el almacenamiento es posible detectar la influencia de la diferente dieta ingerida por las cabras, caracterizándose el QF-DPN, tras una semana de fabricación, por ser ligeramente más luminoso, con tonalidades más amarillas y con mayor pureza de color. Según Lucas et al. (2008), el aumento en los valores de b* se ha relacionado con la presencia de proteólisis y con reacciones de pardeamiento. Además, la concentración de los pigmentos aportados por la dieta de cítricos a la leche puede estar influyendo en la mayor intensidad de la tonalidad amarilla.

Con respecto al QC, las diferencias en el color fueron evidentes desde el primer día de control. En términos generales, como consecuencia del proceso de maduración los quesos ven incrementada su tonalidad amarilla y la pureza de color. Pese a lo esperado, como consecuencia de la pérdida de humedad, la luminosidad del QC-DPN no se vio afectada. Al inicio, el QC-DPN presentó valores mayores de luminosidad, de la coordenada a* y del tono y menores valores de b* y del croma. Esta tendencia se mantuvo hasta el día 40. Posteriormente, todas las coordenadas fueron significativamente mayores para el QC-DPN, lo que se traduce en un queso maduro con mayor luminosidad, mayor intensidad en el tono amarillo y con mayor pureza de color. En este sentido, la influencia de la dieta animal sobre el color de los quesos curados se vio reflejada en el mismo sentido que lo descrito para los quesos frescos, pero con una mayor intensidad de cambio en la coordenada b* y en la pureza de color, debido probablemente a los importantes cambios físicos y químicos que suceden durante la maduración junto con la posibilidad de una mayor concentración de pigmentos aportados por la ingesta de pulpa de naranja. El mayor contenido graso cuantificado en el QC-DPN al final del período de maduración puede igualmente influir en los cambios descritos. Las características de color obtenidas fueron muy similares a las reportadas por Chacón-Villalobos y Pineda-Castro (2009) en un queso duro de cabra.

TABLA 3. Coordenadas de color L*, a*, b* y magnitudes croma (C) y tono (h) de los quesos frescos y curados (valores medios± desviación estándar)

		Días de control				
		1	3	7	40	60
L*	QF-DC	84,9±0,3 ^{bA}	84,9±0,3 ^{bB}	84,4±0,2 ^{aA}		
	QF-DPN	85,0±0,2 ^{bA}	84,7±0,3 ^{aA}	84,8±0,3 ^{aB}		
	QC-DC	79,3±1,2 ^{cA}			75±2 ^{aA}	76±2 ^{bA}
	QC-DPN	80,6±0,5 ^{aB}			80,8±1,5 ^{aB}	81,2±1,4 ^{aB}
a*	QF-DC	-2,68±0,05 ^{CB}	-2,58±0,03 ^{bA}	-2,54±0,03 ^{aA}		
	QF-DPN	-2,59±0,03 ^{aA}	-2,60±0,04 ^{aA}	-2,67±0,06 ^{bB}		
	QC-DC	-1,36±0,06 ^{aA}			-1,70±0,08 ^{bA}	-1,75±0,12 ^{cA}
	QC-DPN	-1,54±0,06 ^{aB}			-2,03±0,12 ^{bB}	-2,20±0,08 ^{CB}
b*	QF-DC	6,5±0,3 ^{aA}	6,52±0,08 ^{aA}	6,5±0,2 ^{aA}		
	QF-DPN	6,44±0,09 ^{aA}	6,7±0,2 ^{bB}	7,2±0,2 ^{cB}		
	QC-DC	10,0±0,5 ^{aB}			10,1±0,5 ^{aB}	10,4±0,7 ^{bA}
	QC-DPN	9,4±0,4 ^{bA}			9,1±0,6 ^{aA}	11,2±0,8 ^{cB}
C	QF-DC	6,9±0,2 ^{aA}	7,05±0,08 ^{aA}	6,9±0,2 ^{aA}		
	QF-DPN	6,94±0,09 ^{aA}	7,2±0,2 ^{bB}	7,6±0,2 ^{cB}		
	QC-DC	10,1±0,5 ^{aB}			10,2±0,5 ^{aB}	10,6±0,7 ^{bA}
	QC-DPN	9,6±0,4 ^{aA}			9,4±0,6 ^{aA}	11,4±0,8 ^{bB}
h	QF-DC	111,8±0,9 ^{aA}	111,6±0,5 ^{aB}	112,2±0,4 ^{bB}		
	QF-DPN	111,8±0,4 ^{cA}	111,1±0,4 ^{bA}	110,3±0,8 ^{aA}		
	QC-DC	97,8±0,6 ^{aA}			99,6±0,7 ^{bA}	99,6±0,6 ^{bA}
	QC-DPN	99,3±0,6 ^{aB}			102,7±0,9 ^{cB}	101,2±0,9 ^{bB}

