

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIA ANIMAL

MÁSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL



**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HOJA DE LIMÓN Y PAJA DE ARROZ EN  
LA DIETA DE CABRAS LECHERAS SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE Y  
LAS CARACTERÍSTICAS DEL QUESO TRONCHÓN**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**AUTORA:**

Nancy Frinee Huanca Marca

**DIRECTORA ACADÉMICA:**

Dra. M<sup>a</sup> Pilar Molina Pons

**DIRECTORA EXPERIMENTAL:**

Dra. M<sup>a</sup> Carmen Beltrán Martínez

**Valencia, Septiembre 2018**

Financiado por el Proyecto "Trazabilidad de la presencia de antibióticos en leche, queso y lactosuero de cabra" (AGL2013-45147-R) del Ministerio de Economía y Competitividad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) del estado Peruano por el soporte económico durante mi periodo de estudios en Valencia.

Agradezco a la Dra. M<sup>a</sup> Pilar Molina Pons, Dra. M<sup>a</sup> Carmen Beltrán Martínez y Paloma Quintanilla por permitirme trabajar en su equipo, por su enseñanza y su apoyo incondicional en la redacción de este documento.

Agradezco a toda mi familia y amigos su apoyo incondicional. A Joaquín por su comprensión y apoyo.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio ha sido conocer el efecto de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de cabras lecheras sobre la calidad de la leche y las características del queso Tronchón. Para ello se emplearon 2 grupos de cabras de raza Murciano Granadina de 13 animales cada uno que fueron alimentadas con una dieta tipo (dieta Control) y otra suplementada con dichos residuos agrícolas (dieta Limón). Se utilizó un diseño cruzado con dos periodos experimentales de 7 días de duración, precedidos por un periodo de adaptación al alimento de una semana, en los que se realizaron cuatro fabricaciones de queso Tronchón cuyas características fueron evaluadas al finalizar el proceso de maduración. La leche procedente de las cabras alimentadas con la dieta Limón presentó un mayor contenido en materia grasa ( $5,86 \pm 0,09\%$  vs  $4,56 \pm 0,09\%$ ) y extracto seco ( $15,81 \pm 0,14\%$  vs  $13,87 \pm 0,14\%$ ) que la leche del grupo Control, así como un menor contenido en ácidos grasos de cadena corta ( $5,26 \pm 0,08\%$  vs  $5,66 \pm 0,08\%$ ). Los quesos obtenidos a partir de esta leche, también contenían mayores porcentajes de materia grasa ( $37,06 \pm 0,03\%$  vs  $32,52 \pm 0,03\%$ ) y extracto seco ( $64,35 \pm 0,06\%$  vs  $62,69 \pm 0,06\%$ ) que los del grupo control y un menor contenido en proteína ( $22,56 \pm 0,07\%$  vs  $25,42 \pm 0,07\%$ ) aunque no se observaron diferencias en cuanto al rendimiento quesero. Respecto al perfil lipídico de los quesos, se observó un menor contenido en ácidos grasos de cadena media en los quesos del grupo Limón ( $43,84 \pm 2,14\%$  vs  $50,88 \pm 2,14\%$ ) y una menor concentración de ácidos grasos libres ( $2,8 \pm 0,71$  meq/100g grasa vs  $5,22 \pm 0,71$  meq/100g grasa) lo que sugiere una menor actividad lipolítica en los quesos durante la maduración. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la valoración de las características organolépticas de los quesos. Los resultados indican que la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la dieta del ganado caprino lechero podría resultar beneficiosa ya que no presenta ningún efecto negativo sobre la calidad de la leche y del queso, contribuyendo a reducir el coste de la dieta y a optimizar la gestión de los subproductos agrícolas.

**Palabra clave:** hoja de limón, paja de arroz, leche cabra, queso curado

## SUMMARY

The objective of this study was to know the effect of the inclusion of lemon leaf and rice straw in the feeding of dairy goats on the quality of milk and the characteristics of Tronchón cheese. For this, 2 groups of goats of the Murcian Grenadine breed of 13 animals each were used, each of which was fed a type diet (Control diet) and another supplemented with said agricultural residues (Lemon diet). A cross design was used with two experimental periods of 7 days, preceded by a period of adaptation to the food of a week, in which four fabrications of Tronchón cheese were made whose characteristics were evaluated at the end of the maturation process. Milk from goats fed the lemon diet had a higher content of fat ( $5,86\pm 0,09\%$  vs  $4,56\pm 0,09\%$ ) and dry extract ( $15,81\pm 0,14\%$  vs  $13,87\pm 0,14\%$ ) than milk from the control group, as well as a lower content of short chain fatty acids ( $5,26\pm 0,08\%$  vs  $5,66\pm 0,08\%$ ). The cheeses obtained from this milk, also contained higher percentages of fat ( $37,06\pm 0,03\%$  vs  $32,52\pm 0,03\%$ ) and dry extract ( $64,35\pm 0,06\%$  vs  $62,69\pm 0,06\%$ ) than those of the control group, and lower percentages of protein ( $22,56\pm 0,07\%$  vs  $25,42\pm 0,07\%$ ) although no differences were observed in the cheese yield. Regarding to the lipid profile of the cheeses, a lower content of medium chain fatty acids was observed in the Lemon group of cheeses ( $43,84\pm 2,14\%$  vs  $50,88\pm 2,14\%$ ) and a lower concentration of free fatty acids ( $2,8\pm 0,71$  meq/100g milkfat vs  $5,22\pm 0,71$  meq/100g milkfat), which suggests a lower lipolytic activity in the cheeses during ripening. However, significant differences were not detected in the evaluation of the organoleptic characteristics of the cheeses. The results indicate that the inclusion of lemon leaf and rice straw in the diet of dairy goats could be beneficial since it does not have any negative effect on the quality of milk and cheese, contributing to reduce the cost of the diet and optimize the management of agricultural by-products.

**Keywords:** lemon leaf, rice straw, goat milk, cured cheese

## RESUM

L'objectiu d'aquest estudi ha sigut conèixer l'efecte de la inclusió de fulla de llimó i palla d'arròs en l'alimentació de cabres lleteres sobre la qualitat de la llet i les característiques del formatge Tronchón. Per a açò es van emprar 2 grups de cabres de raça Murcià-Granadina de 13 animals cadascun que van ser alimentades amb una dieta tipus (dieta Control) i una altra suplementada amb aquests residus agrícoles (dieta Llimó). Es va utilitzar un disseny creuat amb dos períodes experimentals de 7 dies de durada, precedits per un període d'adaptació a l'aliment d'una setmana, en els quals es van realitzar quatre fabricacions de formatge Tronchón que les seues característiques van ser avaluades en finalitzar el procés de maduració. La llet procedent de les cabres alimentades amb la dieta Llimó va presentar un major contingut en matèria grassa ( $5,86 \pm 0,09\%$  vs  $4,56 \pm 0,09\%$ ) i extracte sec ( $15,81 \pm 0,14\%$  vs  $13,87 \pm 0,14\%$ ) que la llet del grup Control, així com un menor contingut en àcids grassos de cadena curta ( $5,26 \pm 0,08\%$  vs  $5,66 \pm 0,08\%$ ). Els formatges obtinguts a partir d'aquesta llet, també contenen majors percentatges de matèria grassa ( $37,06 \pm 0,03\%$  vs  $32,52 \pm 0,03\%$ ) i extracte sec ( $64,35 \pm 0,06\%$  vs  $62,69 \pm 0,06\%$ ) que els del grup control, i un menor contingut en proteïna ( $22,56 \pm 0,07\%$  vs  $25,42 \pm 0,07\%$ ) encara que no es van observar diferències quant al rendiment formatger. Respecte al perfil lipídic dels formatges, es va observar un menor contingut en àcids grassos de cadena mitjana en els formatges del grup Llimó ( $43,84 \pm 2,14\%$  vs  $50,88 \pm 2,14\%$ ) i una menor concentració d'àcids grassos lliures ( $2,8 \pm 0,71$  meq/100g grassa vs  $5,22 \pm 0,71$  meq/100g grassa) el que suggereix una menor activitat lipolítica en els formatges durant la maduració. No obstant açò, no es van trobar diferències significatives en l'avaluació de les característiques organolèptiques dels formatges. Els resultats indiquen que la inclusió de fulla de llimó i palla d'arròs en la dieta del bestiar caprí lleter podria resultar beneficiosa ja que no té cap efecte negatiu sobre la qualitat de la llet i del formatge, contribuint a reduir el cost de la dieta i a optimitzar la gestió dels subproductes agrícoles.

