



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

Universitat Politècnica de València

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

Valoració de l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón de llet de cabra

Treball de Fi de Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural

AUTORA:

Raquel Colechá Arce

DIRECTORA ACADÈMICA:

Dra. M^a Pilar Molina Pons

DIRECTORA EXPERIMENTAL:

Dra. M^a Carmen Beltrán Martínez

Curs Acadèmic: 2020-2021

VALÈNCIA, JUNY 2021

Valoració de l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón de llet de cabra

RESUM

El formatge de Tronchón és un formatge tradicional elaborat amb llet d'ovella o cabra a la zona del Maestrat (províncies de Castelló, Terol i Tarragona) que es troba dins de la marca de qualitat CV (Comunitat Valenciana). La qualitat del formatge depèn fonamentalment de la llet utilitzada com a matèria primera, així com del procés de fabricació. Per això, és important conèixer de quina manera afecten els paràmetres de qualitat de la llet a la qualitat del producte final i la seua relació amb l'eficàcia del procés d'elaboració. L'objectiu principal d'aquest estudi ha estat la caracterització del formatge de Tronchón de llet crua de cabra i la valoració de l'eficàcia del seu procés de fabricació a través del rendiment formatger i la recuperació dels principals nutrients com són el greix i la proteïna del formatge. Per a la caracterització del formatge es van emprar els resultats de 40 fabricacions de formatge de Tronchón realitzades en diferents anys a partir de llet de cabra de la raça Murciano-Granadina, en tres moments de la lactació (inici: fins al dia 80, meitat: entre els 100 i 160 dies i final: més de 160 dies). De cada fabricació es van determinar els paràmetres de qualitat de la llet (pH, composició, recompte de cèl·lules somàtiques i recompte de gèrmens totals) i del formatge (pH, composició, índex de lipòlisis, índex de proteòlisi, perfil de textura i color). També en 16 d'aquestes fabricacions es va calcular el rendiment formatger i la recuperació de greix i proteïna per poder valorar l'eficàcia del procés d'elaboració. Els resultats obtinguts indiquen que la qualitat de la llet emprada en les fabricacions de formatge de Tronchón presenta els valors habituals de la raça Murciano-Granadina i que tots els paràmetres analitzats varien significativament amb l'estat de lactació excepte el recompte de cèl·lules somàtiques. Pel que fa al formatge de Tronchón va presentar unes característiques fisicoquímiques, de duresa i color similars a la d'altres formatges de cabra espanyols amb dos mesos de maduració. En funció del contingut en matèria grassa del formatge s'ho pot classificar com un formatge "gras". L'estat de lactació només va afectar significativament al percentatge de greix, que va ser superior en els formatges fabricats a l'inici de la lactació i a la proteïna, que va ser més elevada en els formatges del final, mentre que la duresa dels formatges va ser superior en els formatges de meitat de lactació el que sembla estar relacionat amb la relació greix / proteïna de la llet. De les equacions de predicció plantejades per estimar els rendiments productius a partir dels paràmetres de qualitat de la llet, només va resultar rellevant la que relaciona el rendiment formatger amb l'extracte formatger de la llet, en presentar un moderat coeficient de determinació ($R^2 = 0,75$) que permetria estimar el rendiment formatger del formatge de Tronchón a partir d'aquest paràmetre. Aquests resultats reforcen la idoneïtat de l'actual sistema de pagament de la llet de cabra per qualitat basat en l'extracte formatger, equivalent a la suma del greix i proteïna de la llet, donada la seua relació amb l'eficàcia del procés d'elaboració del formatge.

PARAULES CLAU: llet de cabra, formatge de Tronchón, rendiment formatger.

Valoración de la eficacia del proceso de fabricación del queso de Tronchón de leche de cabra

RESUMEN

El queso de Tronchón es un queso tradicional elaborado con leche de oveja o cabra en la zona del Maestrazgo (provincias de Castellón, Teruel y Tarragona) que se encuentra dentro de la marca de calidad CV (Comunidad Valenciana). La calidad del queso depende fundamentalmente de la leche utilizada como materia prima, así como del proceso de fabricación. Por ello, es importante conocer de qué manera afectan los parámetros de calidad de la leche a la calidad del producto final y su relación con la eficacia del proceso de elaboración. El objetivo principal de este estudio ha sido la caracterización del queso de Tronchón de leche cruda de cabra y la valoración de la eficacia de su proceso de fabricación a través del rendimiento quesero y la recuperación de los principales nutrientes como son la grasa y la proteína del queso. Para la caracterización del queso se emplearon los resultados de 40 fabricaciones de queso de Tronchón realizadas en diferentes años a partir de leche de cabra de la raza Murciano-Granadina, en tres momentos de la lactación (inicio: hasta el día 80, mitad: entre los 100 y 160 días y final: más de 160 días). De cada fabricación se determinaron los parámetros de calidad de la leche (pH, composición, recuento de células somáticas y recuento de gérmenes totales) y del queso (pH, composición, índice de lipólisis, índice de proteólisis, perfil de textura y color). También en 16 de dichas fabricaciones se calculó el rendimiento quesero y la recuperación de grasa y proteína para poder valorar la eficacia del proceso de elaboración. Los resultados obtenidos indican que la calidad de la leche empleada en las fabricaciones de queso de Tronchón presenta los valores habituales de la raza Murciano-Granadina y que todos los parámetros analizados varían significativamente con el estado de lactación excepto el recuento de células somáticas. En cuanto al queso de Tronchón presentó unas características fisicoquímicas, de dureza y color similares a la de otros quesos de cabra españoles con dos meses de maduración. En función del contenido en materia grasa del queso se le puede clasificar como un queso "graso". El estado de lactación solo afectó significativamente al porcentaje de grasa, que fue superior en los quesos fabricados al inicio de la lactación y a la proteína, que fue más elevada en los quesos del final, mientras que la dureza de los quesos fue superior en los quesos de mitad de lactación lo que parece estar relacionado con la relación grasa/proteína de la leche. De las ecuaciones de predicción planteadas para estimar los rendimientos productivos a partir de los parámetros de calidad de la leche, solo resultó relevante la que relaciona el rendimiento quesero con el extracto quesero de la leche, al presentar un moderado coeficiente de determinación ($R^2=0,75$) que permitiría estimar el rendimiento quesero del queso de Tronchón a partir de este parámetro. Estos resultados refuerzan la idoneidad del actual sistema de pago de la leche de cabra por calidad basado en el extracto quesero, equivalente a la suma de la grasa y proteína de la leche, dada su relación con la eficacia del proceso de elaboración del queso.

Palabras clave: queso de Tronchón, leche de cabra, rendimiento quesero.