a, b, c Valores medios con diferentes letras en una misma fila para la misma variable indica la existencia de diferencias significativas (p<0,05) para el queso a diferentes días de control.

A, B Valores medios con diferentes letras en una misma columna para la misma variable indican la existencia de diferencias significativas (p<0,05) para quesos del mismo tipo pero con diferente dietas.

La tabla 4 muestra la cuantificación de los cambios globales de color. A pesar de las diferencias estadísticamente significativas previamente descritas, los cambios de color en el queso fresco durante el almacenamiento fueron bajos, al igual que la diferencia de color entre QF-DC y QF-QDP, por lo que el efecto de la diferente dieta animal puede que no sea detectada por los consumidores. Conforme Bodart et al. (2008), diferencias globales de color cuya magnitud sea inferior a 3 no suelen ser percibidas sensorialmente. Con respecto al queso curado, las diferencias debidas a la maduración fueron más elevadas, siendo éstas más acusadas para el QC-DC. En concreto, a día 60 las diferencias globales de color entre los quesos curados fueron evidentes ($\Delta E > 3$).

TABLA 4. Diferencias globales de color debidas al almacenamiento o maduración de los quesos

DC	ΔE_{1-7}	$\Delta E_{DC-DPN, 1}$	ΔE_{1-60}	$\Delta E_{DC-DPN, 60}$
QF-DC	0,52±0,05			
QF-DPN	0,83±0,08	0,168±0,017		
QC-DC			3,8±0,4	
QC-DPN			2,0±0,2	5,8±0,6

ΔE_{1-7} Diferencia global de color entre día 1 y 7 del almacenamiento de los quesos frescos

$\Delta E_{DC-DPN, i}$ Diferencia global de color entre quesos de un mismo tipo pero fabricados con diferente leche. i= a día 1 para QF y 60 para QC

ΔE_{1-60} Diferencia global de color entre día 1 y 60 de la maduración de los quesos curados

Evaluación de la textura de los quesos

La textura de los alimentos es importante en el control de calidad en determinadas fases de la elaboración y del almacenamiento influyendo de manera importante en la aceptación de los productos. Para la evaluación del comportamiento viscoelástico de un queso se emplean ensayos mecánicos con la finalidad de evaluar la forma en que éste se ve afectado por diferentes factores tales como su composición, tiempo de almacenamiento, grado de maduración, temperatura, etc. (Nuñez et al., 2001).

La tabla 5 presenta los valores de los parámetros de textura medidos durante el almacenamiento y maduración de los quesos. Según los resultados obtenidos tanto en quesos frescos como curados, la elasticidad y la cohesividad presentaron menor variabilidad, en tanto que la dureza, la masticabilidad y la adhesividad resultaron ser más variables. Tras la fabricación (a día 1) el QF-DPN se caracterizó por presentar una mayor dureza y masticabilidad, pero a su vez una menor elasticidad. Los análisis de la cohesividad y adhesividad no permitieron detectar la influencia de la diferente dieta animal en los quesos frescos recién elaborados. Durante el

almacenamiento, tanto en el QF-DC como en el QF-DPN se vio disminuida la dureza, no existiendo diferencias significativas entre ellos tras el primer día de control. La adhesividad fue otra característica que disminuyó con respecto al tiempo sin observarse diferencias significativas entre los quesos durante los días de control. Los quesos frescos incrementaron su carácter elástico y cohesivo, siendo esto más evidente en el QF-DC. En general el queso fresco presentó un comportamiento mecánico similar a lo observado por Chacón-Villalobos y Pineda-Castro (2009) en queso duro de cabra y por Imm et al. (2003) en queso Mozzarella. Finalmente, pese a que en un comienzo en el QF-DPN se observó mayor masticabilidad, esta característica disminuyó su intensidad durante el almacenamiento mientras que en el QF-DC se mantiene constante.