Paraula clau: fulla de llimó, palla d'arròs, llet cabra, formatge madurat

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUM</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>5</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
2.1. Diseño experimental .....	10
2.2. Selección de los animales y alimentación .....	10
2.3. Análisis de la leche .....	13
2.4. Elaboración de los quesos .....	13
2.5. Análisis de las muestras de queso .....	14
2.5.1. Control de peso.....	14
2.5.2. pH .....	14
2.5.3. Composición química del queso .....	15
2.5.4. Análisis de Ácidos Grasos .....	15
2.5.5. Lipólisis .....	16
2.5.6. Análisis sensorial .....	17
2.6. Análisis estadístico.....	17
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>18</b>
3.1. Efecto de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la dieta de las cabras sobre la calidad de la leche.....	18
3.2. Efecto de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de las cabras sobre la composición del queso Tronchón.....	20
3.3. Efecto sobre el nivel de lipólisis del queso .....	25
3.4. Análisis sensorial del queso de cabra .....	25
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
<b>VI. ANEXO</b> .....	<b>30</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las raciones.....	12
Tabla 2. Efecto de la alimentación de los animales y la fabricación sobre la calidad de la leche de cabra.....	18
Tabla 3. Perfil de ácidos grasos (%) de la grasa de la leche de cabras alimentadas con dieta control (Control) y hoja de limón y paja de arroz (Limón). .....	21
Tabla 4. Efecto de la alimentación de los animales y la fabricación sobre el pH y la composición de los quesos elaborados con leche de cabra.....	22
Tabla 5. Perfil de ácidos grasos de la grasa de los quesos de cabras alimentadas con la dieta control y con hoja de limón más paja de arroz (Limón) .....	24

## Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama del diseño experimental del estudio de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de cabras lecheras .....	10
Figura 2.Efecto de la Interacción de los factores dieta y fabricación sobre las características de los quesos. ....	23
Figura 3. Efecto de la Interacción de los factores dieta y fabricación sobre la concentración de ácidos grasos libres en los quesos. ....	25
Figura 4. Evaluación sensorial de los quesos según el tipo de dieta utilizado .	26



## I. INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado cumple un papel fundamental y determinante sobre la calidad de los productos animales y en el caso de la leche se considera el factor extrínseco de mayor influencia, no sólo sobre la cantidad producida, sino también sobre la calidad de la misma (composición química y propiedades tecnológicas) y, en consecuencia, sobre las características de los productos derivados.

En la Unión Europea, la alimentación del ganado lechero representa más del 50% del coste total de producción (Morand-Fehr et al., 2007; Abbeddou et al., 2011). Por lo que y debido a la baja rentabilidad del sector de los pequeños rumiantes, es muy importante reducir el coste de su dieta (Garg et al., 2013).

Durante los últimos años, el estudio del valor nutritivo de los subproductos o residuos agroindustriales ha sido uno de los principales campos de investigación en la nutrición de rumiantes ya que estos productos pueden reemplazar a los alimentos concentrados en las dietas de los animales, sin afectar a las características del producto final (leche, queso, yogur, carne y productos cárnicos) con mejores resultados económicos (Morand-Fehr et al., 2007; Fava et al., 2013). Además, el uso de subproductos agroindustriales es de gran interés desde el punto de vista medioambiental ya que se reduce la descarga de desechos y el costo de gestión de residuos.

Entre los subproductos más empleados se encuentra el grupo de los residuos de cítricos (Bampidis y Robinson, 2006). El principal residuo generado en los cultivos de cítricos es el resultante de la poda. Anualmente, España genera 1,87 millones de toneladas de residuos de poda (en MS), de los cuales aproximadamente el 50% son hojas y el 50% madera (EFE agro, 2016). La Comunitat Valenciana es una de las más importantes áreas de producción del mundo de cítricos. Debido a la alta producción de limones en la Comunidad Valenciana, las hojas de limón son un importante residuo de poda en esta área. Adicionalmente, las hojas de limón podrían ser beneficiosas para reducir las emisiones de metano de los rumiantes debido a los aceites esenciales que contienen (Knaap et al., 2014).

Por otra parte, la producción de arroz en la Comunitat Valenciana representa el 14% de la producción nacional de este cultivo con una superficie de 15.087 ha (IVIA, 2017) y a esta alta producción se encuentra asociado un importante residuo como es la paja de arroz, que es difícil de gestionar. Uno de los tratamientos más empleados para la eliminación de este residuo ha sido la incineración o quema.

La quema de paja de arroz y restos de poda de limonero es una fuente importante de emisiones a la atmósfera en forma de monóxido de carbono, metano, óxido nitroso y óxido de azufre. La alta concentración de este tipo de emisiones puede ocasionar problemas de contaminación local, incremento del riesgo de problemas respiratorios agudos, asma o alergias en la población. Por estos motivos, la quema de paja de arroz ha sido restringida en muchos países (IVIA, 2017).

Por otra parte, la producción mundial de leche entera de cabra en el año 2016 fue de 15.262.116 toneladas (FAOSTAT, 2018). Esta producción se distribuye de manera muy variable a lo largo de todos los continentes concentrándose especialmente, en los países en vías de desarrollo. Asia y África engloban cerca del 80% de la producción mundial, siendo menor en otras áreas como América y Oceanía. En Europa, se localiza el 12% (1.856.985 toneladas) de la producción de leche de cabra, especialmente en Francia (32%), España (22%) y Grecia (20%). En España, la producción de leche de cabra ascendió a 410.977 toneladas siendo Andalucía la región con la mayor producción (44%), seguida de Canarias (19%), Castilla la Mancha (13%) y Castilla y León (7%).

La leche de cabra se destina principalmente a su transformación en productos derivados, especialmente queso. La producción mundial de queso de cabra fue de 523.040 toneladas en el año 2014. En Europa se produce el 33% de la producción mundial de queso de cabra siendo Francia, Grecia y España los países más importantes, agrupando el 88% del total de la producción europea (FAOSTAT, 2018). En España, la producción de queso de cabra en 2014 ascendió a 33.625 toneladas. Los quesos elaborados con esta leche son de diferentes tipos (frescos y curados, de coagulación láctica y enzimática, etc.) y muchos de ellos, con Denominación de Origen Protegida (DOP).

Entre los quesos de la Comunitat Valenciana uno de los más conocidos es el queso Tronchón. Este queso se elabora fundamentalmente en la zona del Maestrazgo, que forma parte de tres Comunidades Autónomas (Aragón, Cataluña y la Comunidad Valenciana) en concreto, en las provincias de Teruel, Tarragona y Castellón. El queso Tronchón se elabora con leche de cabra y/o de oveja, sales de calcio, fermentos lácticos (en el caso de queso madurado) y cuajo. Es un queso cilíndrico, de caras cóncavas, con corteza semidura, cerrada y su color oscila desde blanco marfil hasta un marrón claro. Es un queso muy aromático, con un sabor intenso, muy graso y mantecoso, de gusto a la leche de oveja y cabra.

El perfil de sabor es un aspecto importante para la comercialización del queso ya que es una verdadera huella digital de un queso y directamente responsable de la aceptación de los consumidores (Fresno y Álvarez, 2012; Niimi et al., 2016). Durante la maduración tienen lugar reacciones degradativas como la proteólisis y la lipólisis entre las más importantes, que son responsables de los cambios de textura y de la aparición del aroma característico de los quesos. Por lo tanto, es obvio que el sabor de un queso no solo depende del tipo de dieta de los animales sino también del tipo de maduración del queso, entre otros factores.

