



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MÁSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**“Efecto de la temperatura de cuajado de la
leche sobre el rendimiento quesero, la
composición química y la valoración sensorial
de quesos frescos de cabra”**

Trabajo Fin de Máster
Valencia, Septiembre 2016

Sara Isabel Crespo Pérez

Directores
M^a Pilar Molina Pons
Cristòfol Peris Ribera

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a la empresa SAT Quesos la Sabina, donde me han tratado con mucho cariño y como si fuera una más de la familia. Gracias por dejar que forme parte de vosotros.

A mi familia, por hacer un gran esfuerzo para poder pagar mis estudios

A Pilar y Cristófol, por enseñarme tanto

A todo el que colaboró haciendo catas

A todo el que aguantó mi agobio de los últimos días

RESUMEN

Las propiedades físico-químicas del queso se pueden ver afectadas por diversos factores relacionados con la materia prima y el proceso de elaboración. En el presente trabajo, realizado en la empresa SAT Quesos la SABINA, se ha estudiado el efecto de la temperatura de cuajado sobre la composición química del queso fresco de cabra, el rendimiento quesero y las características sensoriales. Para ello se estudiaron dos temperaturas distintas a la temperatura empleada habitualmente en la fábrica, 32°C. Para ello se hicieron dos experimentos, el primero donde se comparaba la temperatura control con una temperatura inferior (30°C) durante 4 semanas y el segundo experimento donde se comparó la temperatura control con una temperatura superior (34°C), también durante 4 semanas.

Se analizó la composición de la leche cruda, del lactosuero y del queso. Se realizó un seguimiento del pH desde el inicio hasta el final del proceso de elaboración incluyendo el pH de la leche cruda, pH del queso y pH del suero. Se midió el tiempo de cuajado, así como la temperatura de todo el proceso.

Además se calcularon los rendimientos de cada día de experimento y se realizó un análisis sensorial de los quesos con el objetivo de averiguar qué queso preferían los consumidores y por qué lo preferían, para conocer de este modo si existían diferencias sensoriales entre las distintas elaboraciones.

Los resultados mostraron que la única diferencia significativa se encontró en el contenido en grasa de los quesos elaborados a una temperatura de cuajado de 34°C que estaba relacionada con la composición de la leche con la que se elaboraron estos quesos.

El análisis sensorial no mostro una preferencia clara ya que tuvo una influencia clara de los días que habían transcurrido desde la elaboración, eligiendo los consumidores el queso que menos días de elaboración tenía.

Por lo tanto se puede concluir que la temperatura de cuajado en el rango de 30 a 34 °C no parece tener un claro efecto sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de los quesos frescos de cabra.

PALABRAS CLAVE: Queso fresco, leche de cabra, temperatura, coagulación

RESUM

Les propietats fisicoquímiques del formatge es poden veure afectades per diversos factors relacionats amb la matèria primera i el procés d'elaboració. En el present treball, realitzat en l'empresa SAT Quesos la SABINA, s'ha estudiat l'efecte de la temperatura de quallat sobre la composició química del formatge fresc de cabra, el rendiment formatger i les característiques sensorials. Per a això es van estudiar dos temperatures diferents de la temperatura empleada habitualment en la fàbrica, 32°C. Per a això es van fer dos experiments, el primer on es comparava la temperatura control amb una temperatura inferior (30°C) durant 4 setmanes i el segon experiment on es va comparar la temperatura control amb una temperatura superior (34°C), també durant 4 setmanes.

Es va analitzar la composició de la llet crua, del lactosuero i del formatge. Es va realitzar un seguiment del pH des de l'inici fins al final del procés d'elaboració incloent el pH de la llet crua, pH del formatge i pH del sèrum. Es va mesurar el temps de quallat, així com la temperatura de tot el procés.

A més es van calcular els rendiments de cada dia d'experiment i es va realitzar un anàlisi sensorial dels formatges amb l'objectiu d'esbrinar quin formatge preferien els consumidors i per què ho preferien, per a conèixer d'esta manera si hi havia diferències sensorials entre les distintes elaboracions.

Els resultats van mostrar que l'única diferència significativa es va trobar en el contingut en greix dels formatges elaborats a una temperatura de quallat de 34°C que estava relacionada amb la composició de la llet amb què es van elaborar estos formatges.

L'anàlisi sensorial no va mostrar una preferència clara ja que va tindre una influència clara dels dies que havien transcorregut des de l'elaboració, triant els consumidors el formatge que menys dies d'elaboració tenia.

Per tant es pot concloure que la temperatura de quallat en el rang 30 a 34 °C no pareix tindre un clar efecte sobre les propietats físic- químiques i sensorials dels formatges frescos de cabra.

PARAULES CLAU: Formatge fresc, llet de cabra, temperatura, coagulació

ABSTRACT

The cheese characteristics physico-chemical could be affected for different kind of factors related with raw material and the elaboration process. In this investigation, made at SAT Quesos la SABINA company, had been studied the temperature curled effect on the chemical composition of goat cheese, the cheese performance and the sense experience. To made this study, has been check two different temperature used normally I the factory, 32 °C.

I had made two different experiments, the first one controlling the temperature and comparing the usual temperature with a lower temperature (30 C°) during 4 weeks and the second one comparing the usual temperature with a higher temperature (34 degrees) during 4 weeks also.

I've been checking the cross milk, cheese and lactose serum composition. Also checked the pH from the begging till the end of the process including the serum, cheese and milk pH and measuring too the curled time, the temperature during the whole process. Also has been calculated the performance every single day and a sensory test of the cheese to check with cheese was the best for the consumers and why, with the propose to know if there was any sensory difference between the different elaborations kinds.

The results showed that the only main difference was the fat content , the cheese made with a lower temperature (at 34 °C) was related with the milk composition used to made the cheese.

The sensory test didn't show any clear preference for the costumers because it was clearly influenced by the elaboration days, picked or chosen for the consumers the cheese more recently done.

With all this data, I can concluded that the curled temperature between 30/34 °C doesn't have any clear effect in the phyco-chemical and sensory on the fresh goat cheese.

KEYWORDS goat milk, fresh cheese, temperature, curdling

ÍNDICE GENERAL

A. ESTANCIA DE PRÁCTICAS EN LA EMPRESA QUESOS LA SABINA	1
I. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA	1
II. ACTIVIDADES REALIZADAS.....	3
B. TRABAJO EXPERIMENTAL	4
I. INTRODUCCIÓN	4
1. El queso de cabra.....	4
1.1. Consideraciones previas	4
1.2. Producción y clasificación de los quesos de cabra	5
1.3. Clasificación de los quesos	7
2. Influencia de la calidad de la leche sobre la elaboración y características del queso	9
2.1. Calidad de la leche de cabra	9
2.2. Calidad y características del queso fresco de cabra	11
3. Influencia del proceso de elaboración sobre las características del queso... 13	
3.1. Proceso de elaboración del queso fresco de cabra	13
3.2. Influencia de la temperatura en el proceso de elaboración.....	15
3.3. Influencia de la calidad de la leche y el proceso de elaboración en el rendimiento quesero	16
II. OBJETIVO	18
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
1. Diseño experimental.....	19
2. Obtención y análisis de la leche de cabra.....	20
3. Elaboración de los quesos	21

4. Análisis de las muestras de queso	24
4.1 Obtención de las muestras de queso	24
4.2 Análisis físico-químicos	24
4.3 Análisis sensorial.....	25
5. Análisis estadístico.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
1. Características de la leche y del proceso de elaboración.....	28
2. Características físico-químicas del queso y lactosuero	31
3. Análisis sensorial.....	34
V. CONCLUSIONES	36
VI. BIBLIOGRAFIA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logo Quesos La Sabina	1
Figura 1. Instalaciones de Quesos la Sabina (Camporrobles, Valencia).....	1
Figura 3. Productos elaborados por Quesos la Sabina	2
Figura 4. Producción mundial de la leche de cabra por continentes	5
Figura 5. Producción mundial de queso de cabra por continentes	6
Figura 6. Producción de leche de cabra en España por Comunidades Autónomas.....	6
Figura 7. Distribución de la elaboración de quesos en España según el tipo de leche.....	7
Figura 8. Diagrama general elaboración queso fresco de cabra.....	14
Figura 9. Pasteurizador empleado en el proceso de elaboración de los quesos.....	21
Figura 10. Agitación del grano	23
Figura 11. Termostato cuba a la temperatura de calentamiento del grano	23
Figura 12. FoodScan (Foss) utilizado en el análisis de la composición del queso	24
Figura 13. Realización del análisis sensorial en el Edificio de Ciencia Animal de la UPV	26
Figura 14. Ejemplo formulario proporcionado en el análisis sensorial.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físico-químicos de leche cabra según diferentes autores.	9
Tabla 2. Composición de la leche de cabra según diferentes autores.	10
Tabla 3. Parámetros de calidad higiénica de la leche.	11
Tabla 4. Composición química del queso fresco de cabra según diferentes autores	12
Tabla 5. Diseño experimental	19
Tabla 6. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes de la leche para cada temperatura de cuajado en el experimento 1	28
Tabla 7. Medias estimadas por los mínimos cuadrados de los componentes de la leche para cada temperatura de cuajado en el experimento 2	29
Tabla 8. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los parámetros del proceso en el experimento 1 y su nivel de significación	30
Tabla 9. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los parámetros del proceso en el experimento 2 y su nivel de significación	30
Tabla 10. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del queso para cada temperatura de cuajado en el experimento 1	31
Tabla 11. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del queso para cada temperatura de cuajado en el experimento 2	31
Tabla 12. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del lactosuero para cada temperatura de cuajado en el experimento 1.	33
Tabla 13. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del suero para cada temperatura de cuajado en el experimento 2	33
Tabla 14. Resultados análisis estadístico del análisis sensorial del experimento 1 y nivel de significación	34
Tabla 15. Resultados análisis estadístico del análisis sensorial del experimento 2 y nivel de significación	35

A. ESTANCIA DE PRÁCTICAS EN LA EMPRESA QUESOS LA SABINA

I. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

La empresa SAT Quesos la Sabina, es una empresa familiar que comenzó su actividad hace apenas seis años, en el 2010, en la localidad de Camporrobles (Comarca de Utiel-Requena, Valencia) con una pequeña producción de queso fresco de cabra con la leche de su propia ganadería.