Evaluation of the efficiency of the manufacturing process of Tronchón goat's milk cheese

ABSTRACT

Tronchón cheese is a traditional cheese made from sheep or goat's milk in the Maestrazgo area (provinces of Castellón, Teruel and Tarragona) that is within the CV quality mark (Comunitat Valenciana). The quality of the cheese depends fundamentally on the milk used as raw material, as well as on the manufacturing process. For this reason, it is important to know how the milk quality parameters affect the quality of the final product and their relationship with the efficiency of the production process. The main objective of this study has been the characterization of the Tronchón cheese made from raw goat's milk and the evaluation of the efficiency of its manufacturing process through the cheese yield and the recovery of the main nutrients such as fat and protein in the cheese. For the characterization of the cheese, the results of 40 Tronchón cheese fabrications made in different years from goat milk of the Murciano-Granadina breed were used, at three moments of lactation (beginning: until day 80, half: between the 100 and 160 days and final: more than 160 days). For each production, the quality parameters of the milk (pH, composition, somatic cell count and total germ count) and of the cheese (pH, composition, lipolysis index, proteolysis index, texture profile and color) were determined. Also, in 16 of these productions, the cheese yield and the recovery of fat and protein were calculated to be able to assess the efficiency of the production process. The results obtained indicate that the quality of the milk used in the Tronchón cheese manufacture presents the usual values of the Murciano-Granadina goat breed and that all the parameters analyzed vary significantly with the state of lactation except the somatic cell count. As for the Tronchón cheese, it presented physicochemical characteristics, textural parameters and color similar to that of other Spanish goat cheeses with two months of maturation. Depending on the fat content of the cheese, it can be classified as a "fatty" cheese. The lactation stage only significantly affected the percentage of fat, which was higher in the cheeses made at the beginning of the lactation and protein, which was higher in the late-stage cheeses, while the hardness of the cheeses was higher in the mid-lactation cheeses, which seems to be related to the fat/protein ratio of milk. Of the prediction equations proposed to estimate the productive yields from the milk quality parameters, only the one that relates the cheese yield with the milk cheese extract was relevant, as it presented a moderate coefficient of determination ($R^2 = 0.75$) that would allow estimating the cheese yield of Tronchón cheese from this parameter. These results reinforce the suitability of the current payment system for goat's milk for quality based on cheese extract, equivalent to the sum of milk fat and protein, given its relationship with the efficiency of the cheese-making process.

Keywords: Tronchón cheese, goat's milk, cheese yield.

ÍNDIX GENERAL

I. INTRODUCCIÓ	
1. Producció de llet i formatge de cabra.....	1
2. Factors que afecten a la qualitat del formatge.....	3
2.1. Qualitat de la llet de cabra	4
2.1.1. Qualitat fisicoquímica de la llet de cabra.....	4
2.1.2. Qualitat higiènica-sanitària de la llet de cabra	6
2.2. Procés d'elaboració del formatge.....	7
3. Característiques del formatge curat de Tronchón.....	10
II. OBJECTIUS	13
III. MATERIAL I MÈTODES	13
1. Disseny experimental	13
2. Procés de fabricació del formatge de Tronchón	13
3. Anàlisi de la llet.....	16
4. Anàlisi del formatge	17
4.1. pH.....	17
4.2. Composició química del formatge	17
4.3. Índex de lipòlisis	17
4.4. Índex de Proteòlisis.....	18
4.5 Perfil de Textura	18
4.6. Coordenades de Color	19
5. Indicadors d'eficàcia	20
6. Anàlisi estadístics	20
IV. RESULTATS I DISCUSIÓ.....	21
1. Característiques de la llet de cabra	21
1.1. Paràmetres de qualitat de la llet de cabra	21
1.2. Efecte de l'estat de lactació	22
2. Característiques del formatge de Tronchón de cabra	23
2.1. Característiques fisicoquímiques.....	23
2.2. Perfil de Textura	24
2.3. Coordenades de Color	25
2.4. Efecte de l'estat de lactació sobre el formatge de Tronchón ...	25
3. Valoració de l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón.....	28
3.1. Eficàcia del procés de fabricació	28
3.2. Efecte de l'estat de lactació sobre l'eficàcia del procés de fabricació	29
3.3. Estimació de l'eficàcia del procés de fabricació a partir de les característiques de la llet de cabra	30
V. CONCLUSIONS	31
VI. BIBLIOGRAFIA	32

ÍNDIX DE FIGURAS

Figura 1. Producció de llet de cabra en el món en l'any 2019.....	1
Figura 2. Principals països europeus productors de llet de cabra en 2019 ...	2
Figura 3. Evolució de la producció de llet de cabra en Espanya de l'any 2006 al 2019	2
Figura 4. Producció de llet de cabra destinada a la transformació en Espanya en 2019.....	3
Figura 5. Procés general de l'elaboració del formatge	8
Figura 6. Formatges de la Comunitat Valenciana.	11
Figura 7. Aspecte extern i intern del formatge de Tronchón.....	11
Figura 8. Elaboració del formatge de Tronchón de llet de cabra.....	15
Figura 9. Operació de tallar la quallada mitjançant lira manual	16
Figura 10. Grandària del gra de la quallada després del tall i el batut.....	16
Figura 11. Formatges en premsa hidràulica	17
Figura 12. Cuba amb salmorra per al salat per immersió	17
Figura 13. Anàlisi de composició del formatge (NIRS FoodScan, Foss).....	18
Figura 14. Valoració de l'acidesa del greix	19
Figura 15. Texturòmetre (Stable Micro System	20
Figura 16. Espectrecolorímetre i mostres de formatge.....	21
Figura 17. Efecte de l'estat de lactació sobre el contingut en greix del formatge de Tronchón.....	27
Figura 18. Efecte de l'estat de lactació sobre el contingut en proteïna del formatge de Tronchón.....	27
Figura 19. Efecte de l'estat de lactació sobre la duresa del formatge de Tronchón	28
Figura 20. Efecte de l'estat de lactació sobre el rendiment formatger.....	28
Figura 21. Relació entre l'extracte formatger de la llet de cabra i el rendiment formatger en l'elaboració del formatge de Tronchón.....	31

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Paràmetres fisicoquímics de la llet de cabra segons diferents autors.....	4
Taula 2. Composició de la llet de cabra segons diferents autors	5
Taula 3. Paràmetres de qualitat higiènica en la llet.....	6
Taula 4. Paràmetres de l'elaboració i característiques dels formatges valencians.....	13
Taula 5. Paràmetres de qualitat de la llet crua de cabra	22
Taula 6. Evolució dels paràmetres de qualitat de la llet crua de cabra segon l'estat de lactació	23
Taula 7. Característiques fisicoquímiques del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=40).	24
Taula 8. Perfil de textura del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=32).	25
Taula 9. Coordinades de color (CIE L*, a* y b*), saturació (Croma: C*) i to (h) del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=32).	26
Taula 10. Paràmetres de qualitat de la llet i del formatge de Tronchón per l'estudi de la valoració de l'eficàcia del procés de transformació (n=16) ...	29
Taula 11. Paràmetres de la valoració de l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=16)	29

I. INTRODUCCIÓ

1. Producció de llet i formatge de cabra

La llet és un aliment de gran importància en la dieta humana pel seu nivell nutricional gràcies a la seua aportació proteica, vitamínica i mineral, entre altres nutrients.

La producció de llet total en el món de les diferents espècies en l'any 2019 va ser de 883.283.663 tones (FAOSTAT, 2021), de les quals la major part procedeix de la llet de vaca (81%), en segon lloc es troba la llet de búfala (15%), seguit de la llet de cabra (2,3%), la llet d'ovella (1,3%) i amb menor quantitat es troba la llet de camella (0,4%).

El interès per la llet de cabra ha anat creixent en els últims anys degut a les seues propietats nutritives, sent la seua producció en l'any 2019 de 19.910.374 tones i sent distribuït de forma variable a través dels continents (Figura 1). Àsia i Àfrica engloben prop del 80% de la producció mundial seguides d'Europa (15%) i Amèrica (4%) (FAOSTAT, 2021).