La información referente al queso Tronchón y a la influencia de la calidad de la leche empleada en su elaboración sobre sus características fisicoquímicas y sensoriales es muy limitada. Por ello es de interés realizar estudios sobre los diferentes factores de variación que pueden afectar a la calidad de la leche, en especial los factores nutricionales, para optimizar la producción y calidad de la leche sin que esto afecte a la calidad de los productos derivados.

Por ello, el objetivo de este estudio ha sido evaluar el efecto de la presencia de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de cabras lecheras sobre la composición química de la leche y las características del queso Tronchón.

Con este trabajo se pretende aportar una mayor información sobre el uso de subproductos en ganado caprino y su influencia sobre la composición química de la leche y las características de los productos lácteos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Diseño experimental

Para el estudio se emplearon 26 cabras divididas en dos lotes homogéneos de 13 animales, uno de los lotes recibió una dieta Control y el otro una ración que contenía hoja de limón y paja de arroz (dieta Limón).

El experimento se realizó en un diseño cruzado con dos períodos experimentales de 7 días de duración, precedidos por una fase de adaptación al alimento, que también fue de 7 días. Tras un primer periodo experimental, se intercambiaron las dietas entre los lotes de animales quedando un diseño en cuadro latino 2x2, como se indica en el esquema de la Figura 1.

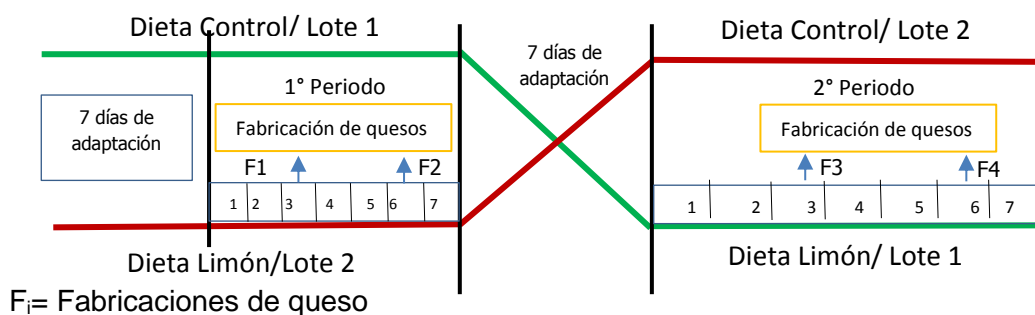


Figura 1. Diagrama del diseño experimental del estudio de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de cabras lecheras

Los animales fueron ordeñados una vez al día (8 am) y una vez iniciado el experimento, la leche ordeñada de cada lote fue almacenada de forma separada en tanques de refrigeración a 4°C durante tres días consecutivos, para realizar las elaboraciones de queso. Se realizaron 4 fabricaciones de queso curado (2 en el primer periodo experimental y 2 en segundo) cuyas características se evaluaron al final de un periodo de maduración de 60 días. También se tomaron muestras de la leche empleada en cada una de las elaboraciones de queso para su posterior caracterización.

### 2.2. Selección de los animales y alimentación

Se utilizaron cabras de raza Murciano-Granadina de la granja experimental del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV, Valencia, España).

Los animales fueron seleccionados según criterios de peso, estado de lactación, producción de leche previa y número de lactación, para obtener la

mayor homogeneidad posible. Los animales se encontraban en el tercer mes de lactación y presentaron un peso medio de  $43,9 \pm 3,2$  kg.

Las dos raciones empleadas fueron diseñadas teniendo en cuenta las necesidades nutricionales para cabras a mitad de lactación según las Normas FEDNA (2009) y utilizando el valor nutritivo de los alimentos (FEDNA, 2015). En ambas raciones se utilizó el heno de alfalfa como fuente forrajera y como concentrado, se fabricaron dos piensos compuestos en la empresa HELIOTEC S.L. (Vall d'Uixó, Castellón, España), que fueron peletizados. Los ingredientes y la composición química de las dos dietas utilizadas (Control y Limón) se presentan en la Tabla 1. La principal diferencia entre los dos piensos ensayados es la utilización de hoja de limón y paja de arroz en el pienso Limón como sustituto de la cebada en el pienso Control. Para conseguir que ambas raciones fueran isoenergéticas e isoprotéicas, se incrementó el contenido de haba caballar y guisante primavera en el pienso compuesto Limón y se adicionó aceite de soja.

Durante toda la fase experimental, las cabras fueron alimentadas diariamente con 1 kg de forraje y 1,7 kg de concentrado lo que supone una relación forraje/concentrado de aproximadamente 37/63. La mitad de la ración diaria se ofreció a las 10:00 h y la otra, a las 15:00 h. Las cabras tenían libre acceso al agua.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las raciones

Ingredientes (g/kg MS)	Forraje	Pienso compuesto	
	Alfalfa	Control	Limón
	1000		
Heno de Alfalfa		370	370
Cebada		256	32
Hojas de Limón		0	189
Paja de Arroz		0	120
Cascarilla de Soja		221	0
Guisante Primavera		63	126
Haba caballar		63	120
Melaza de Remolacha		13	13
Aceite de Soja		0	19
Carbonato cálcico		8	6
Cloruro sódico		3	2
Fosfato bicálcico		2	2
Premix 0 <sup>1</sup>		3	3
<b>Composición química (% MS)</b>			
Materia Seca		93	94
Materia Orgánica		86	83
Ceniza		7	11
Proteína bruta		18	18
Extracto etéreo		2	3
Fibra Neutro Detergente		42	35
Fibra Ácido Detergente		25	22
Lignina Ácido Detergente		3	4
CNF <sup>2</sup>		31	33
Almidón		18	12
Energía Bruta, MJ/kg MS		17	16

<sup>1</sup>Premix 0: pre-mezcla proporcionada por NACCOOP, S.A. (España); <sup>2</sup>CNF: contenido en carbohidratos no fibrosos calculados como (100 - (FND + ceniza + PB + EE)).

### 2.3. Análisis de la leche

Las muestras de leche con la que se elaboraron los quesos se analizaron en el Laboratorio Interprofesional Lechero de la Comunidad Valenciana (LICOVAL, Valencia, España) donde se determinó la composición química por espectrofotometría de infrarrojo (MilkoScan FT 6000, Foss, Hillerød, Dinamarca), el recuento de células somáticas según el método fluoro-opto electrónico (Fossomatic 5000, Foss) y el recuento de gérmenes totales con el equipo BactoScan FC (Foss).

### 2.4. Elaboración de los quesos

Los quesos se fabricaron en la Planta Piloto del Departamento de Ciencia Animal de la UPV en cuatro momentos distintos (2 en el primer periodo experimental y 2 en el segundo). En cada fabricación se elaboraron quesos a partir de la leche procedente de las cabras alimentadas con la dieta Control y quesos a partir de la leche de las cabras alimentadas con la dieta Limón. En cada elaboración se emplearon 50 kg de leche que se dejó atemperar hasta llegar a 10-14°C, temperatura a la que se adicionó el fermento láctico (MA 40001 LYO 5 DCU, Choozit Cheese Cultures, Francia) predominantemente mesófilo (*Lactococcus lactis lactis*, *L. lactis cremoris*, *L. lactis lactis diacetylactis* y *Streptococcus thermophilus*), en una proporción de 5 DCU/100 litros. El fermento se homogeneizó y se dejó reposar por 15 minutos para que el fermento se hidrate y se procedió a incrementar la temperatura hasta alcanzar 32-34°C, momento en el cual se adicionó el cloruro cálcico (Proquiga, A Coruña, España) en una proporción de 1 ml/8 litros y el cuajo animal (1:10.000, Suministros Arroyo, Santander, España) a razón de 0,6 ml/litro. Se agitó durante 1 minuto y posteriormente se dejó en reposo para que el coagulante hiciera su efecto.

Una vez coagulada la leche se determinó el punto de corte manualmente mediante una espátula y se procedió al corte de la cuajada. Los granos de cuajada se mantuvieron en agitación suave durante 1 hora y 30 minutos a 33-35°C, hasta alcanzar el tamaño, consistencia y pH adecuados ( $6,35 \pm 0,05$ ), momento en el que se procedió al moldeado de la cuajada.