En su gama de productos actualmente comercializa leche pasteurizada de cabra, quesos frescos, tiernos, semicurados, curados en cámara y curados en cueva, así como cremas y requesón, siempre siguiendo un proceso artesanal, haciéndose hueco en el mercado como marca propia (Figura 1).



Figura 1. Logo Quesos La Sabina

Las instalaciones de la empresa aunque son de tamaño mediano disponen del equipamiento necesario para la elaboración de los quesos y otros productos (Figura 2.)



Figura 2. Instalaciones de Quesos la Sabina (Camporrobles, Valencia)

Los productos elaborados por la empresa (Figura 3) empezaron a comercializarse localmente en el pueblo donde se halla la empresa (Camporrobles). En poco tiempo se empezó a comercializar en los pueblos lindantes, en mercados, carnicerías, restaurantes, hoteles y panaderías de Valencia e incluso en pueblos de Castilla la Mancha. Actualmente, también se envían pequeños pedidos a Castellón, Alicante, Murcia y Cantabria.



Figura 3. Productos elaborados por Quesos la Sabina

En la actualidad, el 75 % de la producción se centra en queso fresco, aproximadamente un 15 % en tiernos y semicurados y menos del 10% a curados.

La creatividad de los miembros de la empresa, ha conseguido hacer quesos únicos con ingredientes peculiares como son la trufa, el cacao, el vino y distintos tipos de especias.

Todo este trabajo ha sido recompensado con una serie de premios nacionales e internacionales entre los que destacan los siguientes:

- World Cheese Awards - Plata (2013) QuesoPicarcho.
- World Cheese Awards - Oro (2014) QuesoCampillo.
- World Cheese Awards - Bonce (2015) QuesoPicarcho.
- World Cheese Awards – Bronce (2015) QuesoCampillo.
- Premio nacional mejor joven agricultor innovador

Dado que la demanda de producto se está incrementando y que las instalaciones actuales de la quesería se quedan muy limitadas y obsoletas está en proyecto una nueva quesería que empezará a construirse a finales de este año 2016 en El camino del Molón, también en Camporrobles, junto a la propia explotación de caprino.

II. ACTIVIDADES REALIZADAS

A lo largo de los cinco meses de prácticas (450 horas) en la empresa SAT Quesos la Sabina (Febrero-Julio de 2016), se ha colaborado en todas las tareas que se realizan en la empresa, puesto que la empresa es reducida y no disponía de Departamento de Calidad. Estas tareas han consistido fundamentalmente en:

- Seguimiento en el proceso de ordeño, toma de muestras de leche, gestión de muestras de leche y envío a laboratorio externo. Control de temperaturas y pH en los tanques de la explotación.
- Análisis de antibióticos en la leche de tanque de la explotación mediante el método Twinsensor BT (Tetrasensor)
- Transporte de la leche recién ordeñada a las instalaciones de la quesería.
- Control en el proceso de higienización y pasteurización de la leche, así como la preparación previa de todas las máquinas de la instalación. Realización de la prueba de la fosfatasa para control de la pasterización.
- Realización de fichas de producción, donde se anotan litros de leche, pruebas realizadas, seguimiento de pasteurización, pH leche y suero, temperaturas, cantidades de ingredientes, etc. para realizar los controles de la trazabilidad.
- Cálculo de los ingredientes según el tipo de queso a realizar (cloruro cálcico, sorbato potásico, cuajo, sal, fermentos, gelatina...), control de temperaturas y pH.
- Cálculo de la cantidad de cada tipo de queso en base a la forma de presentación.
- Revisión y verificación de buenas prácticas de fabricación.
- Gestión del suero.
- Limpieza y bioseguridad, atendiendo a los puntos críticos
- Control calidad de los quesos y envasado.
- Control de pesos y rendimientos de la producción diaria.

Un aspecto muy importante en la empresa es el seguimiento de los rendimientos, ya que al ser una quesería artesana en la que el proceso de fabricación es muy manual, la pérdida de un litro de leche por quilo de queso supone una pérdida de rentabilidad para la empresa, es por ello que el presente trabajo experimental está basado en la mejora del rendimiento quesero.

B. TRABAJO EXPERIMENTAL

I. INTRODUCCIÓN

1 EL QUESO DE CABRA

1.1. Consideraciones previas

Según el Real Decreto 1113/2006 por el que se aprueba la norma de calidad para quesos y quesos fundidos, se entiende por queso “el producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido de la leche, de la leche total o parcialmente desnatada, de la nata o de todos estos productos, coagulados total o parcialmente por la acción del cuajo u otros coagulantes apropiados, antes del desuerado o después de la eliminación parcial de la parte acuosa, con o sin hidrólisis previa de la lactosa, siempre que la relación entre la caseína y las proteínas séricas sea igual o superior a la de la leche” .

Actualmente a nivel mundial se elaboran fundamentalmente quesos a partir de leche de vaca, búfala, oveja y cabra. La leche de vaca es la de mayor producción y consumo aunque la leche de otras especies presenta un gran interés por producirse en zonas más desfavorecidas y representar una fuente proteica básica para la población.

Además en el caso concreto de la leche de cabra, su valorización hipoalergénica ha servido como sustitución de la leche de vaca en casos de alergias infantiles, también tiene propiedades beneficiosas para el tratamiento de las úlceras duodenales y estomacales, en la estenosis pilórica y es un alimento excelente para personas de avanzada edad. Tiene una buena digestibilidad y un alto valor nutritivo así como elevados contenidos en fósforo y calcio (Quiles y Hevia, 2000).

Atendiendo a los últimos datos de la FAO (FAOSTAT, 2016) la producción mundial de leche entera fresca de cabra en el año 2013 fue de 18.422.372 toneladas. Esta producción se distribuye de una manera muy variable a lo largo de todos los continentes (Figura 4). De esta producción mundial, el 17.5%(2.517.895 toneladas) se localiza en Europa, especialmente en Francia (24%), España (18,6%) y Grecia (16%) (FAOSTAT, 2016).

En España, la producción de leche de cabra ascendió a 471.999 toneladas en el año 2013 (MAGRAMA, 2016). Andalucía es la región con la mayor producción (44%), seguida de Canarias (19%), Castilla la Mancha (13%) y Castilla y León (7%).

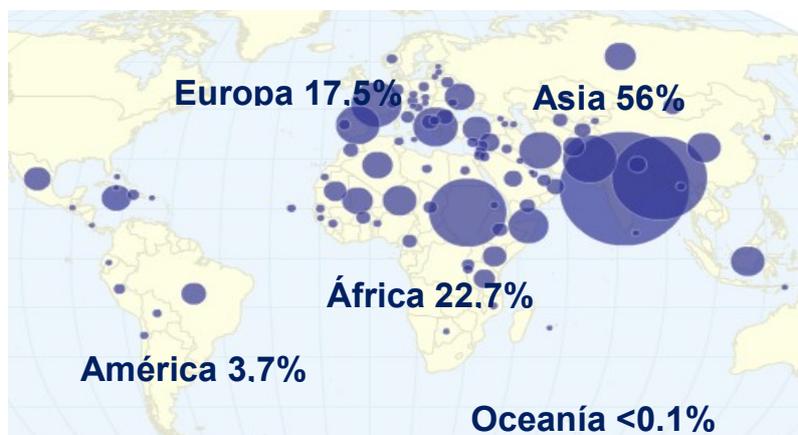


Figura 4. Producción mundial de la leche de cabra por continentes

Fuente: FAOSTAT (2016).

1.2. Producción de los quesos de cabra

Por lo general, una parte importante de la producción de la leche de cabra (97%) se destina principalmente a su transformación en productos derivados, especialmente queso. El queso de cabra, debido al tipo de elaboración tradicional, no se produce a gran escala. A nivel mundial la producción de queso de cabra fue de 467.089 toneladas en el año 2013 (FAOSTAT, 2016) y de esta producción (Figura 5), Europa, con el 45%, representa una parte importante de la producción de queso de cabra del mundo, siendo Francia, Grecia y España los países que engloban la mayoría de la producción europea con un 89%.

En España la producción de queso de cabra ascendió a 37.800 toneladas según MAGRAMA (2016), cifra similar a la de los años 2012 y 2011 (38.094 y 37.380 toneladas respectivamente) y esta producción se localiza fundamentalmente en la zona sur del país y en las Islas Canarias (Figura 6).

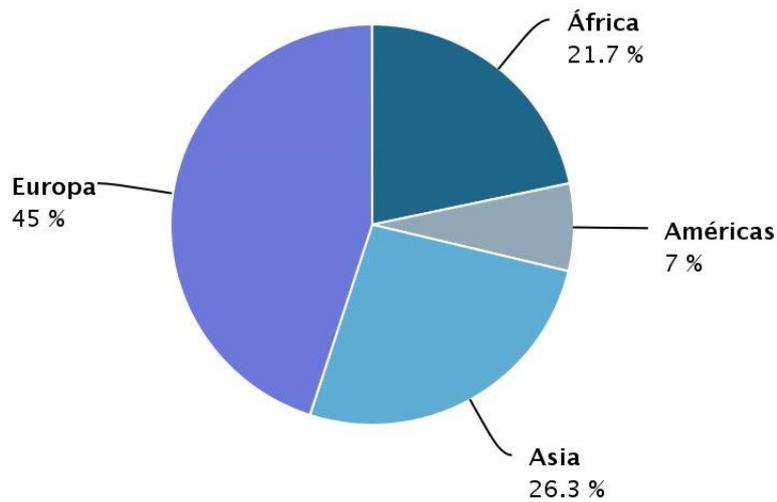


Figura 5. Producción mundial de queso de cabra por continentes

Fuente: FAOSTAT (2016).