Con respecto al queso curado, tras las primeras horas, el QC-DPN se caracterizó por una mayor dureza y menor cohesividad. La evaluación de la adhesividad, elasticidad y masticabilidad no permitieron diferenciar en un comienzo el efecto de la dieta en el queso curado. Durante la maduración la dureza y adhesividad del producto aumentaron significativamente, pudiendo considerar al QC-DPN como un producto curado de mayor dureza y más adhesivo. En general, la elasticidad, cohesividad y masticabilidad disminuyen con el tiempo, siendo el QC-DPN el que presenta menores valores de estos parámetros. En términos generales, estos cambios concuerdan con lo observado por diferentes autores. Lucey et al. (2003) reportan que la dureza de los quesos puede ser atribuida a los cambios que sufre el producto por su envejecimiento. A su vez, Adda et al. (1982), describen que la humedad es un factor determinante en la textura final de los quesos, donde bajos contenidos se asocian con productos duros y poco elásticos. La adhesividad aumenta con el tiempo de maduración (Osorio et al., 2004) pero disminuye con el contenido de humedad (Alvarez et al., 2007). Se ha observado que en quesos madurados, la elasticidad disminuye ya que la membrana del glóbulo graso aparece generalmente rota (Theophylou y Wilbey, 2007), viéndose además que conforme disminuye la elasticidad del producto disminuye también la resistencia a la deformación del alimento por la flexibilidad de los enlaces internos por lo que es de esperar que también disminuya la cohesividad (Muller, 1977). En base a los resultados obtenidos, en los quesos curados el parámetro dureza podría ser correlacionado de manera inversa con la humedad y de manera positiva con el contenido graso. Contrariamente, la elasticidad, la cohesividad y la masticabilidad se podrían correlacionar de manera inversa con el contenido graso.

TABLA 5. Parámetros mecánicos de los quesos frescos y curados (valores medios± desviación estándar)

		Días de control				
		1	3	7	40	60
Dureza (N)	QF-DC	12,8±1,5 ^{bA}	13±2 ^{bA}	11,3±0,9 ^{aA}		
	QF-DPN	14,9±1,6	14,6±1,3	11,6±0,5 ^{aA}		
	QC-DC	14±2 ^{aA}			17±2 ^{bA}	18±2 ^{bA}
	QC-DPN	18±3 ^{aB}			16,6±1,4 ^{aA}	23±2 ^{bB}
Adhesividad (N*s)	QF-DC	-0,218±0,105 ^{bA}	-0,17±0,12 ^{abA}	-0,13±0,102 ^{aA}		
	QF-DPN	-0,28±0,09 ^{bA}	-0,21±0,09 ^{aA}	-0,16±0,08 ^{aA}		
	QC-DC	-0,38±0,12 ^{aA}			-0,59±0,19 ^{bA}	-0,8±0,2 ^{cA}
	QC-DPN	-0,37±0,12 ^{aA}			-1,1±0,2 ^{bB}	-1,1±0,3 ^{bB}
Elasticidad	QF-DC	0,88±0,02 ^{ab}	0,874±0,012 ^{aA}	0,89±0,02 ^{bB}		
	QF-DPN	0,849±0,018 ^{aA}	0,87±0,02 ^{bA}	0,867±0,012 ^{bA}		
	QC-DC	0,818±0,019 ^{cA}			0,64±0,06 ^{bB}	0,60±0,05 ^{aB}
	QC-DPN	0,81±0,02 ^{bA}			0,51±0,05 ^{aA}	0,49±0,06 ^{aA}
Cohesividad	QF-DC	0,66±0,03 ^{aA}	0,69±0,03 ^{bB}	0,69±0,02 ^{bB}		
	QF-DPN	0,65±0,02 ^{aA}	0,656±0,014 ^{abA}	0,67±0,02 ^{bA}		
	QC-DC	0,68±0,03 ^{bB}			0,36±0,03 ^{ab}	0,38±0,05 ^{aB}
	QC-DPN	0,614±0,014 ^{cA}			0,29±0,02 ^{bA}	0,237±0,013 ^{aA}
Masticabilidad	QF-DC	7,4±0,9 ^{abA}	8,0±1,7 ^{bA}	7,0±0,7 ^{aA}		
	QF-DPN	8,4±0,9 ^{bB}	8,4±0,8 ^{bA}	6,8±0,9 ^{aA}		
	QC-DC	8,1±1,4 ^{bA}			4,0±1,2 ^{ab}	4,2±1,2 ^{aB}
	QC-DPN	8,7±1,6 ^{cA}			3,3±0,5 ^{bA}	1,9±0,4 ^{aA}