Se utilizaron moldes de queso Tronchón de 800 g y el prensado de los quesos se realizó a una presión de 150 kPa durante 1,5 h. Seguidamente se

voltearon los quesos y se aplicó una presión de 200 kPa durante otra hora y media. Finalmente, se realizó el último volteo de los quesos, la retirada de los paños, y se aumentó la presión a 250 kPa durante 20 minutos.

Una vez finalizado el proceso de prensado se determinó el pH de los quesos, si no se había llegado al pH deseado (5,3) los quesos se dejaban a temperatura ambiente esperando el descenso del mismo. Una vez alcanzado dicho pH se inició el proceso de salado utilizando un baño de salmuera con una concentración de sal de 22-23° Beaumé (Bé) y 10°C de temperatura, durante 3 horas y volteando los quesos a mitad del tiempo de salado para conseguir que el proceso fuera más homogéneo. Seguidamente se colocaron los quesos en una cámara de refrigeración para realizar el oreo a 4-6° C y 70-75% de humedad relativa durante 48 horas. Finalmente se trasladaron a la cámara de maduración donde permanecieron a 10-12°C y 80-85% de humedad relativa durante un periodo de 60 días.

Tras la maduración se tomaron muestras de dos quesos diferentes dentro de cada uno de los lotes de fabricación, que se utilizaron para la posterior caracterización físico-química y se destinaron 4 piezas enteras para el análisis sensorial. Las muestras del análisis físico-químico se mantuvieron congeladas (-40°C) hasta el momento de realizar las determinaciones correspondientes.

## **2.5. Análisis de las muestras de queso**

### **2.5.1. Control de peso**

Se realizó el control de peso de los quesos a los 60 días de maduración con una balanza de precisión 1g (Gram Precisión, S. L., Barcelona, España) para calcular el rendimiento quesero expresado como kg de queso por cada 100 kg de leche empleada.

### **2.5.2. pH**

El pH se determinó con un pH-metro (modelo Basic 20. Crison, Barcelona, España) durante el proceso de elaboración y sobre el producto terminado. Para medir el pH en las muestras de queso curado se utilizó una muestra de queso rallado de 5 g homogeneizada con 30 ml de agua bidestilada en agitador magnético durante 10 minutos.



### 2.5.3. Composición química del queso

La composición química de los quesos se determinó con el equipo de infrarrojo cercano FoodScan (Foss, Hillerød, Dinamarca) que había sido calibrado previamente. Para este análisis, se empleó una porción de queso sin corteza que se trituró en una picadora de uso doméstico (Moulinex, Madrid, España) y se distribuyó de manera homogénea en una placa Petri tratando de obtener una superficie totalmente lisa.

### 2.5.4. Análisis de Ácidos Grasos

El análisis cuantitativo de los ácidos grasos totales (AGT) de la leche y del queso curado se realizó según la metodología descrita por Nudda et al. (2005). Las muestras se descongelaron aproximadamente 14 horas antes de su uso.

Se pesó 1 gramo de muestra en un tubo Pyrex, se agregaron 0,4 ml de amoníaco al 25%, 1 ml de alcohol etílico al 96% y 5 ml de hexano. Se agitó durante 3 minutos en vortex y se centrifugó durante 3 minutos a 3000 r.p.m. Se recuperó el sobrenadante en un matraz de destilación previamente tarado y rotulado. Luego se adicionaron al tubo 1 ml de alcohol etílico 96% y 5 ml de hexano para realizar una segunda extracción de grasa, recuperando nuevamente el sobrenadante en el matraz de destilación. Finalmente, se realizó una tercera extracción, agregando 5 ml de hexano y aplicando el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Una vez finalizadas las tres extracciones, se coloca el matraz de destilación con el extracto etéreo en el rotavapor (RV 10 D S99, IKA®, Staufen, Alemania) a 40°C durante 20-30 minutos, con el fin de evaporar el disolvente y obtener la grasa de la muestra. De igual forma se pasó un flujo de nitrógeno por el matraz para eliminar lo que pudiera quedar de disolvente. Se pesó nuevamente el matraz de destilación para conocer la cantidad de grasa extraída.

El análisis cromatográfico se inició con la metilación de los ácidos grasos también llamada derivatización. El método utilizado es el que corresponde a la Norma ISO 15884:2002/IDF 182:2002 modificado. Para ello se pesaron 25 mg de grasa de la muestra de leche o queso en un tubo Pyrex. Se añadieron 0,1 ml de KOH metanólico 2N, 1 ml de hexano y el patrón interno. Se agitó durante un minuto en vortex y se centrifugó un minuto a 3000 r.p.m., se añadieron 0,08 g de

sulfato de sodio monohidrato, se agitó por un minuto y se centrifugó por 3 minutos a 3000 r.p.m., recuperando el sobrenadante en viales de cromatografía.

Para el análisis cromatográfico se empleó un cromatógrafo de gases (Thermo Fisher Scientific, Monza, Italia) dotado de un muestreador automático, con inyector split/splitless y un detector de ionización de llama (FID).

Los ésteres metílicos se separaron en una columna capilar SP™ 2560 (Supelco, USA) (100 m x 0,25 mm x 0,2 µm film). El gas portador fue helio a una velocidad lineal de 20 cm/seg. Las muestras fueron inyectadas con Split 1/25. La temperatura inicial fue de 70°C que se mantuvo por 4 minutos y se incrementó hasta 175°C a 13°C/min, manteniéndose durante 27 minutos. Luego, la temperatura se elevó 4°C/min hasta alcanzar 215°C y se mantuvo así durante 30 minutos.

La temperatura del detector y del inyector fue de 260°C. Los ácidos grasos individuales fueron identificados por comparación con sus tiempos de retención y con los valores publicados previamente señalados por Kramer et al. (1997). Los ácidos grasos se cuantificaron mediante el uso de C13:0 como patrón interno (47885-U, Sigma Aldrich, Madrid, España).

#### 2.5.5. Lipólisis

El índice de lipólisis se examinó siguiendo la metodología descrita por Nuñez et al. (1986). Para ello se pesaron 10 g de queso previamente rallado más 6 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro en un frasco de 100 ml. Se añadieron 60 ml de éter de petróleo (40-65°C) y se mantuvo la mezcla en agitación durante dos horas para la extracción de los ácidos grasos libres. Después se filtró la muestra durante 5 minutos aproximadamente, en un matraz de destilación previamente tarado. El matraz de destilación se puso en el rotavapor (RV 10 D S99, IKA®), donde se destiló el éter a 40°C durante 20-30 min. Se dejó en campana de extracción de gases por 30 min para asegurar la completa evaporación del disolvente. Finalmente se volvió a pesar y por diferencia de pesada se obtuvieron los gramos de grasa total.

El índice de lipólisis se determinó por valoración del índice de acidez del extracto lipídico con una disolución etanólica de KOH 0,1 M hasta completo viraje de la fenolftaleína utilizada como indicador. Los análisis se realizaron por

duplicado. La concentración de ácidos grasos libres (AGL) se expresa como meq/100 g de grasa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{meq/100g de grasa} = \frac{\text{KOH(mL)} \times 0,1}{\text{grasa total(g)}} \times 100$$

#### 2.5.6. Análisis sensorial

La evaluación sensorial de las muestras de queso fue realizada en la sala de catas del Departamento de Ciencia Animal de la UPV por un panel de 12 catadores expertos formado por 6 hombres y 6 mujeres de diferentes edades.

Los atributos sensoriales (color, olor, textura y sabor) se evaluaron usando una escala lineal no estructurada (Norma UNE-EN-ISO 4121:2006) de 10 cm de longitud. En el Anexo 1 se presenta el cuestionario utilizado por los jueces. También se realizó una prueba triangular (Norma UNE-EN-ISO 4120:2004) con objeto de detectar diferencias perceptibles por los consumidores. El cuestionario utilizado se presenta en el Anexo 2.