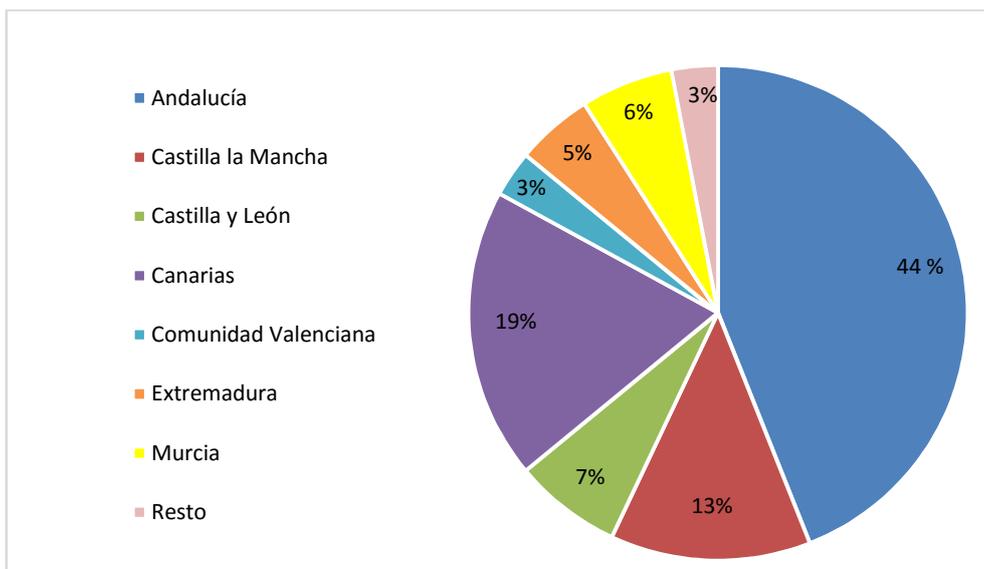


Figura 6. Producción de leche de cabra en España por Comunidades Autónomas.

Fuente: MAGRAMA (2016).

En la Comunidad Valenciana a pesar de no ser una de las zonas de mayor producción quesera existe una enorme tradición en la elaboración de quesos artesanos tanto frescos, semi-curados y curados elaborados con leche de vaca, cabra y/o oveja. Algunos de estos quesos (Alicante, Cassoleta, Nucía, Servilleta y Tronchón) se encuentran dentro de la Marca de Calidad CV según el Decreto 91/1998, del Gobierno Valenciano, donde se aprueba el Reglamento de la Marca de Calidad CV para productos agrarios y agroalimentarios (DOGV núm. 3273, 26.06.1998).

1.3. Clasificación de los quesos

El queso es un alimento difícil de clasificar debido a su gran diversidad por lo que existen diversas clasificaciones atendiendo a multitud de factores, haciendo incluso que un mismo queso, según sus propiedades, pueda estar incluido en diferentes apartados. Según el Real Decreto 1113/2006, los quesos se pueden clasificar en función de varios aspectos como:

-Tipo de leche:

Se pueden encontrar quesos elaborados con leche de vaca, oveja, cabra y mezcla de alguna de ellas. Debido a la variabilidad del ambiente donde se elaboran los quesos, en España encontramos más de 100 quesos tradicionales diferentes. La distribución en España sobre la producción de queso se puede observar en la Figura 7.



Figura 7. Distribución de la elaboración de quesos en España según el tipo de leche

Fuente: MAGRAMA (2016).

La composición de la leche es un factor determinante a la hora de elaborar un queso, y cada tipo de leche tiene una composición diferente (Alais, 1985) y por tanto los quesos elaborados con cada una de ellas o sus mezclas presentaran características muy diferentes.

-Tipo de coagulación:

La coagulación es una de las etapas claves del proceso y la base de la conversión de la leche en queso. Este proceso de solidificación se puede obtener por medio de tres vías diferentes: coagulación láctica o ácida, coagulación enzimática o con adición de cuajo y coagulación mixta.

-Según la maduración

Los quesos se pueden agrupar en frescos, blancos pasterizados, madurados y madurados con moho atendiendo al grado de maduración de éstos.

- Queso fresco: es el que está dispuesto para el consumo al finalizar el proceso de fabricación.

- Queso blanco pasterizado: es aquel queso fresco en el que el coágulo obtenido se somete a un proceso de pasterización, quedando dispuesto para el consumo al finalizar su proceso de fabricación.

- Queso madurado: es el que, tras el proceso de fabricación, requiere mantenerse durante cierto tiempo a una temperatura y en condiciones tales que se produzcan los cambios físicos y químicos característicos del mismo.

- Queso madurado con mohos: es aquel en el que la maduración se produce, principalmente, como consecuencia del desarrollo característico de mohos en su interior, en la superficie o en ambas partes. Dicha denominación podrá sustituirse por la de «queso azul» o «queso de pasta azul», cuando corresponda.

-Según su contenido en grasa:

De acuerdo con su contenido en grasa, los quesos se clasifican en: extragrasos, grasos, semigrasos, semidesnatados y desnatados.

Los criterios para la clasificación de quesos son múltiples, ya que pueden basarse en numerosas cuestiones, por lo que resulta muy difícil realizar una clasificación estricta debido además a la amplia gama de quesos existentes.

2 INFLUENCIA DE LA CALIDAD DE LA LECHE SOBRE LA ELABORACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL QUESO FRESCO

2.1. Calidad de la leche de cabra

En los últimos años la calidad de la leche ha cobrado una mayor importancia debido a la demanda por parte de la industria, de un producto con las características adecuadas para su transformación y también a una mayor exigencia del consumidor. La determinación de algunos parámetros físico-químicos (Tabla 1) presenta un especial interés, ya que están siendo utilizados para detectar posibles fraudes por adición de agua (densidad y punto crioscópico), o bien como indicadores de la calidad higiénica de la leche (ph y acidez Dornic).

Tabla 1. Parámetros físico-químicos de leche cabra según diferentes autores.

Densidad (g/l)	Puntocrioscópico (-°C)	Acidez (% ácido láctico)	pH	Referencias
-	0,560	-	6,86	Salvador et al. (2006)
1,029-1,039	0,540-0,573	0,14-0,23	6,50-6,80	Park et al. (2007)
1,030	0,554	0,15	6,70	Romero et al. (2013)
1,029-1,032	0,540-0,550	0,15-0,17	6,4-6,60	Rawya y Ahmed (2014)
1,028-1,032	0,540-0,573	0,14-0,23	6,4-6,86	Rango

La composición química de la leche reviste una gran importancia ya que determina su calidad nutritiva y muchas de sus propiedades. Así, la aptitud tecnológica de la leche para su transformación en queso depende, en gran medida, de su composición, especialmente de su contenido en grasa y proteína que son los parámetros que presentan una mayor relación con el rendimiento quesero. En la Tabla 2 se presenta la composición química de la leche de distintas razas caprinas.

Tabla 2. Composición de la leche de cabra según diferentes autores.

Raza	Materia seca	Proteína	Lactosa	Grasa	Referencias
Boer	-	4,97-5,03	4,48-4,97	6,13-6,39	Mmbengwa et al. (2000)
Damascus	11,30-12,90	3,20-3,90	2,3-4,9	3,60-4,90	Bhosale et al. (2009)
Griega	14,80	3,77	4,76	5,63	Raynal-Ljutovac et al. (2005)
Granadina	13,57	3,48	4.11	5.23	Sanz Ceballos et al.(2009)
India	12,33-13,66	3,21-4,09	4,19-4,88	3,54-4,54	Bhosale et al.(2009)
Nguni	-	4,54-4,95	4,27-4,51	6,04-7,48	Mmbengwa et al. (2000)
Nubian	13,2-14,6	3,90-4,50	-	4,40-4,50	Soryal et al. (2005)
Canaria	13,64	4,82	-	3,87	Salvador et al. (2006)
Murciano-Granadina	14,67	3,72	4,66	5,61	Beltrán et al. (2014)
Sarda	-	3,90	-	5,10	Raynal-Ljutovac et al. (2005)
Rango	9,50-16,50	2,40-6,45	2,30-4,97	2,7-7,48	

Los valores que se presentan en la Tabla 2 deben considerarse como orientativos ya que, como es sabido, los componentes de la leche de cabra además de por la raza, varían de forma natural a lo largo de la lactación, viéndose afectados por numerosos factores, como el tipo y la época de parto, la edad del animal, el ordeño, la alimentación y el estado sanitario entre otros (Salvador y Martínez, 2007).

Actualmente la legislación comunitaria, realiza, además de una valoración de calidad de la leche sobre la composición, un recuento de gérmenes totales, recuento de células somáticas y presencia de residuos de antibióticos (Reglamento CE 853/2004), para asegurar aspectos higiénicos sanitarios (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de calidad higiénica de la leche.

Parámetro	Vaca	Oveja y cabra	
Recuento gérmenes totales (ufc/ml) ¹	100.000	500.000 ³	1.500.000 ⁴
Recuento células somáticas (cel/ml) ²	400.000	-	-
Presencia de antibióticos	Ausencia de residuos por encima de los límites de seguridad establecidos en la UE.		

¹Media geométrica observada durante un periodo de dos meses con un mínimo de dos determinaciones al mes; ²Media geométrica observada durante un periodo de tres meses con, al menos, una determinación al mes; ³Cuando el proceso de elaboración de los productos derivados no incluye ningún tratamiento térmico; ⁴Cuando el proceso de elaboración de los productos derivados incluye tratamiento térmico. Fuente: Reglamento (CE) 853/2004

2.2. Calidad y características bioquímicas del queso fresco de cabra

Como cualquier producto alimentario procesado, la calidad del queso está determinada por la calidad de su materia prima que en este caso es la leche de cabra. Unos valores correctos de los parámetros físico-químicos harán que el queso producido tenga un elevado nivel de calidad.

El queso fresco es el resultado, en general, de una coagulación enzimática de la leche en donde no ha existido periodo de maduración. Los quesos frescos presentan una gran diversidad según el grado de desuerado del coágulo y el contenido en materia grasa de la leche empleada. Se caracterizan por:

- Una cuajada no prensada y un contenido elevado en agua;
- Una débil sensación ácida;
- Una corta conservación;
- Un producto que se consume sin período de maduración

El queso comparte casi las mismas propiedades nutricionales con la leche; a excepción de la lactosa, los otros componentes se encuentran más concentrados. Además de brindar un excelente aporte de proteínas de alto valor biológico, el queso se destaca por ser una fuente importante de calcio y fósforo (Alais, 1985; Van Hekken y Farkye, 2003; García-Islas, 2006).