^{a, b, c} Valores medios con diferentes letras en una misma fila para la misma variable indica la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) para el queso a diferentes días de control.

^{A, B} Valores medios con diferentes letras en una misma columna para la misma variable indican la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) para quesos del mismo tipo pero con diferente dietas.

Análisis sensorial de los quesos curados

La realización del análisis sensorial permitió determinar la posible diferencia entre los caracteres sensoriales de los quesos curados. Los resultados mostraron la influencia de la dieta animal sobre algunas propiedades sensoriales de los quesos. Tal como se detalla en la tabla 6, los catadores únicamente apreciaron diferencias significativas entre los quesos para los atributos apariencia de agujeros, dureza, sabor a queso y sabor salado. En los QC-DPN se observaron mayores puntuaciones para la dureza, sabor a queso y sabor salado, pero menores puntuaciones en la apariencia de agujeros.

El mayor sabor salado, la mayor dureza e incluso el mayor sabor a queso detectados sensorialmente por los catadores en QC-DPN podría ser relacionado con los resultados obtenidos instrumentalmente para el mismo queso, al presentar éste un mayor contenido de cloruro sódico, una mayor dureza y un mayor contenido graso que favorecería la palatabilidad del producto.

TABLA 6. Resultados medios de la valoración sensorial de los quesos curados con 60 días de maduración

ATRIBUTO	QC-DC	QC-DPN
Apariencia agujeros	5,3 ^b	4,4 ^a
Olor queso	5,0 ^a	5,5 ^a
Olor extraño	0,4 ^a	0,8 ^a
Dureza	3,0 ^a	4,4 ^b
Pastosidad	5,3 ^a	5,6 ^a
Sabor a queso	5,2 ^a	6,6 ^b
Sabor salado	3,3 ^a	4,8 ^b
Sabor ácido	3,8 ^a	4,5 ^a
Sabor graso	5,3 ^a	5,0 ^a
Sabor extraño	1,5 ^a	0,7 ^a

^{a, b} Valores medios con diferentes letras en una misma fila para la misma variable indica la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) entre quesos

CONCLUSIONES

La incorporación de pulpa de naranja en la dieta de las cabras no afectó al contenido graso de los quesos frescos, así como tampoco a su a_w y pH. Únicamente la humedad de estos quesos fue ligeramente superior. Sin embargo, esta diferencia desaparece durante el almacenamiento del producto. El uso de pulpa de naranja en la dieta tampoco afectó al color inicial de los quesos, no obstante, tras el almacenamiento, estos quesos fueron más luminosos, con tonalidades ligeramente más amarillas y con mayor pureza de color. Pese a ello estas diferencias no fueron perceptibles