### 2.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.II (StatPoint Technologies, Warrenton, VA, USA).

En el caso de la leche se aplicó un ANOVA multifactorial considerando el efecto de la dieta y de la fabricación sobre la calidad de la leche empleada en las elaboraciones de queso. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + F_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:  $Y_{ij}$ = Variable dependiente;  $\mu$ = Media general;  $D_i$ = Efecto de la dieta;  $F_j$ : Efecto de la fabricación;  $\varepsilon_{ij}$ = Error residual.

En el caso de los quesos, se estudió el efecto de la dieta y de la fabricación así como de su interacción, según el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + F_j + (D_i \times F_j) + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:  $Y_{ijk}$ = Variable dependiente;  $\mu$ = Media general;  $D_i$ = Efecto de la dieta;  $F_j$ : Efecto de la fabricación;  $D_i \times F_j$ = interacción Dieta por Fabricación;  $\varepsilon_{ijk}$ = Error residual.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Efecto de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de las cabras sobre la calidad de la leche.

Las características de calidad de la leche procedente de las cabras alimentadas con las dos dietas ensayadas se exponen en la Tabla 2, donde se observa que el tipo de dieta afectó significativamente al contenido de grasa y extracto seco, que fueron más elevados en el grupo de animales alimentados con el pienso que contenía hoja de limón y paja de arroz. Sin embargo, en los otros componentes de la leche no se observaron diferencias, así como tampoco sobre los otros parámetros de calidad evaluados como son el recuento de células somáticas y el de gérmenes totales.

Tabla 2. Efecto de la alimentación de los animales y la fabricación sobre la calidad de la leche de cabra.

Parámetro	Dieta			Fabricación				
	Control	Limón	ES	1	2	3	4	ES
Grasa (%)	4,56 <sup>a</sup>	5,86 <sup>b</sup>	0,09	5,28	5,18	5,20	5,18	0,12
Proteína (%)	3,92	3,92	0,05	3,86	3,98	3,90	3,95	0,07
Lactosa (%)	4,64	4,61	0,01	4,63	4,65	4,64	4,59	0,01
ES (%)	13,87 <sup>a</sup>	15,81 <sup>b</sup>	0,14	14,51	14,64	14,5	14,51	0,19
Log RCS	6,19	6,16	0,07	6,09	6,25	6,16	6,19	0,10
Log RGT	1,82	1,61	0,10	1,40	2,01	1,56	1,91	0,14

a,b: diferentes letras en cada fila indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ); ES: Extracto seco; Log RCS: logaritmo del Recuento de Células Somáticas; Log RGT: logaritmo del Recuento de Gérmenes Totales.

Como se ha comentado, la leche procedente de las cabras alimentadas con la dieta Limón presentó mayores cantidades de grasa ( $p < 0,01$ ) que la leche del grupo control, lo que podría estar relacionado con la incorporación de aceite de soja en el pienso Limón (Tabla 1), con objeto de equilibrar el valor energético de las raciones.

Los valores de grasa obtenidos con la dieta experimental son superiores a los señalados por Fernández et al. (2018) quienes, al evaluar el efecto de la utilización de hoja de limón como sustituto de la alfalfa en caprino lechero de raza Murciano-Granadina, no encontraron diferencias significativas en el

contenido en grasa de la leche, a diferencia de lo observado en este trabajo. Por otra parte, Domínguez (2013), empleando otro subproducto cítrico como es la pulpa de naranja en la dieta de cabras Murciano-Granadinas, también observó un incremento del contenido de grasa (5.13% vs 4,66%;  $p < 0,001$ ) y extracto seco (14,06% vs 13,59%,  $p < 0,001$ ) en la leche ordeñada, no viéndose afectados el resto de componentes ( $p > 0,05$ ).

Además, de acuerdo a los resultados obtenidos, la composición y las características higiénicas de la leche de cabra utilizada en las distintas fabricaciones de queso (Tabla 2) no se vieron afectadas por el día de fabricación ( $p > 0,05$ ), presentando valores similares a lo largo de todo el experimento.

En general, los resultados se encuentran dentro de los valores habituales de esta raza caprina siendo similares a los señalados por otros autores (Beltrán et al., 2014; Rivera, 2016).

En la Tabla 3 se presenta el efecto de la dieta y del día de fabricación sobre el perfil lipídico de la leche de cabra. En ella se observa que la leche procedente de las cabras alimentadas con hoja de limón y paja de arroz presenta un menor contenido de ácidos grasos de cadena corta que la leche del grupo control ( $p < 0,05$ ) siendo ésta la única diferencia observada. Estos resultados podrían estar relacionados con la presencia de aceite de soja en el pienso ya que, un mayor contenido de grasa libre en la dieta podría reducir la digestibilidad de la ración (Palmquist y Jenkins, 1980) y afectar negativamente la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y media en la glándula mamaria (Chilliard et al., 2003).

De hecho, aunque las diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas, también se observa un menor valor medio para la concentración de ácidos grasos de cadena media (55,18% vs 59,55%) en la leche procedente de la dieta Limón.

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los obtenidos por Fernández et al. (2018) quienes también señalan un menor contenido en ácidos grasos de cadena corta ( $p < 0,01$ ) y media ( $p < 0,05$ ) en la leche de cabras alimentadas con la dieta que contiene hoja de limón como sustituto de la alfalfa. Sin embargo, Crespo (2017), no encontró diferencias estadísticamente

significativas en la composición de ácidos grasos de la leche de cabras alimentadas con una ración que incluía hojas de naranja.

En cuanto al efecto de fabricación sobre el perfil lipídico de la leche (Tabla 3), sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las concentraciones de los ácidos grasos saturados de cadena corta C4:0, C6:0 y C8:0, que fueron superiores en la leche empleada en la segunda de las cuatro fabricaciones de queso realizadas ( $p < 0,05$ ).

### **3.2. Efecto de la inclusión de hoja de limón y paja de arroz en la alimentación de las cabras sobre la composición del queso Tronchón**

En la Tabla 4 se presentan las características de los quesos de cabra curados durante 60 días. Los resultados del análisis estadístico mostraron que tanto la dieta como la fabricación tuvieron una gran influencia en la composición química de los quesos ya que afectaron significativamente a los valores de pH y al contenido en grasa, proteína y extracto seco de los quesos.

En el caso de la grasa, el porcentaje fue más elevado en los quesos procedentes de la dieta Limón ( $p < 0,01$ ) lo que por otra parte, resultaba esperable ya que la leche de esta dieta también presentaba un mayor porcentaje de grasa. Asimismo, el extracto seco presenta consecuentemente, un porcentaje también más elevado ( $p < 0,01$ ). Por el contrario, el contenido en proteína fue superior en los quesos del grupo control ( $p < 0,01$ ) mientras que en la leche empleada como materia prima no se observaron diferencias en relación a este parámetro, lo que podría explicarse por una cierta competencia entre la grasa y la proteína al constituirse el entramado tridimensional que constituye la cuajada.

Tabla 3. Efecto de la alimentación de los animales y la fabricación sobre el perfil de ácidos grasos (%) de la grasa de la leche de cabras.