Para el consumidor la textura juega un rol importante en términos de inferir en la calidad de un alimento. Particularmente en el queso, la textura es uno atributos más importantes que ayudan a determinar la identidad del mismo (Bourne, 2002)

Otro aspecto importante del queso que se asocia con la textura es su comportamiento reológico. De manera general se puede definir a la reología, como el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados (Muller, 1973; Bourne 2002; Shoemaker et al., 1987). Existe una estrecha relación entre la microestructura del queso y su reología, ambas propiedades a su vez están determinadas por la composición química del queso. (Buffa et al., 2004).

La composición química del queso de cabra es variable y depende tanto de la materia prima como del proceso de elaboración. En la tabla 4, se muestra la composición del queso fresco de cabra según diferentes autores:

Tabla 4. Composición química del queso fresco de cabra según diferentes autores.

Autor	Grasa	Proteína	Mat. seca	Humedad	G+P	pH
García et al (2012)	21,83-	14,62-	41,52-	55,55-	36,45-	
	22,82	15,05	44,45	58,48	37,87	
Martín-Hernández y	20,80-	15,06-	42-43,91	56,09-58	35,86-	6,6-
Juarez (1992)	21,75	15,53			37,28	6,79

Independientemente del origen de la leche, las propiedades físicas del queso se rigen por la interacción entre las moléculas de caseína (Tunick, 2000). Algunos de los factores que influyen en estas interacciones varían en función del tipo de queso, el grado de maduración (Lucey et al., 2003), su composición química (en particular, el contenido de caseína y la distribución de la humedad y la grasa), el contenido de sal, pH y acidez (Guo et al., 2012; Scholz, 1995), así como determinadas condiciones medioambientales como la temperatura (Johnson y Law, 2011).

La acidez en el queso es un factor que no sólo tiene incidencia sobre el sabor, sino que también tiene incidencia en los cambios que experimenta la cuajada del queso, teniendo ésta una correlación directa en los fenómenos de sinéresis (es decir; a

mayor acidez, mayor sinéresis) y textura final (Pinho *et al.*, 2004). La sinéresis también está afectada por las circunstancias propias del proceso de elaboración y por la presencia de calcio libre, el cual provoca la unión de la caseína en la red proteica de la cuajada (Walstra, 1990)

El pH es uno de los parámetros que afecta sobretodo a la textura del queso, debido a su efecto sobre la red proteica. Un pH cercano al punto isoeléctrico provoca fuerzas iónicas e hidrófobas, que resultan en una red de caseína compacta típica de los quesos duros, mientras que en el caso de un pH más alto las caseínas presentan una carga negativa, lo que genera repulsión entre los agregados proteicos, generándose un queso con mayor humedad, más elástico y menos compacto (Watkinson *et al.*, 2001; Lu *et al.*, 2008).

En los quesos frescos, la elevada humedad y el bajo pH, son condiciones que afectan a la textura y sabor durando su conservación, de forma que una excesiva proteólisis podría ocasionar defectos como una textura excesivamente blanda y un sabor amargo (Fox y McSweeney, 1996).

La sal, además de tener un papel en el sabor y conservación del queso, en altas concentraciones disminuye la actividad enzimática proteolítica, aumentando la salida del agua presente en la red proteica de la cuajada (sinéresis) ocasionando con ello, menor humedad y por lo tanto mayor dureza en el queso (Pinho *et al.*, 2004; Guo *et al.*, 2012).

3 INFLUENCIA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL QUESO

3.1. Proceso de elaboración del queso fresco de cabra

A modo resumen, en la figura 8 se muestra un diagrama del proceso general de elaboración del queso fresco de cabra.

Tanto los tiempos como las temperaturas o las cantidades de productos añadidos pueden variar, incluso el momento de añadir la sal puede ser después del moldeado, en salmuera.

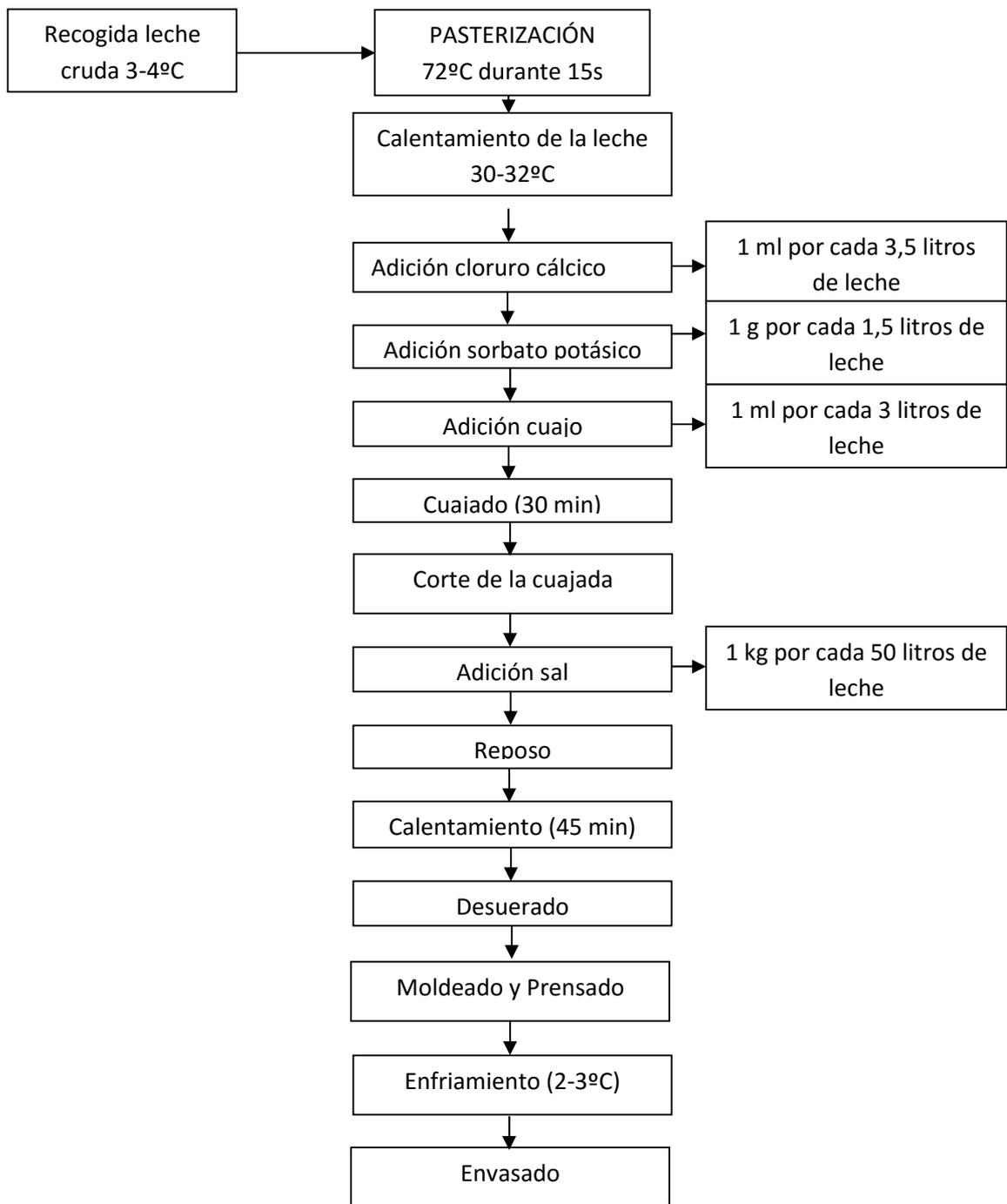


Figura 8. Diagrama general elaboración queso fresco de cabra

3.2. Influencia de la temperatura en el proceso de elaboración

Algunos estudios han observado que la pasteurización de la leche produce una desnaturalización ligera de las proteínas séricas, así como modificaciones leves en la capacidad de la leche (Grappin y Beuvier, 1997). Este tratamiento térmico provoca también la disminución significativa de péptidos de cadena corta y aminoácidos libres-compuestos precursores de aromas y sabores en el queso (Tunick y Van Hekken, 2010) y origina quesos con alto contenido de humedad con respecto a los elaborados con leche cruda (Ortigosa *et al.*, 2001).

En cuanto a la temperatura de cuajado, aunque la temperatura a la que mejor cuaja la leche con cuajo es a 40°C, normalmente se suele trabajar a temperaturas del orden de 30-34° C según el grado de maduración de los quesos. Cuanto más tiempo se piense madurar un queso más baja suele ser la temperatura de cuajado (Madrid *et al.*, 2014)

El motivo es que cuando un queso es de larga maduración interesa que el grano quede bien seco, es decir que se produzca una buena sinéresis, y para ello es necesario entre otros factores, una dosis de cuajo elevada, si además la temperatura fuera alta, tendríamos una coagulación muy rápida, no dando lugar a que se formara adecuadamente el coágulo, con la consiguiente pérdida de rendimiento y calidad (Madrid *et al.*, 2014).

Por el contrario, con queso fresco, interesa un grano con más humedad, por lo que la sinéresis en este caso es más débil, así que la dosis de cuajo es inferior, pero para evitar un tiempo de cuajado muy lento se aumenta la temperatura favoreciendo la coagulación (Madrid *et al.*, 2014).

Como se ha comentado anteriormente, el incremento de temperatura hace que aumente el desuerado es por ello que una vez cortada la cuajada y el grano está formado se eleva la temperatura del grano. Las ventajas de este aumento de la temperatura son que existe un mayor desuerado del grano de la cuajada, una menor viscosidad del suero y se refuerzan las uniones hidrófobas en el interior del grano de cuajada, que se contrae y expulsa la fase acuosa fuera del grano. Esta temperatura de calentamiento variará según el tipo de queso que se esté elaborando.