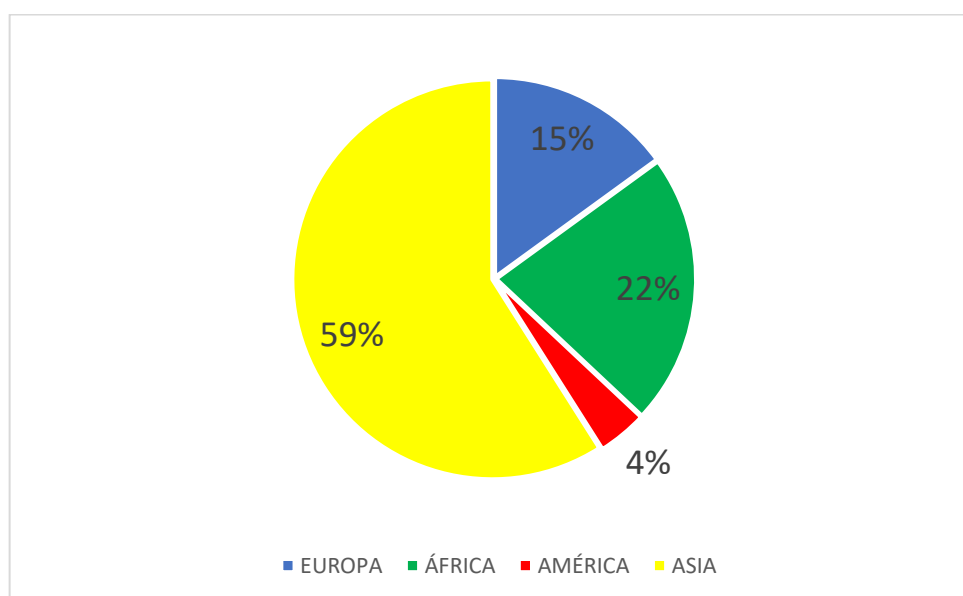


Figura 1. Producció de llet de cabra en el món en l'any 2019
Font: FAOSTAT (2021)

En Europa el país on més es produïx llet de cabra és França (656.740 tones), el segon és Espanya (535.790 tones) i el tercer els Països Baixos (386000 tones). En la Figura 2 s'observen els principals països europeus productors de llet de cabra (FAOSTAT, 2021).

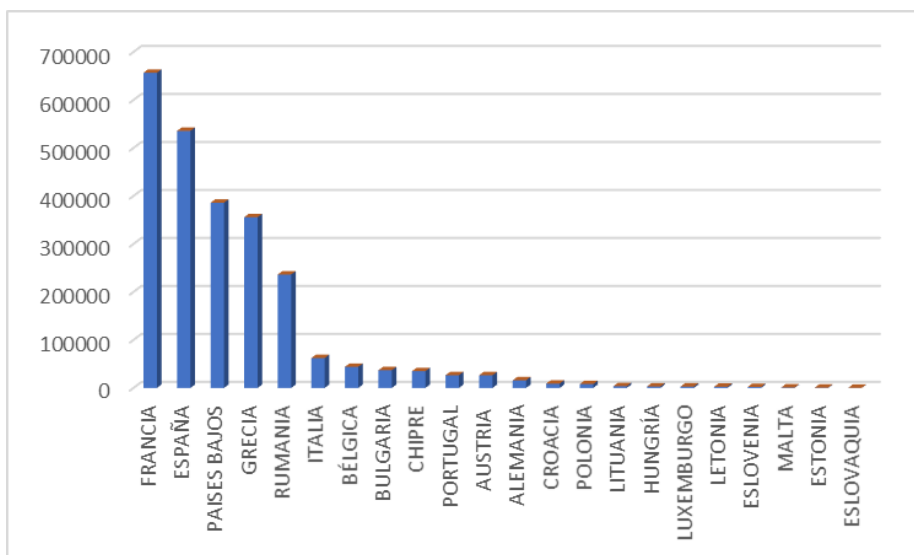


Figura 2. Principals països europeus productors de llet de cabra en l'any 2019
 Font: FAOSTAT (2021)

En la Figura 3 es representa la producció de llet de cabra en Espanya des de l'any 2006 al 2019 on es manifesta un augment de la quantitat produïda en els últims anys.

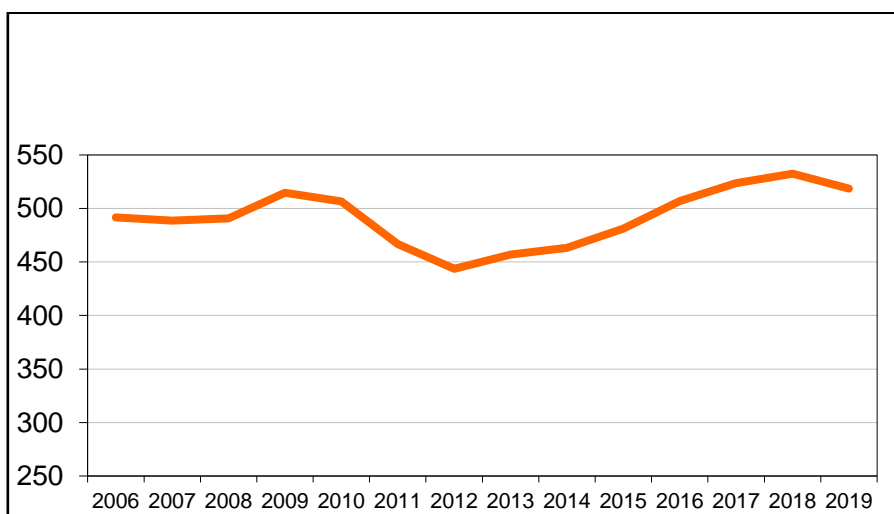


Figura 3. Evolució de la producció de llet de cabra en Espanya de l'any 2006 al 2019
 Font: MAPA (2021)

En Espanya, entre les Comunitats Autònomes (Figura 4) destaca Andalusia per ser la regió més productora de llet de cabra, seguida de Castilla-La Mancha, sent Murcia, Extremadura i Canàries també zones de importància en la producció de llet de cabra i productes derivats de la mateixa.

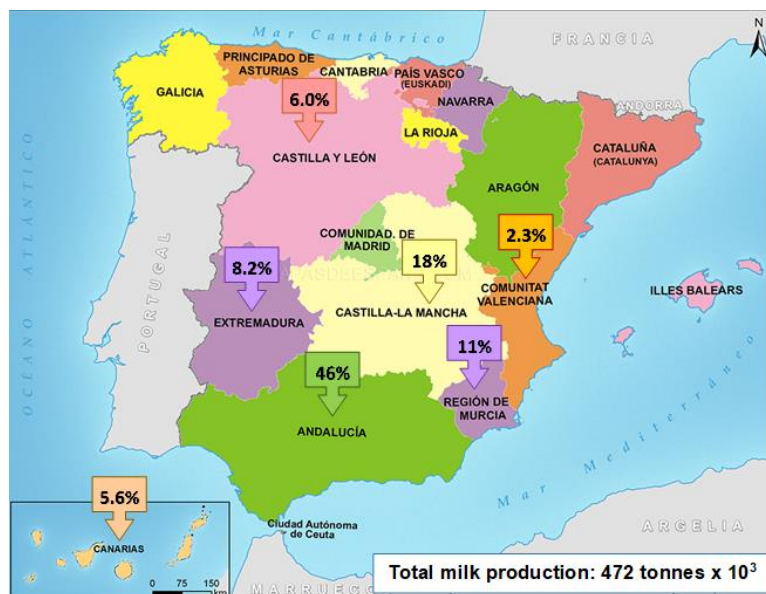


Figura 4. Producció de llet de cabra destinada a la transformació en Espanya en l'any 2019

Font: MAPA (2021)

La llet de cabra es destina al consum com a llet líquida i en gran part a la fabricació de productes derivats com el formatge. La producció de formatge de cabra del món, en 2018, va ser de 564.075 tones on Europa representa un 38% de la producció mundial amb França (47%), Espanya (22%) i Grècia (19%) com a principals països productors que representen el 84% de la producció de formatge de cabra total en el continent (FAOSTAT, 2020).