Parámetro	Dieta		Fabricación					
	Control	Limón	ES	1	2	3	4	ES
C 4:0	1.10	1.03	0.03	1.02 <sup>a</sup>	1.25 <sup>b</sup>	0.94 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a</sup>	0.04
C 6:0	2.06	1.91	0.03	1.92 <sup>a</sup>	2.34 <sup>b</sup>	1.78 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	0.05
C 8:0	2.50	2.32	0.05	2.32	2.83	2.19	2.30	0.07
C 10:0	9.66	8.89	0.41	8.86	10.89	8.56	8.78	0.57
C12:0	5.10	5.02	0.77	4.61	5.77	4.92	4.93	1.10
C 14:0	9.20	8.83	0.97	8.27	10.37	8.59	8.85	1.37
C 16:0	27.45	24.72	2.39	24.09	29.55	23.68	27.03	3.38
C 18:0	5.21	5.42	0.97	4.82	6.42	5.05	4.96	1.37
C 14:1	0.14	0.14	0.02	0.12	0.16	0.14	0.15	0.03
C16:1	0.54	0.53	0.08	0.44	0.53	0.47	0.70	0.12
C 18:1 n9t	1.68	1.66	0.75	1.51	1.90	1.66	1.61	1.06
C 18:1 n9c	12.20	12.29	1.16	11.09	13.80	12.10	11.99	1.64
C 18:2 n6t	0.23	0.21	0.04	0.19	0.26	0.21	0.23	0.06
C 18:2 n6c	2.70	2.87	0.15	2.82	2.46	2.87	3.01	0.21
CLA 9c11t	0.85	0.85	0.22	0.82	0.93	0.82	0.83	0.32
CLA 9t11c	0.07	0.07	0.01	0.06	0.09	0.07	0.07	0.01
C 18:3n3	0.52	0.55	0.04	0.51	0.62	0.49	0.51	0.05
C 20:4n6	0.17	0.18	0.02	0.17	0.19	0.15	0.18	0.10
<i>Saturados</i>	63.92	59.76	3.63	57.41	71.27	57.31	61.37	5.13
<i>MUFA</i>	14.71	14.79	1.78	13.31	16.56	14.52	14.62	2.52
<i>PUFA</i>	4.87	4.95	0.47	4.83	5.52	4.58	4.71	0.66
<i>AGCC</i>	5.66 <sup>a</sup>	5.26 <sup>b</sup>	0.08	5.26 <sup>a</sup>	6.42 <sup>b</sup>	4.92 <sup>a</sup>	5.24 <sup>a</sup>	0.12
<i>AGCM</i>	59.55	55.18	4.66	53.30	65.71	53.01	57.43	6.59
<i>AGCL</i>	23.96	24.32	3.34	22.25	27.64	23.39	23.27	4.72
<i>IA</i>	1.00	1.00	0.06	0.99	0.99	1.02	1.02	0.08

a, b: diferentes letras en cada fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); MUFA: ácidos grasos monoinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; AGCC: ácidos grasos de cadena corta (C4-C8); AGCM: ácidos grasos de cadena media (C10-C16) y AGCL: ácidos grasos de cadena larga ( $> C18$ ). IA: Índice de aterogenicidad calculado como  $(C12+4 \times C14+C16) / \sum \text{AG insaturados}$ .

A pesar de estas diferencias, el rendimiento quesero calculado fue similar en ambos tipos de elaboraciones y tampoco se vio afectado por el día de fabricación.

Tabla 4. Efecto de la alimentación de los animales y la fabricación sobre el pH y la composición de los quesos elaborados con leche de cabra

Parámetro	Dieta		Fabricación					
	Control	Limón	ES	1	2	3	4	ES
Ph	5.32	5.34	0.02	5.31 <sup>ab</sup>	5.37 <sup>b</sup>	5.25 <sup>a</sup>	5.39 <sup>c</sup>	0.03
Grasa (%)	32.52 <sup>a</sup>	37.06 <sup>b</sup>	0.03	35.86 <sup>b</sup>	34.42 <sup>a</sup>	34.39 <sup>a</sup>	34.49 <sup>a</sup>	0.04
Proteína (%)	25.42 <sup>b</sup>	22.56 <sup>a</sup>	0.07	23.33 <sup>a</sup>	23.28 <sup>a</sup>	23.79 <sup>b</sup>	25.57 <sup>c</sup>	0.10
ES (%)	62.69 <sup>a</sup>	64.35 <sup>b</sup>	0.06	63.53 <sup>b</sup>	62.58 <sup>a</sup>	63.38 <sup>b</sup>	64.58 <sup>c</sup>	0.08
Sal (%)	2.17 <sup>b</sup>	2.01 <sup>a</sup>	0.02	2.08 <sup>b</sup>	2.17 <sup>d</sup>	2.13 <sup>cd</sup>	1.97 <sup>a</sup>	0.02
RQ	15,49	15,53	0,91	15,28	16,97	15,34	14,45	1,29

a, b, c, d: diferentes letras en cada fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); ES: Extracto seco; RQ: Rendimiento quesero expresado como kg queso/100 kg leche.

Por otra parte, la variabilidad encontrada en los principales componentes de los quesos entre las diferentes fabricaciones puede deberse principalmente al elevado nivel de manualidad en algunas de las partes del proceso de elaboración tradicional (cortado, batido y moldeado) del queso Tronchón ya que las leches de cabra utilizadas en las diferentes elaboraciones presentaron características similares. También fue significativa la interacción de los dos factores considerados (Dieta x Fabricación) para todos los parámetros de calidad evaluados en el queso ( $p < 0,01$ ) aunque, como puede observarse en la Figura 2, en todas las fabricaciones realizadas se observaron mayores contenidos de grasa y extracto seco en los quesos del grupo Limón y menores concentraciones de proteína. Para el caso del pH los resultados no fueron concluyentes. En general, los resultados presentados en la Tabla 4 se encuentran dentro de los valores habituales del queso Tronchón elaborado con leche de cabra, siendo similares a los señalados por otros autores en este tipo de queso (Salvador et al., 2014; Rivera et al., 2016).



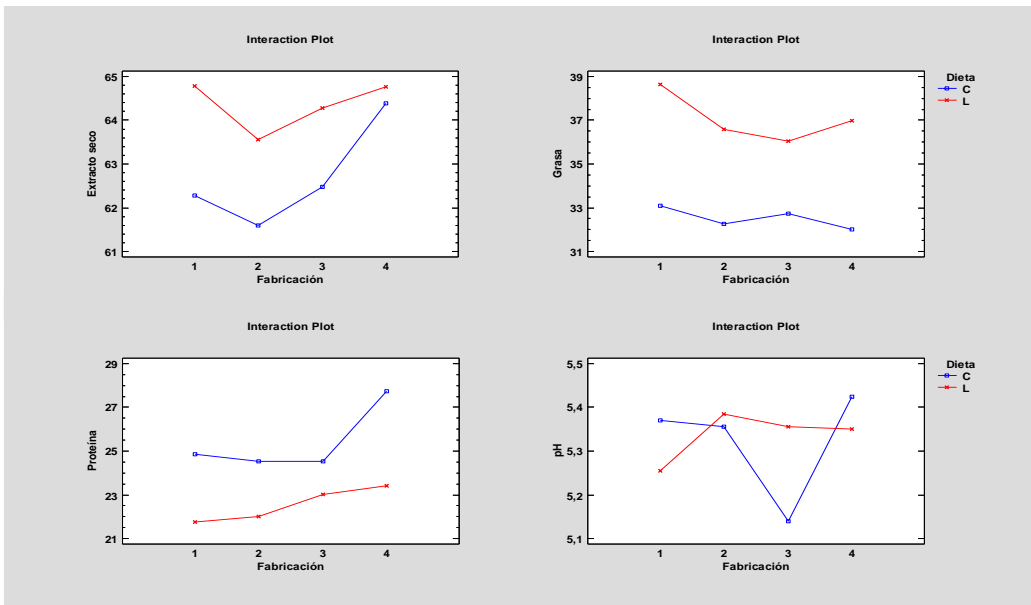


Figura 2. Efecto de la Interacción de los factores dieta y fabricación sobre las características de los quesos.

En la Tabla 5 se muestra el perfil lipídico de los quesos curados de cabra en función de los factores de variación considerados. En ella se observa que el queso procedente de la leche de las cabras alimentadas con la dieta Limón presenta un menor contenido en ácidos grasos de cadena media que el queso elaborado con la leche del grupo control, concretamente de C14:1 ( $p < 0,05$ ) y C16:1 ( $p < 0,05$ ), resultando un índice de aterogenicidad más reducido ( $p < 0,01$ ) en este tipo de quesos y por tanto, un perfil lipídico más saludable.

Por otra parte, no se observó ningún efecto de la fabricación sobre la composición de la grasa de los quesos, únicamente destacar la interacción Dieta x Fabricación que resultó significativa ( $p < 0,05$ ) para el caso del CLA 9t11c debido a que, en la primera de las cuatro elaboraciones, los quesos del grupo Limón presentaron un menor contenido de este ácido graso a diferencia de lo observado en el resto de elaboraciones.