3.3. Influencia de la calidad de la leche y el proceso de elaboración en el rendimiento quesero

El rendimiento quesero indica la cantidad de queso que se obtiene a partir de una determinada cantidad de leche y se expresa como kilogramos de queso dividido por kilogramo de leche. Este valor siempre es inferior a 1, por lo que se suele expresar como kilogramos de queso obtenidos en 100 kilogramos de leche (Gilles y Lawrence, 1985; Oliszewski *et al.*, 2002). Por otra parte, algunos autores (Banks *et al.*, 1984) expresan el rendimiento quesero en base al porcentaje de recuperación en el queso de caseína y grasa de la leche.

En la industria láctea resultaría interesante conocer de antemano el rendimiento de la producción, pero éste depende de muchos factores y es difícil poder ajustar una ecuación para cada queso en función del tipo de leche utilizada (Emmons y Modler, 2010).

Los factores que afectan sobre el rendimiento quesero pueden separarse en dos grupos: las características de la leche y las condiciones de fabricación (El-Gawad y Ahmed, 2011).

Las principales características de la leche que influyen sobre el rendimiento quesero son los contenidos de grasa y caseína (Guo *et al.*, 2003). En principio la caseína es más importante que la grasa a la hora de determinar el rendimiento quesero ya que la caseína es la que forma la matriz estructural del queso que retiene la grasa y el agua (Lucey y Kelly, 1994). Otros autores como Guo *et al.* (2003) también encontró relación con el contenido de proteína total. Otros aspectos importantes relacionados con la calidad de la leche serían las variantes genéticas de las proteínas y el recuento de células somáticas (El-Gawad y Ahmed, 2011).

Hay muchos factores relacionados con el proceso de fabricación que influyen en el rendimiento quesero, uno de ellos es el efecto de la homogenización de la grasa. Este proceso conduce a un incremento de la retención de grasa y humedad y se modifica la disposición de los glóbulos de grasa dentro del coágulo. También hace que se produzca un retardo en la sinéresis por lo que se aconseja realizarla con la fabricación de quesos con mucha humedad (El-Gawad y Ahmed, 2011).

Otro factor que puede influir en el rendimiento es el pH de la leche en el momento de añadir el cuajo y las concentraciones de cloruro cálcico que se añaden durante la agitación. Sbodio *et al.*, (2010) comprobaron que al añadir cloruro cálcico en concentraciones de 400 mg/L a pH 6,4 se podía retener una mayor cantidad de suero tras la coagulación de la leche que con otras combinaciones de concentración y pH.

Por último, la firmeza de la cuajada y el corte de ésta es otro factor a tener en cuenta. El-Gawad y Ahmed (2011) indican que si la cuajada se corta cuando está demasiado firme se produce una disminución del rendimiento debido a la rotura de los glóbulos de grasa y si, por el contrario, se corta cuando la firmeza es insuficiente, el rendimiento también será más bajo debido a la rotura de las micelas de caseína. Por ello todos los factores del proceso relacionados con la firmeza de la cuajada como el calentamiento de la misma tienen importancia en el estudio de la eficacia del proceso y del rendimiento quesero

De esta manera, el estudio del rendimiento quesero en cada industria teniendo en cuenta el tipo de leche y el proceso de producción puede ser interesante a la hora de poder calcular y rentabilizar al máximo la producción ya que una variación pequeña de dicho valor puede tener consecuencias económicas importantes para la empresa.

II. OBJETIVO

Dado que el interés manifestado por la empresa Quesos La Sabina se centraba en la optimización del rendimiento en la fabricación del queso fresco de cabra y que uno de los aspectos que podían influir en el rendimiento podría ser la temperatura de cuajado y el tiempo que transcurría desde la adición del cuajo hasta la coagulación y el corte de la cuajada se ha desarrollado el presente trabajo.

El objetivo ha sido analizar la influencia de la temperatura de cuajado en el proceso de la elaboración del queso fresco de cabra así como en el rendimiento quesero y en la calidad del producto final.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

1. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental consistió básicamente en estudiar tres temperaturas de cuajado de la leche (30, 32°C, 34 °C) considerando la temperatura de 32 °C como temperatura control debido a que era la que se utilizaba habitualmente. En la Tabla 5 se presentan las diferentes elaboraciones realizadas para la comparación de las dos temperaturas (30 y 34°C) con la temperatura control (32°C).

Tabla 5. Diseño experimental.

Semana	TªCuajado	Día	Semana	Tª Cuajado
1	32	Lunes	5	32
1	30	Miércoles	5	34
2	30	Lunes	6	34
2	32	Miércoles	6	32
3	32	Lunes	7	32
3	30	Miércoles	7	34
4	30	Lunes	8	34
4	32	Miércoles	8	32

Las variables medidas en cada una de las elaboraciones que constituían el experimento fueron las siguientes:

- Calidad de la leche. Antes de cada elaboración se tomaban dos muestras de leche para el análisis de los parámetros de calidad.
- Volumen de leche de cada experimento, siempre 850 litros
- pH y temperatura de la leche antes de iniciar el proceso de fabricación, durante el proceso de cuajado (cada 5 minutos aproximadamente), al inicio del calentamiento de la cuajada y después cada 15 minutos.

- Duración (hora inicio y hora fin) del cuajado y del calentamiento de la cuajada.
- Composición del lactosuero: De cada fabricación se tomaban dos muestras del lactosuero para análisis de su composición.
- Número de quesos fabricados y peso de todos los quesos después de haberlos envasado para el cálculo del rendimiento quesero.
- pH de varios quesos inmediatamente antes de envasarlos.
- Composición del queso: de cada fabricación experimental se tomaban dos muestras de quesos que se congelaban para su posterior análisis.
- Análisis sensorial de comparación por parejas pautado por la norma UNE-EN ISO 5495

2. OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA LECHE Y EL LACTOSUERO

La leche procedía de la propia explotación de ganado caprino de la “SAT Quesos la Sabina” donde se obtenía mediante ordeño mecánico y se almacenaba en tanques refrigerados a una temperatura de unos 3-4°C.

En la misma explotación se realizaba la detección antibióticos mediante el método de unión a receptor Twinsensor (Tetrasensor), así como la recogida de dos muestras de leche. Una vez refrigerada la leche, se transporta desde la explotación hasta las instalaciones de la quesería manteniendo la temperatura de refrigeración.

Las muestras de leche se obtuvieron por duplicado de la leche de cabra cruda procedente de la propia explotación antes de la pasterización. A las muestras se les añadió azidiol como conservante y se mantuvieron en refrigeración (2-4°C) durante 1-3 días).

También se tomaron dos muestras de lactosuero suero al final del proceso de elaboración, que se conservaron en las mismas condiciones de la leche pero sin adición de azidiol.

Las muestras de leche y lactosuero se enviaron al LICOVAL (Laboratori Interprofesional Lleter de la Comunitat Valenciana) donde se procedió al análisis de

composición (grasa, proteína, lactosa, extracto seco magro, extracto quesero) y de parámetros de calidad higiénico-sanitaria (recuento de células somáticas, recuento de bacterias, inhibidores, punto crioscópico y pH). En las muestras de lactosuero se determinaron la composición en grasa y proteína.

La composición química de la leche y lactosuero se determinaron por espectrofotometría del infrarrojo (MilkoScan FT 120, Foss, Hillerød, Dinamarca). También se analizó el número de células somáticas de la leche según el método fluoro-opto electrónico con la utilización del equipo automático Fossomatic 5000 (Foss) y el recuento de gérmenes totales con un equipo BactoScann FC (Foss). Además, todas las muestras de leche se analizaron por triplicado con un método comercial de detección de inhibidores (Eclipse® Zeular, Zaragoza).

3. ELABORACIÓN DE LOS QUESOS

Los quesos del presente trabajo fueron elaborados en la fábrica de la “SAT Quesos la Sabina” a partir de leche de cabra pasteurizada. Para ello se hacía pasar la leche por un pasteurizador de placas (Figura 9), donde se calentaba a 72°C durante 15 segundos y se enfriaba hasta los 30°C aproximadamente (Figura 10). La eficacia de la pasteurización se controlaba mediante la prueba de la fosfatasa alcalina (Phosphatesmo, MachereyNagel).



Figura 9. Pasteurizador empleado en el proceso de elaboración de los quesos

Se llenaba la cuba, tipo holandesa, con la leche procedente del pasteurizador hasta los 850 litros pasando la leche por un filtro para evitar la contaminación por

insectos, piedras, pelos, etc. En el proceso de llenado de la cuba se adicionaba el cloruro cálcico y el sorbato potásico.

El cloruro cálcico, actualmente considerado como un aditivo (E-509), tiene el papel de coadyuvante tecnológico, ya que es imprescindible la presencia de calcio en los procesos de coagulación. La cantidad de cloruro cálcico adicionada era de 283 ml (1 ml de CaCl_2 por cada 3 litros de leche)

El sorbato de potasio es una sal cuyo principal uso es la conservación de alimentos. En la fabricación del queso fresco se añade para impedir la aparición de mohos o manchas, evitar enranciamiento, el desdoblamiento microbiano de grasas y la saponificación. La cantidad empleada fue de 566 g (1 g de sorbato por cada 1,5 litros de leche)

Una vez la cuba estuvo, se reguló la temperatura abriendo el paso de las tuberías que llevan a la cuba el agua caliente. Una vez alcanzada la temperatura adecuada (30,32 o 34 °C), se le añadió 242 ml de cuajo microbiano líquido (Laboratorio Arroyo) obtenido a partir del *Mucormiehei*. Se agitó durante un minuto y pasados aproximadamente 25 minutos, mediante una espátula se observó el corte de la cuajada. Las pautas que se siguieron para saber cuándo cortar la cuajada, fueron:

- Introducir la espátula y observar la dureza de la cuajada (el corte hecho con la espátula debe de abrirse simétricamente a ambos lados del corte).
- Visualizar en las paredes del corte unas líneas paralelas y un brillo característico
- Aparición de suero amarillento en el corte.

Una vez decido iniciar el corte de la cuajada se procede a realizar un corte grueso para que exista una menor pérdida de suero (queso fresco).