En Espanya, la llet de cabra és tradicionalment destinada a l'elaboració de formatge (aproximadament el 98%), mentre que la producció d'altres productes làctics com la llet i el iogurt és pràcticament insignificant en termes quantitius.

Entre els formatges elaborats en España alguns es troben emparats per marques de qualitat: Denominacions d'Origen Protegides (DOP), Indicacions Geogràfiques Protegides (IGP), etc. Actualment, s'elaboren 26 formatges amb Denominació d'Origen Protegida, dels quals 6 d'ells (Camerano, Múrcia, Múrcia al vi, Ibores, Majorero i Palmero) són de llet de cabra i altres 5 de llet de mescla entre la qual es troba la llet de cabra (Guia, Gamoneu, Cabrales, Liébana i Picón Bejes-Tresviso).

Respecte al consum del formatge en Espanya, el formatge de cabra (280 g/habitant/any) representa una xicoteta part del consum de formatge total (8 kg/habitant/any), incloent tots els diferents tipus de formatge (MAPA, 2021), encara que, destaca l'augment en els últims anys del consum i la producció de formatges frescs de llet de cabra o de la mescla de vaca i cabra.

2. Factors que afecten a la qualitat del formatge

El formatge és un dels principals productes derivats de la llet i com a tal, s'ha vingut utilitzant com a aliment durant segles. En l'actualitat, la

tecnologia aplicada a la fabricació de formatge és molta i molt variada, de fet hi ha catalogats en el món 1.200 formatges, però es calcula que hi ha més de 3.000 formatges diferents, fabricats amb llet de diferents espècies.

La gran varietat de formatges existents al món i les seues diferències pel que fa a la composició i valor nutritiu, poden justificar-se per dos factors principals: la qualitat de la llet i els seus factors de variació, així com les característiques dels diferents processos d'elaboració que són determinants de les propietats del producte final obtingut.

2.1. Qualitat de la llet de cabra

Per a la fabricació del formatge la matèria primera és la llet i de la qualitat d'aquesta, dependrà enormement la qualitat del formatge obtingut. Així, per a assegurar l'aptitud d'una llet per a la seva utilització en formatgeria cal atendre la seva qualitat tant fisicoquímica com higiènica-sanitària.

2.1.1. Qualitat fisicoquímica de la llet de cabra

Alguns paràmetres fisicoquímics presenten un especial interès perquè permeten establir la qualitat de la llet crua que conforma el formatge. Així, per exemple, el pH i l'acidesa valorable, expressada en percentatge d'àcid làctic, informen sobre la frescor de la llet i serveixen com a indicadors de qualitat higiènica mentre que uns altres, com la densitat i el punt crioscòpic, s'utilitzen per a detectar possibles fraus per addició d'aigua. En la Taula 1 es presenten els paràmetres fisicoquímics més importants de la llet de cabra segons diferents autors.

Taula 1. Paràmetres fisicoquímics de la llet cabra segons diferents autors

Densitat (g/l)	Punt crioscòpic (°C)	Acidesa (% àcid làctic)	pH	Referències
1,028-1,030	-	0,17	-	Costa <i>et al.</i> (2014)
1,029-1,032	0,540-0,550	0,15-0,17	6,4-6,60	Rawya y Ahmed (2014)
1,03	0,554	0,15	6,7	Romero <i>et al.</i> (2013)
1,029-1,039	0,540-0,573	0,14-0,23	6,50-6,80	Park <i>et al.</i> (2007)
-	0,56	-	6,86	Salvador <i>et al.</i> (2006)
1,028-1,039	0,540-0,573	0,14-0,23	6,4-6,86	Rang

Font: Quintanilla (2019)

D'altra banda, la composició química de la llet revesteix una gran importància ja que determina la seua qualitat nutritiva i moltes de les seues propietats. Així, l'aptitud tecnològica de la llet per a la seva transformació en

formatge depèn, en gran manera, de la seua composició, especialment del contingut en greix i proteïna.

En la Taula 2 es presenta la composició química de la llet de cabra en diferents races. Cal destacar que la llet de les races més locals (Grega, Nguni i Sarda) tenen una major concentració de greix i proteïna i com a conseqüència major matèria seca. No obstant això la llet de les races lleteres més especialitzades (Alpina, Saanen, Nubian, etc.), en general, presenten menors quantitats de greix i proteïna, principalment a causa de la diferència entre els nivells de producció.

Els valors que es presenten han de considerar-se com a orientatius, ja que els components de la llet de cabra a més de per la raça varien de manera natural al llarg de la lactació, veient-se afectats per nombrosos factors com el tipus i l'època de part, l'edat de l'animal, estat sanitari, el munyiment i l'alimentació, entre altres.

Taula 2. Composició de la llet de cabra segons diferents autors

Raça	Extracte Sec (%)	Proteïna (%)	Lactosa (%)	Greix (%)	Referències
Murciano-Granadina	14,67	3,72	4,66	5,61	Beltrán <i>et al.</i> (2014)
Alpina	9,17	6,45	5,02	3,60	Costa <i>et al.</i> (2014)
Saanen	11,61	3,55	4,85	3,15	Costa <i>et al.</i> (2014)
Damascus	11,30-12,90	3,20-3,90	2,30-4,90	3,60-4,90	Bhosale <i>et al.</i> (2009)
Granadina	13,57	3,48	4,11	5,23	Sanz Ceballos <i>et al.</i> (2009)
India	12,33-13,66	3,21-4,09	4,19-4,88	3,54-4,54	Bhosale <i>et al.</i> (2009)
Griega	14,80	3,77	4,76	5,63	Raynal-Ljutovac <i>et al.</i> (2008)
Sarda	-	3,90	-	5,10	Raynal-Ljutovac <i>et al.</i> (2008)
Canaria	13,64	4,82	-	3,87	Salvador <i>et al.</i> (2006)
Nubian	13,2-14,6	3,90-4,50	-	4,40-4,50	Soryal <i>et al.</i> (2005)
Boer	-	4,97-5,03	4,48-4,97	6,13-6,39	Mmbengwa <i>et al.</i> (2000)
Nguni	-	4,54-4,95	4,27-4,51	6,04-7,48	Mmbengwa <i>et al.</i> (2000)
	9,17-14,80	3,20-6,45	2,30-4,97	3,15-7,48	Rang

Font: Quintanilla (2019)

2.1.2. Qualitat higiènica-sanitària de la llet de cabra

Les qualitats nutritives de la llet la situen entre els aliments bàsics per excel·lència, però des de la seua secreció a l'interior del braguer fins a la seva arribada al consumidor, pot trobar un elevat nombre de riscos, com són: el desenvolupament incontrolat de microorganismes, infeccions per gèrmens patògens dels animals productors, absorció d'olors estranyes, producció de mals sabors, presència de substàncies químiques estranyes (antibiòtics, detergents, desinfectants, pesticides, metalls, partícules de brutícia, etc.), la qual cosa pot afectar de manera negativa a la qualitat higiènica del producte.