No se han encontrado estudios que evalúen el perfil lipídico de quesos elaborados con leche de cabras alimentadas con subproductos procedentes del cultivo de los cítricos por lo no resulta posible realizar la comparación de resultados.

Tabla 5. Efecto de la alimentación de los animales y la fabricación sobre perfil de ácidos grasos de la grasa de los quesos de cabras.

Parámetro	Dieta			Fabricación				
	Control	Limón	ES	1	2	3	4	ES
C 4:0	1.09	0.96	0.08	1.10	0.78	1.06	1.16	0.11
C 6:0	1.92	1.83	0.11	1.94	1.56	1.92	2.07	0.16
C 8:0	2.26	2.22	0.13	2.26	1.96	2.30	2.46	0.18
C 10:0	8.87	8.22	0.40	8.37	7.66	8.79	9.36	0.57
C 12:0	5.08b	4.12 <sup>a</sup>	0.28	4.22	4.11	4.94	5.14	0.39
C 14:0	8.87	7.62	0.39	7.69	7.56	8.62	9.12	0.56
C15:0	0.90	0.76	0.06	0.78	0.76	0.85	0.92	0.08
C 16:0	25.39	21.50	1.06	24.34	21.07	23.35	25.02	1.49
C 18:0	4.37	5.50	0.51	4.93	4.77	5.00	5.03	0.72
C 14:1	0.17 <sup>b</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.01	0.12	0.13	0.16	0.18	0.02
C16:1	0.70 <sup>b</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.04	0.57	0.47	0.68	0.75	0.06
C 18:1n9t	1.28	2.11	0.27	1.75	1.44	1.72	1.86	0.38
C 18:1n9c	10.70	12.30	0.72	10.63	10.48	12.38	12.51	1.02
C 18:2 n6t	0.19	0.24	0.02	0.19	0.20	0.22	0.26	0.03
C 18:2 n6c	2.70	2.88	0.15	2.82	2.46	2.87	3.02	0.21
CLA 9c11t	0.64	0.92	0.10	0.75	0.68	0.83	0.87	0.14
CLA 9t11c	0.06	0.07	0.00	0.06	0.06	0.06	0.08	0.01
C 18:3n3	0.48	0.52	0.03	0.49	0.44	0.51	0.55	0.04
C 20:4n6	0.16	0.15	0.01	0.16	0.14	0.16	0.17	0.01
<i>Saturados</i>	59.47	53.52	2.44	56.39	50.92	57.57	61.10	3.45
<i>MUFA</i>	13.02	15.24	0.97	13.23	12.67	15.13	15.49	1.37
<i>PUFA</i>	4.24	4.78	0.29	4.47	3.98	4.65	4.94	0.41
<i>AGCC</i>	5.27	5.01	0.31	5.30	4.30	5.28	5.69	0.44
<i>AGCM</i>	50.88b	43.84 <sup>a</sup>	2.14	47.02	42.61	48.31	51.50	3.02
<i>AGCL</i>	20.59	24.69	1.74	21.78	20.67	23.75	24.34	2.47
<i>IA</i>	3.94 <sup>a</sup>	2.85 <sup>b</sup>	0.22	3.44	3.47	3.24	3.43	0.31

a, b: diferentes letras en cada fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); MUFA: ácidos grasos moniinsaturados; PUFA: ácidos grasos poliinsaturados; AGCC: ácidos grasos de cadena corta; AGCM: ácidos grasos cadena media y AGCL: ácidos grasos de cadena larga; IA: Índice de aterogenicidad calculado como  $(C12+4xC14+C16)/\Sigma AG$  insaturados.

### 3.3. Efecto sobre el nivel de lipólisis del queso

La dieta afectó significativamente en el nivel de lipólisis de los quesos ( $p < 0,001$ ) observando una menor concentración de ácidos grasos libres (AGL) en los quesos elaborados a partir de la leche de cabras alimentadas con hoja de limón y paja de arroz ( $2,8 \pm 0,71$  meq/100 g grasa vs  $5,22 \pm 0,71$  meq/100 g grasa) lo que podría llegar a afectar las características olfato-gustativas de los quesos. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la mayor concentración de ácidos grasos de cadena corta y media en los quesos del grupo control, los que serían más fácilmente hidrolizados por las bacterias durante el proceso de maduración (Dimos et al., 1996).

Los valores de AGL obtenidos en este trabajo son inferiores a los indicados por Rivera et al. (2016) en quesos Tronchón elaborados con leche de cabra ( $3,75 \pm 0,6$  meq/100 g grasa).

El factor fabricación afectó de manera significativa a la concentración de AGL en el queso, que fue menor ( $p < 0,001$ ) en la primera de las cuatro elaboraciones realizadas. La interacción entre ambos factores (Figura 3) también resultó estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ).

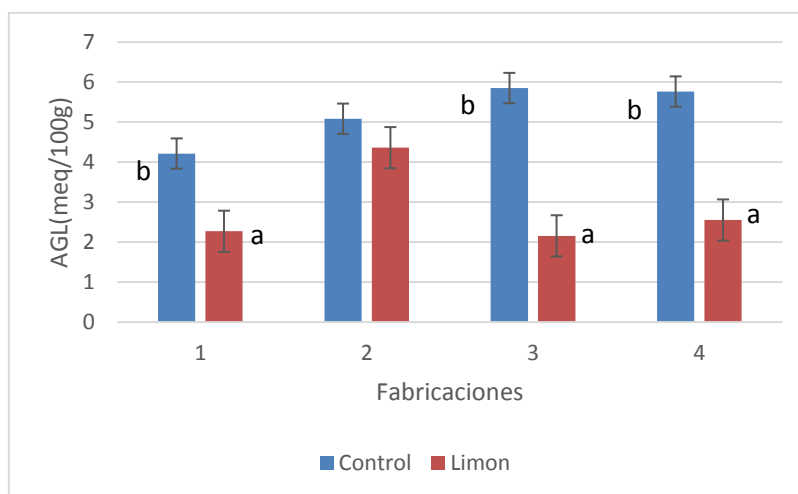


Figura 3. Efecto de la Interacción de los factores dieta y fabricación sobre la concentración de ácidos grasos libres en los quesos.

### 3.4. Análisis sensorial del queso de cabra

Los resultados de la evaluación sensorial indican que no existen diferencias significativas en las características organolépticas de los quesos relacionadas con la dieta de los animales.

Aunque en la prueba triangular realizada los dos tipos de queso se percibieron como diferentes ( $p < 0,001$ ) en dos de las cuatro fabricaciones, los resultados obtenidos en la valoración de los atributos sensoriales considerados fueron similares ( $p > 0,05$ ), tal como se observa en la Figura 4, no viéndose afectados por la dieta ni por el día de fabricación.

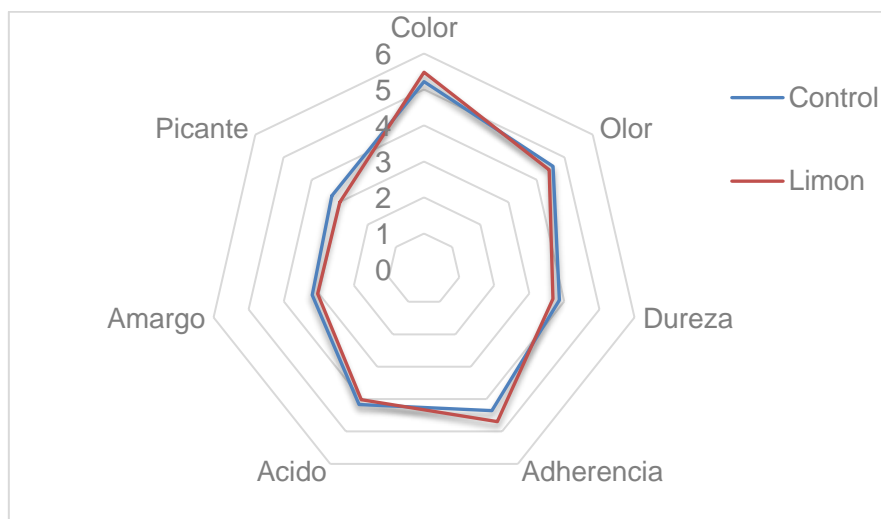


Figura 4. Evaluación sensorial de los quesos según el tipo de dieta utilizado

## VI. CONCLUSIONES

La inclusión de hoja de limón y paja de arroz, en las condiciones descritas en este trabajo, incrementa el contenido en materia grasa y extracto seco de la leche de cabra y modifica su perfil lipídico reduciendo la concentración de ácidos grasos de cadena corta, sin llegar a tener efectos sobre los rendimientos en la producción de queso.