El momento del corte es muy importante, si la cuajada está blanda, es decir, cuando no está formado completamente el coágulo, al cortar, se romperá el coágulo, y sus componentes como la grasa y la proteína se solubilizaran en el suero, perdiendo así rendimiento. Y si por el contrario el corte se realiza cuando la cuajada se ha endurecido demasiado, será muy difícil obtener un grano uniforme ya que al pasar la

lira en vez de cortar la cuajada se arrastrará y si se aumenta la velocidad de la lira se formará un grano muy pequeño.

Una vez cortada la cuajada se añadieron 18 kilos de sal marina refinada seca alimenticia (1 kg de sal por cada 47 litros de leche) y se dejó reposar durante un par de minutos para que se forme una capa alrededor del grano que lo hace más consistente. Se agitó a la vez que se incrementaba la temperatura hasta los 36 grados con el objetivo de endurecer el grano (Figura 10 y Figura 11).



Figura 10. Agitación del grano



Figura 11. Termostato cuba a la temperatura de calentamiento del grano

Pasados 50 minutos aproximadamente, se procedió al desuerado y posterior moldeado. En el presente trabajo el prensado fue realizado por gravedad para que no influyera en los rendimientos.

Una vez moldeados los quesos se enfriaban y envasaban. Seguidamente se calculaba el rendimiento a partir del peso del producto final

4. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE QUESO

4.1. Obtención de las muestras de queso

Cada día de elaboración experimental, una vez enfriado el queso, se medía el pH de varias muestras de queso y se tomaban dos tarrinas de 250g para el posterior análisis que se congelaron a -20°C . De este modo se tomaron un total de 32 muestras de queso para análisis físico-químicos.

4.2. Análisis físico-químicos

El análisis de la composición del queso se realizó utilizando muestras de queso de los lotes experimentales. Una vez tomadas las muestras, éstas se introdujeron en tarrinas con la identificación, fecha y lote y se congelaron a -20°C .

Para su análisis, las muestras obtenidas se trasladaron al Instituto de Desarrollo Regional en el Campus de Albacete de la Universidad de Castilla-La Mancha, para su análisis por infrarrojos. Allí, en primer lugar las muestras fueron trituradas, con la ayuda de una picadora convencional y la muestra se introducía en una placa Petri de manera compacta para su posterior análisis, todos por duplicado, mediante un FoodScan (Foss, Foss Iberia- Barcelona). Este equipo (Figura 12) estaba basado en la tecnología del infrarrojo cercano NIRA o NIRS (NearInfraredAnalysis) que permite el análisis de la composición del queso (sólidos totales, grasa, proteína y sal). El equipo se encuentra calibrado para analizar diferentes tipos de queso y periódicamente se controla dicha calibración mediante los métodos de referencia.

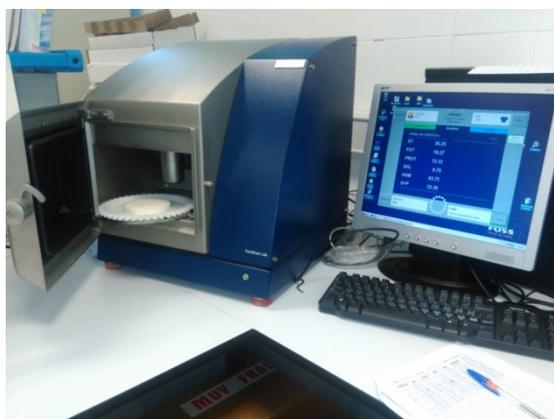


Figura 12. FoodScan (Foss) utilizado en el análisis de la composición del queso

4.3. Análisis sensorial

El análisis sensorial o cata es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos, utilizando al hombre como instrumento de medida. El análisis sensorial realizado en este trabajo tenía por objeto analizar si los consumidores eran capaz de distinguir los quesos elaborados con diferentes temperaturas

El análisis sensorial fue realizado siguiendo la norma UNE-EN ISO 5495, Prueba de comparación por parejas. Esta norma internacional describe una técnica para determinar si existe una diferencia sensorial perceptible o una similitud entre las muestras de dos productos en lo que se refiere a la intensidad de un atributo sensorial, En efecto, la prueba de comparación por parejas es una prueba de juicio forzado entre dos alternativas. Es aplicable para estudiar si existe una diferencia para un solo atributo sensorial o para varios atributos sensoriales, lo cual significa que esta prueba permite determinar si existe una diferencia sensorial perceptible en un atributo sensorial dado, y permite especificar la dirección de la diferencia, pero no da ninguna información sobre la amplitud de la diferencia. La ausencia de diferencia para el atributo sensorial estudiado no significa que no exista diferencia entre los dos productos.

Para el análisis sensorial se seleccionaron consumidores no entrenados que fueran consumidores habituales de queso, que no presentaran ningún cuadro alérgico o de resfriado procurando que participaran consumidores de ambos sexos, de diferentes edades y niveles sociales. Se realizó una sesión de cata por semana de experimento (Figura 13) , donde se ofrecían dos muestras de queso, de temperaturas de cuajado distintas y se les hacía escoger entre cual les gustaba más y explicar las causas de esta preferencia. Para ello se realizaron 60 pruebas semanales, es decir, cada semana de experimento se realizó el análisis sensorial, por lo tanto se hicieron un total de 480 análisis .En cada sesión de catas se presentaban dos quesos por consumidor alternado la posición de ambos tipos de queso entre consumidores, para que el orden en el que se les presentaba el queso no alterara el análisis influyendo así en el sabor o en la preferencia por ejemplo.

El formulario que se proporcionaba a los consumidores contenía la información que se encuentra en la Figura 14.



Figura 13. Realización del análisis sensorial en el Edificio de Ciencia Animal de la UPV.

TIPO A Día 26-5-2016

Cata muestras de queso fresco de leche de cabra

Nº Juez: _____ Nombre _____ Edad _____
Hombre/Mujer _____

Se le van a presentar dos muestras de queso fresco. Para probarlas, primero empiece por la muestra 118 y luego la muestra 224. A continuación, si es necesario, puede volver a probar ambas con el orden que desee.

Indique con una X la muestra que prefiere (obligatoriamente debe elegir una, si es al azar indíquelo)

Muestra 118 Muestra 224

Escriba los motivos por los que ha elegido la muestra que prefiere.

Figura 14. Ejemplo formulario proporcionado en el análisis sensorial

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de cada experimento se realizó separadamente. Todas las variables registradas referidas a la calidad de la leche, proceso de fabricación, rendimiento quesero, características físico-químicas del queso y del lactosuero fueron analizadas estadísticamente mediante un análisis de varianza que contempló los siguientes efectos: Temperatura de cuajado (experimento 1: 30° vs 32 °C; experimento 2: 32° vs 34°C), Semana (1 a 4) y Día (1: fabricación del lunes; 2: fabricación del miércoles). Estos análisis estadísticos fueron realizados mediante el PROC GLM del paquete estadístico SAS 9.2 (2012).

Respecto al análisis sensorial de los quesos, la frecuencia con la que los catadores preferían uno de los dos quesos elaborados en cada semana experimental se analizó estadísticamente mediante el PROC FREQ (opción CHISQ) del paquete estadístico SAS.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de la Semana y Día no resultaron significativos para todas las variables analizadas estadísticamente mediante análisis de varianza.

1. CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE Y DEL PROCESO DE ELABORACION

Las características de la leche empleada en los diferentes experimentos realizados para estudiar las dos temperaturas de cuajado (30 y 34°C) frente a la temperatura control (32 °C) se presentan en las Tablas 6 y 7 para los experimentos 1 y 2 respectivamente. En ellas se exponen las medias de cuadrados mínimos de los componentes de la leche para cada temperatura de cuajado y su nivel de significación:

Tabla 6. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes de la leche para cada temperatura de cuajado en el experimento 1

Variable leche	T ^o de cuajado		Nivel Significación
	30°C	32°C	
Grasa (%)	4,66±0,15	4,63±0,15	NS
Proteína (%)	3,55±0,05	3,50±0,15	NS
EQ (%)	8,21±0,11	8,13±0,11	NS
Lactosa (%)	4,70±0,02	4,66±0,02	NS
ESM (%)	9,01±0,06	8,93±0,06	NS
MS (%)	13,68±0,10	13,56±0,10	NS
LogRCS (cels/ml)	6,26±0,07	6,23±0,07	NS
LogRGT (ufc/ml)	5,09±0,41	5,13±0,41	NS
PC	562±5,26	560±5,26	NS
pH	6,64±0,02	6,68±0,02	NS

NS: no significativo.,EQ: extracto quesero, ESM: extracto seco magro, MS: materia seca, LogRCS: logaritmo en base 10 del recuento de células somáticas, LogRGT: logaritmo en base 10 del recuento de gérmenes totales, PC: punto de congelación

Los datos de la media reflejan que no hubo una relación entre la composición de la leche y la temperatura de cuajado del experimento 1 y tampoco en el

experimento 2, es decir, que la leche que se utilizó para cada temperatura no difiere significativamente en cuanto a la composición.

Comparando la composición de la leche utilizada en el estudio con la composición de la leche de cabra Murciano-Granadina (5,61 % Grasa; 3,72% Proteína; 4,66% Lactosa; 14,67% MS) indicada por Beltrán *et al*, 2014 , se observa que la composición es muy similar excepto en el caso de la grasa que en el presente estudio resulta menor a la presentada por los citados autores. Hay que señalar que la grasa es uno de los componentes que más varían en la leche por efecto de factores intrínsecos como el estado de lactación o extrínsecos como la alimentación y el ordeño.