desde un punto de vista sensorial. Por otro lado, estos quesos fueron más duros y masticables y a su vez menos elásticos. En general, la adición de pulpa de naranja en la dieta de las cabras no mostró grandes diferencias en las características físico-químicas de los quesos frescos. Sin embargo, este efecto se observó en mayor medida en los quesos curados, los cuales presentaron un mayor contenido graso, una menor a_w y un menor pH. Además éstos fueron más luminosos, con mayor intensidad en el tono amarillo y con mayor pureza de color en comparación con los quesos control. En este caso las diferencias globales de color sí que fueron perceptibles. Los quesos curados obtenidos a partir de la leche de las cabras alimentadas con pulpa de naranja fueron más duros y adhesivos pero menos elásticos, cohesivos y masticables. Sensorialmente fue posible distinguir el efecto de la dieta animal sobre la apariencia de agujeros, la dureza, el sabor a queso y el sabor salado. La valoración de estos atributos por los catadores concuerda con la tendencia de los resultados obtenidos instrumentalmente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al panel de catadores entrenados del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia su aportación al estudio. También agradecen a la UPV la financiación de este trabajo como parte del programa de apoyo a la investigación y desarrollo de la Universidad Politécnica de Valencia (PAID-05-12).

REFERENCIAS

- Adda, J.; Gripon, J.C.; Vassal, L. 1982. The chemistry of flavour and texture generation in cheese. *Food Chemistry*, **9(1)**:115-129.
- Álvarez, S.; Rodríguez, V.; Ruiz, M.E.; Fresno, M. 2007. Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Archivos de Zootecnia*, **56(1)**:663-666.
- Arbabi, S.; Ghoorchi, T.; Naserian, A. 2008. The effect of dried citrus pulp, dried beet sugar pulp and wheat straw as silage additives on by-products of orange silage. *Asian Journal of Animal Sciences*, **2(2)**:35-42.
- Bampidis, V.A.; Robinson, P.H. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, **128**:175-217.
- Bodart, M.; Peñaranda, R.; Deneyerc, A.; Flamant, G. 2008. Photometry and colorimetry characterization of materials in daylighting evaluation tools. *Building and Environment*, **43**:2046-2058.
- Boletín Oficial del Estado. 2006. Real Decreto 1113/2006, del 29 de septiembre de 2006 por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos. Boletín Oficial del Estado, núm.239 del 6 de octubre de 2006, 34717-34720.
- Brito, C. 1985. Aspectos tecnológicos y caracterización del queso chaco de campo. *Alimentos*, **10(3)**:41-46.
- Brito, C.; Manriquez, X.; Molina, L.; Pinto, M. 2003. Estudio de maduración de queso Chanco bajo en grasa elaborado con leche homogeneizada. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, **53(3)**:299-305.