Los quesos elaborados con la leche de las cabras alimentadas con la dieta que contiene estos subproductos presentan igualmente una mayor concentración de grasa y extracto seco, así como una menor concentración de ácidos grasos de cadena media y de ácidos grasos libres, que no llegan a modificar sustancialmente las características organolépticas de los quesos.

Por tanto, la utilización de estos residuos agrícolas podría considerarse una estrategia adecuada para reducir los costes de alimentación sin afectar negativamente la calidad de la leche y sus derivados y gestionar los residuos de subproductos agroalimentarios de una manera más sostenible.

## V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Abbeddou, S., Rischkowsky, B., Richter, E. K., Hess, H. D., Kreuzer, M. 2011. Modification of milk fatty acid composition by feeding forages and agro-industrial byproducts from dry areas to Awassi sheep. *Journal of Dairy Science*, 94: 4657-4668.
- Bampidis, V.A., Robinson, P. H.. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science & Technology*. 128: 175-217.
- 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.
- Crespo, I. 2017. Valor nutritivo de la hoja de naranja en cabras lecheras Trabajo Fin de Carrera. ETSIAMN. Universitat Politècnica de Valencia
- Coppa, M., Verdier-Metz, I., Ferlay, A., Pradel, P., Didienne, R., Farruggia, A., Montel, M. C., Martin, B. 2011. Effect of different grazing systems on upland pastures compared with hay diet on cheese sensory properties evaluated at different ripening times. *International Dairy Journal*; 21: 815-822.
- Curroto, J., 2015. Efecto de la presencia de enrofloxacin en la leche sobre la elaboración y características del queso de cabra. Trabajo Fin de Master. Universitat Politècnica de Valencia.
- Bueno, F. J. 2009. Historia, tradición y salud. En *Los quesos de la Comunidad Valenciana*. 19-34. Ed. Fundación Valenciana de Estudios Avanzados. Valencia.
- Dimos, A., Urbacha, G. E., Miller, A. J. 1996. Changes in flavour and volatiles of full-fat and reducedfat Cheddar cheeses during maturation. *International Dairy Journal*, 6: 981-995.
- Domínguez, M. 2013. Efecto de la incorporación de pulpa de naranja en la dieta de cabras lecheras sobre la producción, composición de la leche y rendimiento quesero. Trabajo Fin de Master. Universitat Politècnica de Valencia
- EFEAGRO. 2016. EFE agency for the Agrifood Sector, 28036 Madrid, Spain. Consulta abril 2018 . <http://efeagro.com/>

- FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic Division. Rome: FAO. (<http://faostat3.fao.org/>). Consulta 13 de setiembre de 2018.
- Fava, F., Zanaroli, G., Vannini, L., Guerzoni, E., Bordoni, A., Viaggi, D., Talens, C. 2013. New advances in the integrated management of food processing by-products in Europe: sustainable exploitation of fruit and cereal processing by-products with the production of new food products (NAMASTE EU). *New Biotechnology*, 30: 647-655.
- FEDNA, 2009. Normas FEDNA para la formulacion de piensos. Necesidades.
- Fernández, C., Martí, J. V., Pérez-Baena, I., Palomares, J. L., Ibáñez, C., Segarra, J. V. 2018. Effect of lemon leaves on energy and C–N balances, methane emission, and milk performance in Murciano-Granadina dairy goats. *Journal of Animal Science*, 96: 1508-1518.
- Fresno, M., Álvarez, S. 2012. Chemical, textural and sensorial changes during the ripening of Majorero goat cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 65: 393–400.
- Garg, M. R., Sherasia, P. L., Bhanderi, B. M., Phondba, B. T., Shelke, S. K., & Makkar, H. P. S. 2013. Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions. *Animal Feed Science and Technology*, 179:1-4, 24-35.
- Guiampaolo, M. 2013. Aplicación de recubrimientos a base de quitosano y aceites esenciales en queso Tronchón: efecto antifúngico y calidad sensorial. Trabajo Fin de Carrera. ETSIAMN. Universitat Politècnica de Valencia.
- IVIA. 2017. Alternativas de gestión de la paja de arroz en la Albufera de Valencia. Instituto Valenciano de Investigación Agrarias. Valencia
- Knapp, J. R., G. L.Laur, P. A., Vadas, W. P., Weiss, J. M. 2014. Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97:3231-3261.

- Martin, B., Verdier-Metz, I., Buchin, S., Hurtaud, C., Coulon, J.B. 2005. How does the nature of forages and pastures diversity influence the sensory quality of dairy livestock products. *Animal Science*, 81:205-212
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., Le Frileux, Y. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 20-34.
- Martínez, A., Madrid, J., Megías, M. D., Gallego, J. A., Rouco, A., Hernández, F. 1988. Uso de forrajes y subproductos en las explotaciones de leche de la Región de Murcia. *Archivos de Zootecnia*, 44 : 33-42
- Niimi, J., Overington, A. R., Silcock, P., Bremer, P. J., & Delahunty, C. M. (2016). Cross-modal taste and aroma interactions: Cheese flavour perception and changes in flavour character in multicomponent mixtures. *Food quality and preference*, 48, 70-80.
- Nudda A., Mcguire, M. A., Battacone, G., Pulina, G. 2005. Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *Journal of Dairy Science*, 88: 1311-1319.
- Nuñez M., Garcia-Aser C., Rodriguez-Martin M. A., Medina, M., Gaya P. 1986. The effect of ripening and cooking temperatures on proteolysis and lipolysis in Manchego cheese. *Food Chemistry*, 21: 115-123.
- Salvador, A., Igual, M., Contreras, C., Martínez-Navarrete, N., Camacho, M. 2014. Effect of the inclusion of citrus pulp in the diet of goats on cheeses characteristics. *Small Ruminant Research*, 121, 361-367.
- Rivera, N. 2016. Efecto del orujo de aceituna en la dieta de las cabras sobre la calidad de la leche y las características del queso Tronchón. Trabajo Fin de Master. Universitat Politècnica de Valencia.



**VI. ANEXO**  
**UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ANIMAL**

Laboratorio sensorial

**TEST DE CLASIFICACIÓN SOBRE LA ESCALA LÍNEAL**

Apellidos.....Nombre.....Fecha.....

Examine las dos muestras de izquierda a derecha y posicónelas sobre la escala en función de la mayor o menor intensidad percibida al evaluar los diferentes atributos propuestos. Indique el código de la muestra sobre su marca en la escala.

**1. ASPECTO INTERNO COLOR**

\_\_\_\_\_

Blanco Marfil

**2. INTENSIDAD DE OLOR**

\_\_\_\_\_

Débil Muy intenso

**3. TEXTURA(en boca):**

3.1. Dureza

\_\_\_\_\_

Poco duro Muy duro

3.2. Adherencia

\_\_\_\_\_

Poco adherente Muy adherente

**4. SABOR**

4.1. Sabor ácido

\_\_\_\_\_

Inexistente Muy intenso

4.2. Sabor amargo

\_\_\_\_\_

Inexistente Muy intenso

4.3. Sensación trigeminal picante

\_\_\_\_\_

Inexistente Muy intenso

Anexo 1. Test para la calificación de análisis sensorial





**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ANIMAL**

Laboratorio sensorial

**PRUEBA TRIANGULAR**

Nombre y Apellidos.....Fecha.....

Por favor, examine las tres muestras de cada triada y rodee en la siguiente tabla el código de la muestra que considera distinta.

Si es necesario, enjuáguese la boca con agua después de probar cada muestra.

TRIADA 1

Código	Código	Código

TRIADA 2

Código	Código	Código

Anexo 2.Prueba triangular de los quesos