Tabla 7. Medias estimadas por los mínimos cuadrados de los componentes de la leche para cada temperatura de cuajado en el experimento 2

Variable leche	Tª de cuajado		Nivel Significación
	32°C	34°C	
Grasa (%)	4,50±0,19	4,29±0,19	NS
Proteína (%)	3,51±0,07	3,60±0,07	NS
EQ (%)	8,01±0,12	7,89±0,12	NS
Lactosa (%)	4,67±0,04	4,73±0,04	NS
ESM (%)	8,98±0,11	9,11±0,11	NS
MS (%)	13,48±0,09	13,41±0,09	NS
LogRCS (cels/ml)	6,18±0,23	5,86±0,23	NS
LogRGT (ufc/ml)	4,76±0,20	4,99±0,20	NS
PC	558,75±0,88	558,5±0,88	NS
pH	6,79±0,04	6,77±0,04	NS

; NS: no significativo. EQ: extracto quesero, ESM: extracto seco magro, MS: materia seca, LogRCS: logaritmo en base 10 del recuento de células somáticas, LogRGT: logaritmo en base 10 del recuento de bacterias, PC: punto de congelación

El análisis del proceso de elaboración del queso, se realizó para registrar las variaciones de pH que pudo haber durante la elaboración y el tiempo que transcurrió

desde que se añadió el cuajo a la leche hasta que se procedió al corte de la cuajada. Estos parámetros se midieron para seguir un control del proceso y analizar que la variación de ellos no suponía un efecto en los resultados finales de elaboración. Las medias de cuadrados mínimos de estos datos se reflejan en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los parámetros del proceso en el experimento 1 y su nivel de significación

Variable proceso	Tª de cuajado		Nivel Significación
	30°C	32°C	
pH0	6,55±0,03	6,52±0,03	NS
pH1	6,49±0,03	6,48±0,03	NS
Tmpo1	28,75±2,19	27,50±2,19	NS
pH2	6,46±0,02	6,47±0,02	NS

NS: no significativo. pH0: pH antes de añadir el cuajo, pH1: pH durante el cuajado, Tmpo1: tiempo de cuajado, pH2: pH del calentamiento

Tabla 9. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los parámetros del proceso en el experimento 2 y su nivel de significación

Variable proceso	Tª de cuajado		Nivel Significación
	32°C	34°C	
pH0	6,65±0,05	6,68±0,05	NS
pH1	6,58±0,03	6,63±0,03	NS
Tmpo1	26,00±1,79	28,5±1,79	NS
pH2	6,52±0,04	6,54±0,04	NS

NS: no significativo. pH0: ph antes de añadir el cuajo, pH1: pH durante el cuajado, Tmpo1: tiempo de cuajado, pH2: pH del calentamiento

Como se puede observar en las tablas 8 y 9 no se encontraron diferencias entre las diferentes medidas de pH ni en el tiempo de cuajado en ninguno de los dos experimentos, lo que indica que la temperatura de cuajado no afectó ni al pH ni al tiempo de cuajado.

2. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL QUESO Y LACTOSUERO

En las tabla 10 y 11, se presentan las medias de cuadrados mínimos de los componentes del queso para cada temperatura de cuajado del experimento 1 y 2, respectivamente y su nivel de significación:

Tabla 10. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del queso para cada temperatura de cuajado en el experimento 1

Variable queso	Tª de cuajado		Nivel Significación
	30°C	32°C	
RQ (L/k)	4,91±0,22	5,28±0,22	NS
Grasa (%)	19,93±0,85	21,21±0,85	NS
Proteína (%)	12,45±1,28	13,87±1,28	NS
EQ (%)	32,38±2,26	35,37±2,26	NS
MS (%)	36,55±1,73	38,66±1,73	NS
Sal	0,99±0,11	1,03±0,11	NS
pH	6,38±0,01	6,42±0,01	NS

NS: no significativo. RQ: rendimiento quesero (litro de leche necesario para elaborar un kg de queso), EQ: extracto quesero, MS: materia seca.

Tabla 11. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del queso para cada temperatura de cuajado en el experimento 2

Variable queso	Tª de cuajado		Nivel Significación
	32°C	34°C	
RQ (L/KG)	5,33±0,13	5,09±0,13	NS
Grasa (%)	21,47±0,30	19,49±0,30	*
Proteína (%)	13,43±0,22	12,71±0,22	NS
EQ (%)	34,90±0,34	32,22±0,34	*
MS (%)	39,23±0,43	36,09±0,43	*
Sal	1,23±0,21	0,82±0,21	NS
pH	6,45±0,05	6,49±0,05	NS

* $p < 0,05$; NS: no significativo. RQ: rendimiento quesero (litro de leche necesario para elaborar un kg de queso), EQ: extracto quesero, MS: materia seca.

Solamente en los quesos elaborados en el experimento 2 (tabla 11) se encontraron diferencias significativas en el porcentaje en grasa, extracto quesero y materia seca del queso, siendo menores en los quesos elaborados con una temperatura de cuajado de 34 °C. En los quesos elaborados a esta temperatura (34 °C), el porcentaje de grasa fue inferior en todos los casos. No se ha encontrado referencias bibliográficas para explicar este efecto, ya que las temperaturas que causan efectos en la composición son superiores a las del presente estudio.

Cuando se compara el contenido en grasa de estos quesos con el porcentaje de grasa de la leche empleada como materia prima se observa, aunque la diferencia no resultó significativa, que la leche que se usó para la elaboración de los quesos con una temperatura de cuajado de 34 °C presentaba un menor porcentaje de grasa respecto a las de las otras fabricaciones lo que podría ser uno de los motivos de estos resultados.

En cuanto al rendimiento quesero (RQ), aunque las diferencias no resulten significativas, en el caso de la elaboración con 34°C el rendimiento es menor, por lo tanto se confirma que los factores que afectan sobre el rendimiento quesero pueden separarse en dos grupos: las características de la leche y las condiciones de fabricación (El-Gawad y Ahmed, 2011) y que las principales características de la leche que influyen sobre el rendimiento quesero son los contenidos de grasa y caseína (Guo et al., 2003).

El análisis de varianza de la composición del lactosuero ha sido realizado para ver qué cantidad de los componentes de la leche se pierde en el suero y así identificar algún parámetro significativo en relación con la temperatura de cuajado.

En las tablas 12 y 13, se presentan las medias de cuadrados mínimos de los componentes del lactosuero para cada temperatura de cuajado del experimento 1 y 2, respectivamente, y su nivel de significación. Como se puede observar en ambas tablas los componentes del lactosuero no presentaron diferencias significativas en ninguno de los dos experimentos, por lo tanto, la temperatura de cuajado no parece tener efectos relevantes sobre estos parámetros. Sin embargo el contenido en grasa del lactosuero es superior en las fabricaciones realizadas a mayor temperatura (34°C

aunque las diferencias no resultaron significativas lo que debería estudiarse con mas detalle.

Tabla 12. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del lactosuero para cada temperatura de cuajado en el experimento 1

Variable suero	Tª de cuajado		Nivel Significación
	30°C	32°C	
Grasa (%)	0,31±0,03	0,44±0,03	NS
Proteína (%)	1,05±0,03	1,06±0,03	NS
Lactosa (%)	4,87±0,11	4,86±0,11	NS
ESM (%)	6,83±0,15	6,79±0,15	NS
MS (%)	7,14±0,12	7,23±0,12	NS
pH	6,56±0,05	6,40±0,07	NS

NS: No significativo, ESM: extracto seco magro, MS: materia seca

Tabla 13. Medias estimadas por mínimos cuadrados de los componentes del suero para cada temperatura de cuajado en el experimento 2

Variable suero	Tª de cuajado		Nivel Significación
	32°C	34°C	
Grasa (%)	0,55±0,11	0,57±0,11	NS
Proteína (%)	1,15±0,03	1,14±0,03	NS
Lactosa (%)	4,82±0,08	4,69±0,08	NS
ESM (%)	6,96±0,11	6,85±0,11	NS
MS (%)	7,51±0,10	7,42±0,10	NS
pH	6,51±0,05	6,47±0,05	NS

NS: No significativo; EQ: extracto quesero, ESM: extracto seco magro, MS: materia seca

3. ANALISIS SENSORIAL

En las tablas 14 y 15 se muestran los resultados obtenidos por el procedimiento PROCFREC, donde nos indica el número de catadores que han preferido un queso u otro (Preferencia) y su nivel de significación

Tabla 14. Resultados análisis estadístico del análisis sensorial del experimento 1 y nivel de significación

Semana	Día	Tª	Preferencia	Nivel significación
1	1	32	10	***
	2	30	50	
2	1	30	11	***
	2	32	49	
3	1	32	14	***
	2	30	46	
4	1	30	25	NS
	2	32	35	
Total	1 y 2	30	132	NS
	1 y 2	32	108	
Total	1	30 y 32	60	***
	2	30 y 32	180	

***p<0,001; NS: no significativo

De ambas tablas se puede deducir que hubo una tendencia clara a elegir el queso con menos tiempo de elaboración a los que se les atribuía más sabor, mientras que al queso con más días de elaboración se le atribuía una menor cantidad de sal. Además del sabor, se les atribuyó mejor textura. En cuanto a sabor y textura se podría decir que conforme pasan los días, el queso sufre una pérdida de sabor y endurecimiento de textura.

Tabla 15. Resultados análisis estadístico del análisis sensorial del experimento 2 y nivel de significación

Semana	Día	Tª	Preferencia	Nivel significación
5	1	32	13	***
	2	34	47	
6	1	34	11	***
	2	32	49	
7	1	32	16	***
	2	34	44	
8	1	34	35	NS
	2	32	25	
Total	1 y 2	32	103	*
	1 y 2	34	137	
Total	1	32 y 34	75	***
	2	32 y 34	165	

*** $p < 0,001$; * $p < 0,05$; NS: no significativo

En cuanto a la sal, comparando con los análisis individuales de la composición del queso, se ha visto que ciertos quesos al azar presentaban un porcentaje de sal menor, y la única explicación que se le atribuye a este fenómeno, es que la agitación del grano no se realizará del todo correctamente, ya que se observó que en los rincones de la cuba quedaban restos de sal acumulada no pudiéndose atribuir este fenómeno a la composición de la leche ni del queso.

En la tabla 15 se observa diferencias significativas ($p < 0,05$) en el caso de la temperatura de cuajado de 34, donde parece que hubo una tendencia a elegir el queso elaborado a 34°C.

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el estudio del efecto de la temperatura de cuajado de la leche sobre el rendimiento quesero, la composición química y la valorización sensorial de quesos frescos de cabra, se pueden extraer las conclusiones que se detallan a continuación.