La legislació europea relativa a la higiene dels aliments d'origen animal destinats a l'alimentació humana (Reglaments CE núm. 852, 853 i 854/2004) realitza una valoració de la qualitat higiènica de la llet crua sobre la base del seu contingut en gèrmens totals, cèl·lules somàtiques i residus d'antibiòtics, establint per a cadascun d'aquests paràmetres uns valors màxims (Taula 3), perquè la llet pugui ser comercialitzada en l'àmbit de la Unió europea.

Taula 3. Paràmetres de qualitat higiènica en la llet

Paràmetre	Vaca	Ovella i cabra	
Recompte gèrmens totals (ufc/ml) ¹	100.000	500.000 ³	1.500.000 ⁴
Recompte cèl·lules somàtiques (cel/ml) ²	400.000	-	-
Presència d'antibiòtics	Absència de residus per damunt dels límits de seguretat establerts en la UE.		

¹Mitja geomètrica observada durant un període de dos mesos amb un mínim de dos determinacions al mes; ²Mitja geomètrica observada durant un període de tres mesos amb, almenys, una determinació al mes; ³Quan el procés d'elaboració dels productes derivats no inclou cap tractament tèrmic; ⁴Quan el procés d'elaboració dels productes derivats inclou tractament tèrmic. Font: Reglament (CE) 853/2004

A pesar que no tots els microorganismes que es poden trobar en la llet crua tenen la mateixa implicació sanitària, la legislació europea utilitza el Recompte de gèrmens totals (RGT) com a paràmetre indicador de la higiene durant les operacions d'obtenció i conservació de la llet en granja. En el cas de les llets d'ovella i cabra, els límits corresponen a 500.000 ufc/ml per a la llet destinada a l'elaboració de productes derivats sense tractament tèrmic i a 1.500.000 ufc/ml per a la llet destinada a productes que inclouen en la seua elaboració algun tipus de tractament tèrmic; tots dos valors són molt superiors al valor límit de 100.000 ufc/ml establert per a la llet crua de vaca.

El Recompte de Cèl·lules Somàtiques (RCS) és un altre dels paràmetres utilitzats de manera rutinària per a valorar la qualitat higiènica de la llet crua ja que constitueix un bon indicador del nivell sanitari dels animals, principalment en relació a la presència de mamitis subclínica. El Reglament (CE) 853/2004 sobre les normes d'higiene aplicables als aliments d'origen animal, estableix per a la llet crua de vaca un valor màxim de 400.000 cel/ml.

En el cas del ramat oví i caprí la situació no és tan clara ja que determinats factors no infecciosos com l'estat de lactació, l'aparició del zel o el maneig dels animals, poden influir de manera important sobre el recompte de cèl·lules somàtiques, especialment en el ramat caprí (Raynal-Ljutovac et al., 2005; Paape et al., 2007). Aquest fet, unit a la particularitat dels sistemes de producció emprats en petits rumugants i a la menor importància socioeconòmica de la llet d'aquestes espècies respecte al boví lleter, ha fet que encara no ha estat possible establir els límits per a aquest paràmetre deixant la qüestió pendent d'estudi.

Un altre dels aspectes considerats en la legislació per a valorar la qualitat higiènica de la llet crua és la presència de residus d'inhibidors, entre els quals es troben els antibiòtics. La principal causa de la presència d'aquestes substàncies en la llet és la utilització de medicaments veterinaris a base d'antibiòtics per al tractament i profilaxi de les malalties infeccioses del ramat, especialment la mamitis (Molina et al., 2009). Entre els controls obligatoris a realitzar en les explotacions caprines i els centres làctics de transformació, dins del sistema de gestió de la qualitat i traçabilitat de la llet en Espanya (Lletra Q), es troba la prova de detecció d'antibiòtics i en el cas de ser positiva, la llet no es pot comercialitzar i ha de ser destinada a la destrucció mitjançant incineració.

2.2. Procés d'elaboració del formatge

La legislació espanyola defineix al formatge com "el producte fresc o madurat, sòlid o semi sòlid, obtingut de la llet, de la llet total o parcialment desnatada, de la nata, del sèrum de mantega o d'una barreja d'alguns o de tots aquests productes, coagulats total o parcialment per l'acció del quall o altres coagulants apropiats, abans de l'escorreguda o després de l'eliminació parcial de la part aquosa, amb o sense hidròlisi prèvia de la lactosa, sempre que la relació entre la caseïna i les proteïnes sèriques siga igual o superior a la de la llet (Reial Decret 1113/2006).

En general el procés d'elaboració del formatge a més dels tractaments previs de la llet (filtració, bactofugació, pasteurització) que es poden realitzar o no depenent del tipus de formatge, es pot dividir d'una manera molt genèrica en quatre etapes (Figura 5).

Les condicions d'elaboració del formatge, com els ferments i el tipus/concentració de l'enzim coagulant i la temperatura d'incubació, així com els components de la llet, influeixen en les propietats de coagulació de la llet (Ostersen et al., 1997). La coagulació pot ser làctica, també anomenada àcida, enzimàtica o mixta i el tipus de coàgul o quallada que es produeix en cadascun d'aquests processos és diferent donant lloc a formatges de consistència i característiques organolèptiques molt diferents. Les operacions successives de l'extracció del sèrum, salat i maduració, en el cas dels formatges curats, també contribuiran d'una manera determinant a l'eficàcia del procés d'elaboració, així com a les característiques particulars de cada tipus de formatge.