- Chacón-Villalobos, A.; Pineda-Castro, M.L. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agronomía mesoamericana*, **20(2)**:297-309.
- Chandan, R.C.; Attaie, R.; Shahani, K.M. 1992. Nutritional aspects of goat milk and its products. V International Conference on Goats. Pre-Conference Proceedings, New Delhi, India, **2**:399-420.
- Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2008. ORDEN 15122/2008, del 23 de diciembre de 2008, por la que se publica la reglamentación de calidad del queso de cassoleta, queso blanquet, queso de la Nucia o de pastel, queso de servilleta y queso tronchón, para su distinción con la marca de CV, núm.5924, 93919-93923.
- Coulon, J.B.; Delacroix-Buchet, A.; Martin, B.; Pirisi, A. 2004. Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses. *A review Lait*, **84**:221-241.
- Drakslar, D.; Núñez de Kairúz, M.; González, S.; Oliver, G. 2001. Leches de pequeños rumiantes: características generales. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis.
- De la Fuente, M.A.; Juárez, M. 2001. Los quesos: una fuente de nutrientes. *Alimentación Nutrición y Salud*, **8**:75-83.
- Durán, L.; Sánchez, C.; Palmero, J.; Chaparro, L.; García, T.; Sánchez, E. 2010. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de quesos de cabra en Carora, estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, **28(4)**:467-475.
- Fernández-Salguero, J.; Ruíz Iñiguez, J.; Marcos, A.; Esteban, M. 1984. Principales parámetros que definen la composición química del queso Torta del Casar. *Archivos de zootecnia*, **33(127)**:301-312.
- Fox, P.F. 1987. Cheese: chemistry, physics and microbiology. Elsevier Applied Science. New York, U.S.A.
- Freitas, C.A.; Malcata, F.X. 2000. Microbiology and biochemistry of cheeses with Appellation d'Origine Protegée and manufactured in the Iberian Peninsula from ovine and caprine milks. *Journal of Dairy Science*, **83**:584-602.
- Gasa, J.; Castillo, C. 1991. Criterios de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, **13**:1-24.
- Gonzales Moles, A.; Boza, J.; Aguilera, J. 1974. Ensayos de nutrición con pulpa de limón en la alimentación del cerdo. *Revista de Agroquímica y Tecnología de alimentos*, Vol. 14. Buenos Aires. Argentina.
- Haenlein, G.F.W. 1993. Producing quality goat milk. *International Journal Animal Science*, **8**:79-84.
- Haenlein, G.F.W. 2001. Past, Present, and Future Perspectives of Small Ruminant. Dairy Research. *Journal of Dairy Science*, **84**:2097-2115.
- Imm, J.Y.; Oh, E.J.; Han, K.S.; Oh, S.; Park, Y.W.; Kim, S.H. 2003. Functionality and physicochemical characteristics of bovine and caprine mozzarella cheeses during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, **86(9)**:2790-2798.
- Jandal, J.M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, **22**:177-185.
- Jaramillo, D.; García, T.; Guamis, B.; Rodríguez, M.; Trujillo, A.J. 2006. Effect of the inclusion of citrus surplus in the diet of lactating ewes on the cheesemaking properties of milk; Sustainability of the agri-food chain. Effost Annual Meeting. 2006. The Hague, The Netherlands.
- Lebecque, A.; Laguet, A.; Devaux, M.F.; Dufour, E. 2001. Delineation of the texture of Salers cheese by sensory analysis and physical methods. *Lait*, **81**:609-623.
- Lucas, A.; Rock, E.; Agabriel, C.; Chilliard, Y.; Coulon, J. B. 2008. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Ruminant Research*, **74**: 243-248.
- Lucey, J.A.; Johnson, M.E.; Horne, D.S. 2003. Invited Review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal Dairy Science*, **56(9)**:2725-2743.

- MAPA 2004. Diagnóstico y Análisis Estratégico del Sector Agroalimentario Español. Análisis de la cadena de producción y distribución del sector de lácteos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1-81.
- Marcos, A.; León, F.; Fernandez-Salguero, J.; Esteban, M.A. 1979. Actividad del agua y pH de algunos quesos españoles. *Archivos de Zootecnia*, **28(109)**:21-27.
- Martín Hernández, C. 1988. Estudio de las características físico- químicas de quesos de cabra fresco y semicurado. Influencia de la congelación. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Martín, V.J. 2012. Crece el consumo de queso en los hogares españoles. *Distribución y consumo*, **125**:15-26.
- Martin, B.; Coulon, J. 1995. Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influences des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier. *Lait*, **75**:133-149.
- Molina, M.P. 1987. Composición y factores de variación de la leche de oveja de Raza Manchega. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Muller, H.G. 1977. Introducción a la reología de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 174 pp
- Nuñez, S.M.; Mendez, H.M.; Solorza, F.J. 2001. Introducción a la reología. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Osorio, J.P.; Ciro, H.J.; Mejía, L.G. 2004. Caracterización textural y fisicoquímica del queso EDAM. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, Medellín, **57(1)**:2275-2286.
- Pavia, M.; Trujillo, A.J.; Guamis, B.; Ferragut, V. 1999b. Evolution of the composition and texture of a ewe milk cheese during ripening. *Alimentaria*, **36**:43-47.
- Saini, A.L.; Gill, R.S. 1991. Goat milk: An attractive alternate. *Indian Dairyman*, **42**:562-564.
- Scholz, W. 1995. Elaboración de quesos de oveja y de cabra. Acribia. Zaragoza, España. 145 pp.
- Theophilou, P.; Wilbey, R.A. 2007. Effects of fat on the properties of halloumi cheese. *International Journal of Dairy Technology*, **60(1)**:1-4.
- Tunick, M. 2000. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. *Journal of Dairy Science*, **83**:1892-1898.