-La temperatura de cuajado no afecta directamente al rendimiento, ni tampoco a la composición del queso.

-Las diferencias significativas que se encuentran en la composición del queso se pueden deber fundamentalmente a la composición de la materia prima y/o otros factores relacionados con el proceso de elaboración no objetos de estudio.

- Existe una preferencia clara de los consumidores por el queso con menos días de elaboración,

-El rendimiento quesero solo se ha visto afectado por la cantidad de grasa presente en la materia prima y no por las temperaturas de cuajado ensayadas.

Como conclusión final, y a modo de respuesta al preocupación manifestada por la SAT Quesos La Sabina por el rendimiento quesero y la influencia que podía tener la temperatura en el mismo, se puede decir que la temperatura en el rango 30-34°C no afecta significativamente al rendimiento ni a las características químicas y sensoriales del queso, por ello se recomienda seguir manteniendo la temperatura de 32°C con la que se realiza el proceso de elaboración del queso fresco de cabra habitualmente. Los puntos más importantes se deben centrar en la calidad de la materia prima en especial a la cantidad de grasa, así como a la comercialización del queso lo más fresco posible.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ALAIS, C. 1985. "Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera". Cuarta edición. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España.
- BANKS, J.M., D.D. MUIR, TAMIME, A.Y. 1984. "Equations for estimation of the efficiency of Cheddar cheese production". Dairy Industries International, 49: 14-17.
- BELTRÁN, M.C., BORRÀS, M., NAGEL, O., ALTHAUS, R.L., MOLINA M.P. 2014. "Validation of receptor-binding assays to detect antibiotics in goat's milk". Journal of Food Protection, 96: 2737-2745.
- BHOSALE, S., KAHATE, P.A., THAKARE, V.M., GUBBAWAR, S.G. 2009. "Effect of lactation on physicochemical properties of local goat milk (India)". Veterinary World, 2: 17-19
- BOURNE, M.C. 2002. "Food texture and viscosity: concept and measurement". Ed. Academic Press. San Diego California, EE.UU.
- BUFFA, M.N., GUAMIS, B., SALDO J., TRUJILLO, A.J. 2004. "Changes in organic acids during ripening of cheese made from raw, pasteurized or high-pressure treated goat's milk". Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie. Food Science and Technology, 37: 247-253.
- DECRETO 91/1998, de 16 de junio, del Gobierno Valenciano, donde se aprueba el Reglamento de la Marca de Calidad CV para productos agrarios y agroalimentarios. DOGV núm.3273 de 26-06-1998.
- EL-GAWAD, M.A.M., AHMED, N.S. 2011 "Cheese yield as affected by some parameters Review". Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 10: 131-153.
- EMMONS, D.B., MODLER, H.W. 2010. "A comentary on predictive cheese yield formulas". Journal of Dairy Science. 93: 5517-5537.
- FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.2016. <http://faostat3.fao.org>. Fecha de consulta: Agosto 2016.
- FOX, P.F, MCSWEENEY, P.L.H. 1996. "Proteolysis in cheese during ripening. Food Reviews International, 12: 457-509.
- GARCÍA, V., ROVIRA, S., TERUEL, R., BOUTOIAL, K., RODRÍGUEZ, J., ROA, I., LÓPEZ, M.B. 2012. "Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on

physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese".
Journal Dairy Science and Technology, 92: 691-707

GARCÍA-ISLAS, B. 2006. "Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo con el fin de proponer normas de calidad". Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, HGo. México. 98 pp.

GILLES, J., LAWRENCE, R.C. 1985. "The yield of cheese". New Zealand Journal of Dairy Science and Technology, 20:205-214.

GRAPPIN, R. y BEUVIER, E. 1997. "Possible implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese". International Dairy Journal, 7: 751-761.

GUO, L., VAN HEKKEN, D.L., TOMASULA, P.M., TUNICK, M.H., HUO, G. 2012. "Effect of salt on microbiology and proteolysis of Queso Fresco cheese during storage". Milchwissenschaft, 67: 74-77.

GUO, M., PARK, Y., DIXON, P., GILMORE, J., KINDSTEDT, P. 2003. "Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk". Small Ruminant Research, 52:103-107

JOHNSON, M., LAW, B.A. 2011. "The fundamental of cheese technology". En: Technology of cheesemaking.. Ed. Law B.A y Tamime A.Y. Wiley Blackwell, Reino Unido.

LUCEY, J., KELLY, J. 1994. "Cheese yield". Journal of the Society of Dairy Technology, 47: 1-14

LUCEY, J.A., JOHNSON, M.E., HORNE, D.S. 2003. "Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese". Journal of Dairy Science. 86: 2725-2743.

MADRID A., MADRID V., ESTEIRE L., CENZANO I., ESTEIRE E., MADRID J. 2014. "Quesos de España". Ed. A. Madrid-Vicente.. Madrid.

MAGRAMA. 2016. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. Clasificación de los quesos, en: <http://www.magrama.gob.es>. Fecha de consulta: Julio del 2016.

MAHAUT, M., JEANTET, R., BRULÉ, G. 2003. "Introducción a la tecnología quesera". Ed. Acribia, S.A. Zaragoza

MAHAUT, M., JEANTET, R., BRULÉ, G., Schuck, P. 2004. "Productos lácteos industriales". Ed. ACRIBIA, S.A. Zaragoza

- MARTIN-HERNÁNDEZ, M.C., JUAREZ, M., RAMOS, M. 1992. "Biochemical Characteristics of Three Types of Goat Cheese". *Journal Dairy Science and Technology* 75: 1747-1752
- MMBENGWA, V.M., SCHWALBACH, L. M., GREYLING, J. P. C., FAIR, M. D. 2000. "Milk production potential of South African Boer and Nguni goats". *South African Journal of Animal Science*, 30: 76-77.
- MULLER, H.G. 1973. "An introduction to Food Rheology". Ed. William Heineman Ltd., Heineman, Londres.
- NORMA UNE-EN ISO 5795. 2009. "Análisis sensorial. Metodología. Prueba de comparación por parejas". Fecha de consulta: Marzo 2016
- OLISZEWSKI, R.; RABASA, A. E.; FERNÁNDEZ, J. L.; POLI, M. A. 2002. "Composición química y rendimiento quesero de la leche de cabra Criolla Serrana del noroeste argentino". *Zootecnia Tropical*, 20: 179-189.
- ORTIGOSA, M., TORRE, P., IZCO, J.M. 2001. "Effect of pasteurization of ewe's milk and use of a native starter cultura on the volatile components and sensory characteristics of roncal cheese". *Journal of Dairy Science*. 8: 1320-1330.
- PARK Y. W., JUÁREZ M., RAMOS M., HAENLEIN G. F. W. 2007. "Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk". *Small Ruminant Research*, 68: 88-113.
- PINHO, O., MENDES, E., ALVES, M.M., FERREIRA, IMPLVO. 2004. "Chemical, physical, and sensorial characteristics of Terrincho ewe cheese: Changes during ripening and intravarietal comparison". *Journal of Dairy Science*.8: 1320-1330.
- RAMÍREZ-LOPEZ, C., VÉLEZ-RUIZ, J.F. 2012. "Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad". *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6: 131-148.
- RAYNAL-LJUTOVAC, K., GABORIT, P., LAURET, A. 2005. "The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products". *Small Ruminant Research*, 60: 167-177.
- RAWYA, A. A. S., AHMED, K. A. 2014. "Physicochemical characteristics of Damascus (Shami) Cyprus goats milk in different lactation periods". *International Journal of Liberal Arts and Social Sciences*, 2: 67-72.
- REAL DECRETO 1113/2006 de 29 de septiembre, por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos. *Boletín oficial del Estado* nº239: 34717 a 34720

REGLAMENTO 853/2004/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. Diario Oficial n° L 139: 55-205.

ROBINSON R.K., WILBEY R.A. 2002. "Fabricación de queso". Ed. ACRIBIA, S.A. Zaragoza

ROMERO T., BELTRÁN M. C., RODRÍGUEZ M., MARTÍ DE OLIVES A., MOLINA M. P. 2013. "Short communication: Goat colostrum quality: Litter size and lactation number effects". *Journal of Dairy Science*, 96: 7526-7531.

SANZ L., RAMOS E., DE LA TORRE G., DÍAZ J., PÉREZ L., SANZ M. R. 2009. "Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analysed by identical methodology". *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 322-329.

SALVADOR, A., MARTÍNEZ, G., ALVARADO, C., HAHN, M. 2006. "Composición de leche de cabras mestizas Canarias en condiciones tropicales". *Zootecnia Tropical*, 24: 307-320.

SALVADOR A., MARTÍNEZ G. 2007. "Factors that affect yield and composition of goat milk: A bibliographic Review". *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela*, 48: 61-76.

SBODIO, O.A., TERCERO, E.J., ZANNIER, M.S., REVELLI, G.R. 2010. "Tratamiento térmico de la leche: influencia de pH y CaCl_2 en la elaboración de queso Cuartirolo. *Información Tecnológica*, 21: 107-116.

SCHOLZ, W. 1995. *Elaboración de quesos de oveja y de cabra*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 145 pp.

SHOEMAKER, C.F., LEWIS, J.I., TAMURA, M.S. 1987. "Instrumentation for rheological measurements of food". *Food Technology*. 41: 80-84

SORYAL, K., BEYENE, F. A., ZENG, S. S., BAH, B., TESFAI, K. 2005. "Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation". *Small Ruminant Research*, 58: 275-281.

TUNICK M.H. 2000. "Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture". *Journal of Dairy Science*. 83: 1892-1898.

TUNICK, M.H., VAN HEKKEN, D.L. 2010, "Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk". *Journal of Food Quality*, 33: 204-215.

VAN HEKKEN, D.L., FARKYE, N. 2003. Hispanic Cheeses: The quest for Queso. Food Technology. 57:32-38.

WALSTRA, P. 1990." On the stability of casein micelles".Journal of Dairy Science. 73: 1965-1979.

WATKINSON, P., COKER, C., CRAWFORD, R., DODDS, C., JONHSTON, K., MCKENNA, A., WHITE, N. 2001. "Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis".International DairyJournal. 11: 455-464.