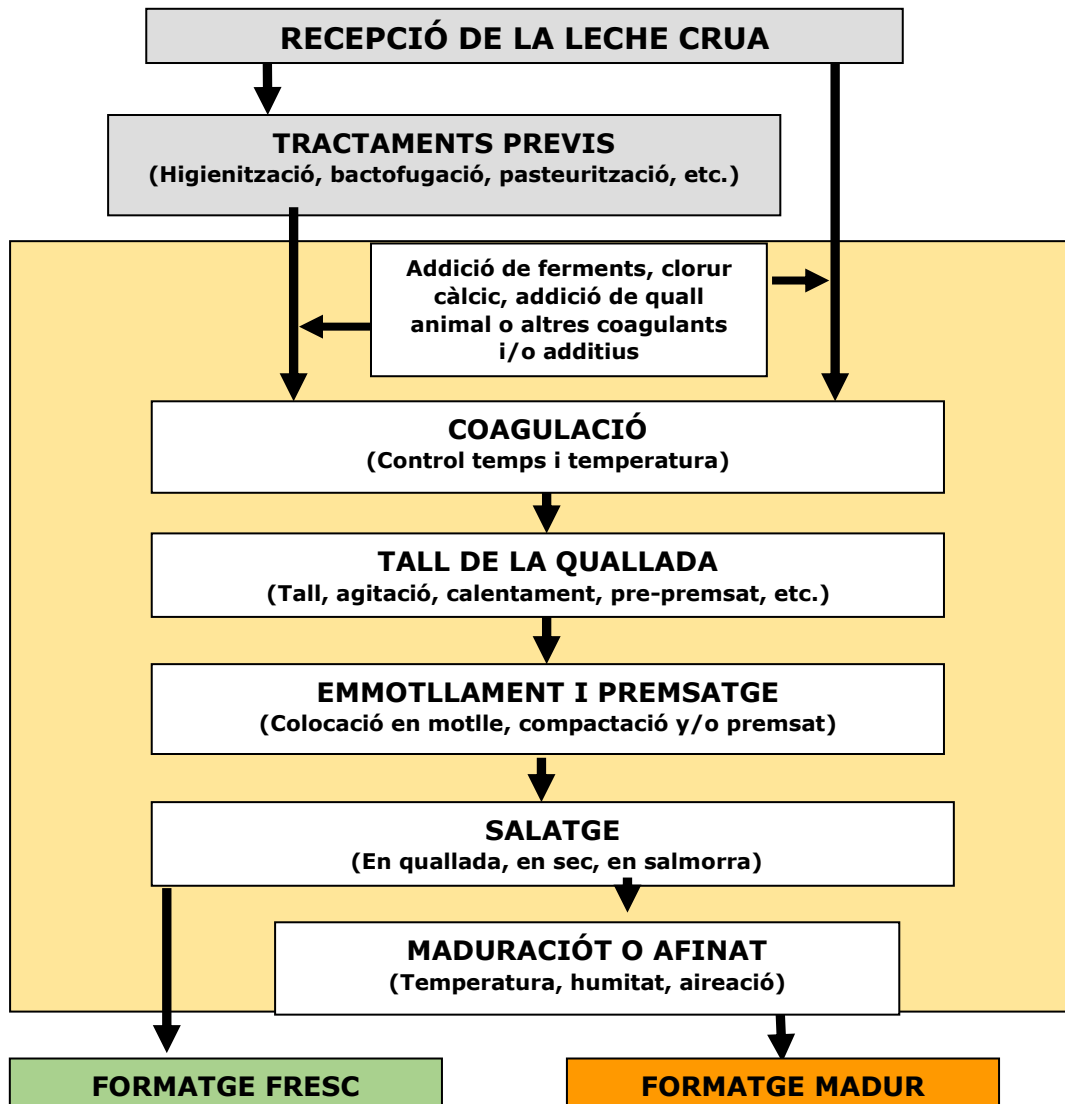


Figura 5. Procés general de l'elaboració del formatge

Per poder avaluar l'eficiència i rendibilitat de la fabricació és important introduir el concepte de rendiment formatger, el qual es pot definir com la quantitat de formatge obtés a partir d'una determinada quantitat de llet. Els factors que influïxen en el rendiment formatger inclouen la composició de la llet, la quantitat i les variants genètiques de la caseïna, la qualitat de la llet, el recompte de cèl·lules somàtiques (RCS) de la llet, la pasteurització de la llet, el tipus de coagulant, la fermesa de la quallada al tallar i els paràmetres de fabricació (Fenelon i Guinee, 1999).

En la indústria del formatge de vaca, la predicció del rendiment del formatge ha estat de gran interès des de fa molt temps i s'han desenvolupat i modificat nombroses fórmules predictives per calcular el rendiment del formatge a partir de diferents components de la llet sent la fracció caseïna de la proteïna i el greix els quals es troben inclosos en totes les fórmules actuals per el formatge de vaca (Lawrence, 1991; Brito et al., 2002)

El preu més alt de la llet crua de cabra en comparació amb la llet de vaca ha generat un nou interès en predir el rendiment formatger a partir dels paràmetres de composició de la llet. Les fórmules establertes per als

formatges de llet de vaca poden ser inapropiades per als formatges de llet de cabra a causa de les diferències químiques existents entre la llet d'aquestes dos espècies (Pirisi et al., 1994)

Actualment la informació sobre rendiment formatger dels diferents tipus de formatge de cabra és molt limitada. Guo et al. (2004) van utilitzar les variables de composició de la llet de cabra i les dades de rendiment d'un formatge fresc i van desenvolupar fórmules predictives amb els sòlids totals i el contingut de proteïna crua com els millors predictors. Soryal et al. (2004) van investigar els efectes dels sistemes d'alimentació sobre la composició de la llet de cabra i el rendiment formatger també d'un formatge fresc. Fekadu et al (2005) van analitzar els canvis en la composició de la llet de cabra durant la lactació i el seu efecte sobre el rendiment i la qualitat dels formatges durs i semidurs observant que, en els formatges durs, el rendiment estava altament correlacionat amb el greix de la llet, les proteïnes o els sòlids totals, mentre que només el contingut de sòlids totals de la llet va estar altament correlacionat amb el rendiment del formatge semidur.

També, Zeng et al. (2007) van utilitzar llet de cabra de tanc per fabricar formatges durs, semi durs i frescos i desenvolupar fórmules predictives del rendiment formatger basades en la composició de la llet. En el formatge fresc, els components individuals de la llet de cabra o una combinació de dos o tres components van predir el rendiment del formatge amb un coeficient de determinació raonablement alt ($R^2=0,73-0,81$). No obstant això, els coeficients de determinació de les prediccions van ser més baixos per als formatges semidurs i durs. En general, els sòlids totals de la llet de cabra van ser l'indicador més fort de rendiment en els tres tipus de formatges. Aquests autors assenyalen que són necessàries més investigacions sobre les fórmules de predicció del rendiment per a formatges durs i semidurs de llet de cabra.

D'altra banda, la recuperació de cada component de la llet en la quallada (Stocco et al., 2018) és un aspecte important per aconseguir l'eficiència general de l'elaboració de formatge. El contingut de greix i proteïna de la llet es considera en les fórmules de predicció del rendiment formatger (Emmons i Modler, 2010) i la recuperació d'aquests nutrients de la llet en el formatge és un altre dels aspectes considerats en la indústria per valorar l'eficàcia del procés de transformació i els rendiments productius (Pazzola et al., 2019). En el cas de la llet de cabra no hi ha informació sobre l'efecte de la qualitat de la llet sobre la recuperació de components com greix i proteïna en el formatge.

Per tant, és important per als ramaders caprins i la indústria del formatge caprí conèixer l'efecte dels components de la llet, en particular del greix i les proteïnes, sobre el rendiment formatger i la recuperació dels principals components de la llet en el formatge amb la finalitat d'optimitzar la rendibilitat dels seus processos.

3. Característiques del formatge curat de Tronchón

Des de fa segles, l'elaboració de formatges és una gran tradició de les zones del llevant. La Figura 5 mostra els cinc diferents tipus de formatge

(Blanquet, Cassoleta, La Nucia, Tovalló i Tronchón) que s'elaboren a la Comunitat Valenciana i que es troben reglamentats per a la seua distinció, amb la Marca de Qualitat CV d'acord amb l'Ordre 23 de desembre de 2008, de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació (DOCV Núm. 5924, 2008).

En la citada reglamentació s'estableixen els criteris generals per a identificar els formatges valencians CV, així com el conjunt de requisits que aquests han de tenir: composició del producte (tipus de llet, coagulant, ferments), el mètode de producció i elaboració, així com les característiques finals del producte (Molina i Beltrán, 2009).

Entre els formatges de la Comunitat Valenciana un dels més coneguts és el formatge de Tronchón, que a més és en el qual es centra el present treball. Aquest formatge, que compta amb segles d'antiguitat, és originari de la localitat aragonesa de Tronchón (Terol), però la seua elaboració es va expandir per efecte de la transhumància, a les províncies de Tarragona i de Castelló, fabricant-se especialment a la zona coneguda com Maestrat (Maestrazgo) que es situa entre les tres províncies comentades.



Figura 6. Formatges de la Comunitat Valenciana

Per a fer este tipus de formatge s'utilitza llet crua de cabra i/o d'ovella. S'elabora amb sals de calci (opcional), ferments làctics (sols en cas del formatge madur) i quall o coagulant (incloent vegetal). El temps de maduració del formatge Tronchón pot arribar a ser de 60 a 90 dies en cava, encara que hui en dia es poden trobar formatges semi curats.

És un formatge de forma cilíndrica, trapezoidal o troncocònica i té un lleuger bollament a la part central, amb les cares en forma de volcà que té gravat un dibuix floral. La crosta és semidura, tanca i de color blanc marfil o de groc pallós a marró obscur. Per la part de dins es compacte i tancat, la pasta es compacta, molt ferma i de color blanc marfil o groc tènue (Figura 7).



Figura 7. Aspecte extern i intern del formatge de Tronchón

El pes del formatge pot oscil·lar entre els 500 grams i els dos quilos. La textura al tacte en els formatges semi curats és rugosa, ferma, poc desmesurat, rugosa, molt seca, masticable, arenosa, no és adherent, la granulositat és mitja, molt greixosa, cremosa, homogènia, no es fundis i gens elàstica. Al tall, respon homogèniament i sense desgranar ni desamigar-se. El sabor és intens, molt gras i mantegós, de gust a la llet d'ovella o cabra i amb aroma a plantes aromàtiques (Molina i Beltrán 2009).

Respecte a les característiques del producte final han de tindre uns valors mínims de un 60% d'extracte sec, un 30% de greix i un 50% de greix/extracte sec. La humitat és del 40% i el pH de 5,3. D'acord amb el Reial Decret 1113/2006 pel que s'aproven les normes de qualitat per als formatges i els formatges fundits, els formatges valencians CV es poden classificar com grassos (45-60% de greix sobre extracte sec) a excepció del formatge de La Nucia que, en alguns casos, podria considerar-se com un formatge semi gras (25-40%).

La Taula 4 mostra els paràmetres d'elaboració i característiques dels cinc formatges elaborats en la Comunitat Valenciana emparats per la norma de qualitat CV, on es poden comparar les característiques del formatge de Tronchón.

En l'actualitat existeixen molt pocs estudis científics sobre les característiques dels formatges valencians i els seus factors de variació, sent encara més limitada la informació sobre la valoració de l'eficàcia dels seus respectius processos de fabricació.

Taula 4. Paràmetres de l'elaboració i característiques dels formatges valencians de la CV

	Tipus de formatge				
	Cassoleta	Blanquet	Nucia	Servilleta	Trochón
Llet	Vaca ovella, cabra o mescles	Cabra	Cabra i vaca	Ovella, cabra o mescla	Ovella, cabra o mescla
Tipo de coagulant	Sals de calci, quall o coagulant	Sals de calci, quall o coagulant i ferments láctics	Sals de calci, quall o coagulant	Sals de calci, quall industrial i ferments láctics	Sals de calci, quall industrial i ferments láctics
Tª coagulació	35 °C	35-40 °C	30-33 °C	30-32 °C	32-35 °C
Temps de coagulació	30 min	40-50 min	60 min	30 min	30-60 min
Grandària del gra	Pèsol	Cigró	Nou	Cirera	Arrós (reescalfa 36-38 °C)
Emmotllament	Motlles	Motlles	Gases, oueres d'acer inoxidable	Gases o tovallóls nuades	Motlles amb dibuix floral
Premsatge		Pressió manual 15 min		Compactada manual intens y breu	Compactat manual i premsat
Salatge	Salmorra (fins venta) o sal seca fregat manual	Salmorra (fins venta)	Sense sal	Salmorra poques hores	Salmorra o sal seca fregat manual
Maduració	No	No/Oreig	No	No/Oreig	Oreig i Maduració
Grandària	Xicoteta (200-500 g)	Xicoteta < 500 g	Mitgá 1-2 kg	Mitgá > 2 kg	Mitgá 500-2 kg
Forma	Volcà	Helicoidal	Troncónica	Quadrada i globosa	Cilíndrica (volcà)
Color	Blanc	Blanc	Blanc	Blanc (fresc) Groc (curat)	Blanc marfil Groc
Escorça	Sense crosta	Sense crosta	Sense crosta	Crosta llisa, tancada i neta	Crosta semidura, tancada Blanc marfil, groc pallós o marró fosc
Tipus de formatge	Fresc	Fresc i Tendre	Fresc	Fresco i Curat	Tendre, semi curat i curat

II. OBJETIUS

La informació referent a les característiques fisicoquímiques del formatge de Tronchón tradicional de la Comunitat Valenciana, així com de la valoració de l'eficàcia del seu procés de fabricació és molt limitada. Per això, l'objectiu d'aquest treball ha sigut la caracterització del formatge de Tronchón de llet crua de cabra i profunditzar en l'estudi de les relacions existents entre les característiques de la llet emprada en la seua fabricació sobre el rendiment formatger i la recuperació dels principals nutrients de la llet en el formatge, amb la finalitat d'avaluar l'eficàcia del procés de fabricació.

III. MATERIAL I MÈTODES

1. Disseny experimental

El treball experimental es basa en l'estudi de les característiques dels formatges de Tronchón elaborats amb llet crua de la cabra Murciano-Granadina procedent del ramat experimental de la Universitat Politècnica de València. Les dades utilitzades procedeixen de fabricacions de formatge realitzades en diferents èpoques de l'any durant quatre anys consecutius en la Planta Pilot del Departament de Ciència Animal de la UPV.

Des del moment del part, els animals van ser munyits una vegada al dia en una sala de munyiment mecànic tipus CASSE, 2x12x6 en línia alta. La llet es va conservar refrigerada a 4 °C i es va recollir del tanc de refrigeració el mateix dia de l'elaboració del formatge.

2. Procés de fabricació del formatge de Tronchón

El procés d'elaboració del formatge de Tronchón a partir de llet crua de cabra després de ser filtrada a la formatgeria es presenta a la Figura 8.

Per a cada elaboració es van emprar aproximadament 50 kg de llet que es va deixar temperar fins a arribar a 10-14 °C, temperatura a la qual es va addicionar el ferment làctic (DT. 40001 LYO 5 DCU, Choozit Cheese Cultures, França) predominantment mesòfil (*Lactococcus lactis lactis*, *L. lactis cremoris*, *L. lactis lactis diacetylactis* i *Streptococcus thermophilus*), en una proporció de 1,78 g per cada 100 L (5 DCU/100 litres). El ferment es va homogeneïtzar i es va deixar reposar per 15 minuts de manera que, el ferment s'hidrati i es va procedir a incrementar la temperatura fins a aconseguir 32-34 °C, moment en el qual es va addicionar el clorur càlcic (Proquiga, la Corunya, Espanya) en una proporció d'1 ml/8 litres i el quall (Cuajo animal 1:10.000, Laboratori Arroyo, Santander, Espanya) a raó de 0,6 ml/litre. Es va agitar durant 1 minut i posteriorment es va deixar la llet en repòs perquè el coagulant fes el seu efecte.

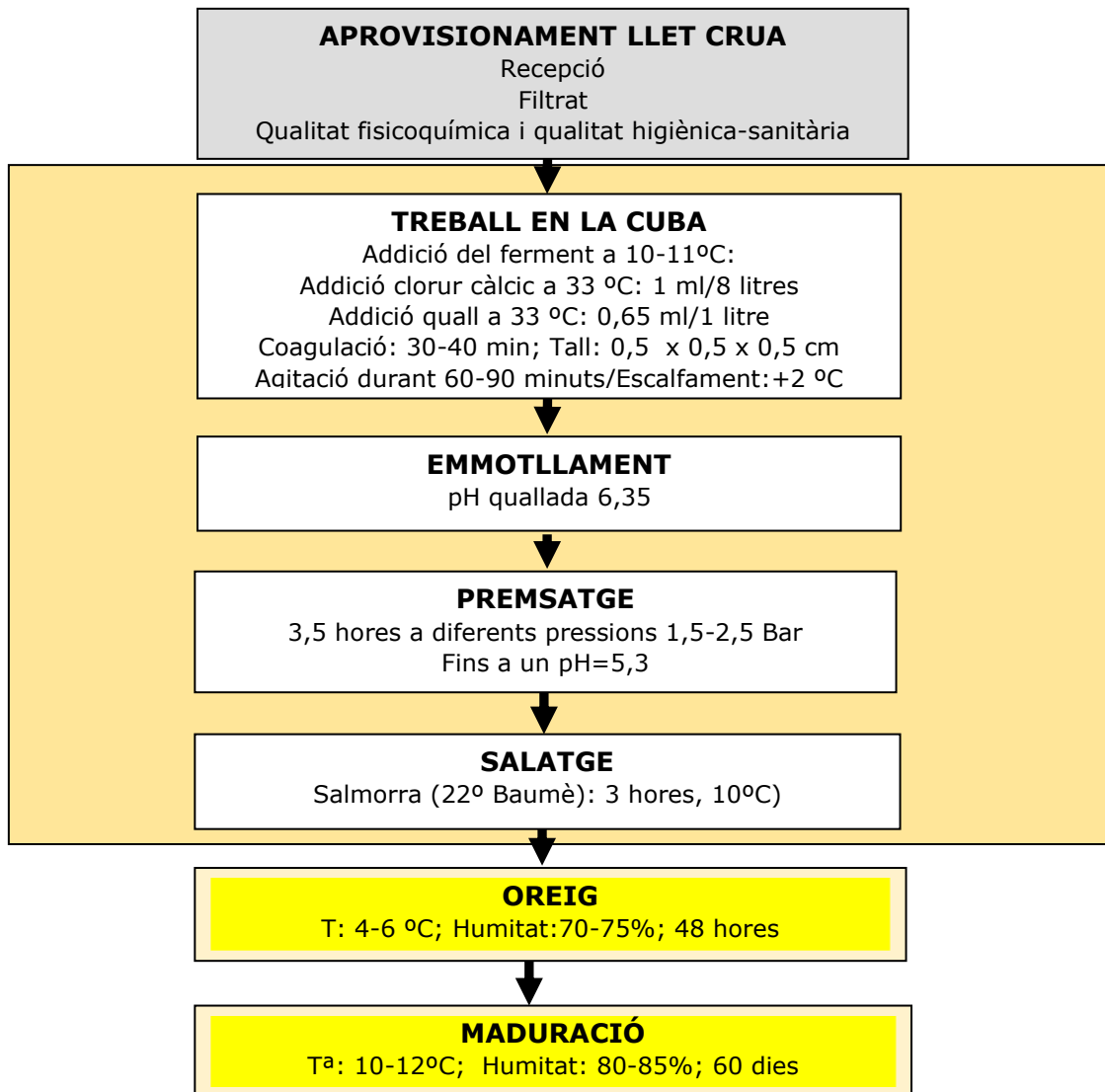


Figura 8. Elaboració del formatge de Tronchón curat de llet crua de cabra

Durant la coagulació o quallat de la llet, es produeixen modificacions tant físiques com químiques per acció d'enzims proteolítics i/o de l'àcid làctic sobre les micel·les de caseïna, que condueixen a la formació del coàgul o gel de caseïna on queden retinguts part dels components de la llet com és el cas del greix.

Passats uns 30-40 minuts i una vegada coagulada la llet, es va determinar el punt de tall manualment mitjançant una espàtula i es va procedir a tallar la quallada amb una lira (Figura 9) fins a obtenir un gra xicotet. A continuació la quallada es va treballar manualment (batut) durant almenys 1 hora i 15 minuts fins que el gra va presentar la duresa adequada (Figura 9) i un pH aproximadament de 6,35-6,40.



Figura 9. Operació de tallar la quallada mitjançant lira manual



Figura 10. Grandària de gra de la quallada després del tall i el batut

Seguidament, es du a terme el emmotllament de la quallada. Es van utilitzar motlles de formatge de Tronchón de 800 g amb dibuixos característics de flors, ara bé, es deu gastar un drap de cotó abans de col·locar la quallada. A continuació es va realitzar el premsatge dels formatges en una premsa hidràulica horitzontal (Figura 11) a una pressió de 150 kPa durant 1,5 h. Després, es van voltejar els formatges, i es va aplicar una pressió de 200 kPa durant una altra hora i mitja. Finalment, es va realitzar l'últim volteig dels formatges, es van a retirar els draps i es va augmentar la pressió a 250 kPa durant 20 minuts.

En acabar el procés de premsatge es va determinar el pH dels formatges, si no s'havia arribat al pH desitjat (5,3) els formatges es deixaven a temperatura ambient esperant el descens d'aquest. Una volta aconseguit aquest pH es va iniciar el procés de salatge (Figura 12) utilitzant un bany de salmorra amb una concentració de sal de 22-23° Beaumé (Bé) i 10 °C de temperatura, durant 3 hores i voltejant els formatges a meitat del temps de salat per a aconseguir que el procés fos més homogeni.



Figura 11. Formatges en premsa hidràulica



Figura 12. Cuba amb salmorra per al salat per immersió

Seguidament es van col·locar els formatges en una cambra de refrigeració per a realitzar l'oreig a 4-6 °C i 70-75% d'humitat relativa durant 48 hores. Finalment es van traslladar a la cambra de maduració on van romandre a 10-12 °C i 80-85% d'humitat relativa durant un període de 60 dies.

3. Anàlisi de la llet

Les mostres de llet envers la qual es van realitzar els formatges es van analitzar en el LICOVAL (Laboratori Interprofessional Lleter de la Comunitat Valenciana), on es va determinar la composició química per espectrofotometria de l'infraroig (MilkoScan 6000, Foss, Hillerød Dinamarca). També es va analitzar el recompte de cèl·lules somàtiques segons el mètode fluoro-opto electrònic amb la utilització de l'equip automàtic Fossomatic 5000 (Foss) i el recompte de gèrmens totals amb BactoScann FC (Foss). A més, totes les mostres de llet es van analitzar per triplicat emprant un mètode comercial de detecció d'inhibidors (Eclipse® Zeulab, Saragossa).

4. Anàlisi del formatge

4.1. pH

El pH es va determinar amb un pH-metre (model Basic 20. Crison, Barcelona, Espanya) previst d'un elèctrode de penetració durant el procés d'elaboració i sobre el producte acabat.

4.2. Composició química del formatge

La composició química dels formatges es va determinar amb l'equip d'infrarroig pròxim FoodScan (Foss) que havia estat calibrat prèviament. Per a aquesta anàlisi, es va emprar una porció de formatge sense escorça que es va triturar en una picadora d'ús domèstic (Moulinex, Madrid, Espanya) i es va distribuir de manera homogènia en una placa Petri tractant d'obtenir una superfície totalment llisa (Figura 13).



Figura 13. Anàlisi de composició del formatge (NIRS FoodScan, Foss)

4.3. Índex de lipòlisis

L'índex de lipòlisis es va determinar seguint la metodologia descrita per Nuñez et al. (1986). Per a això es van pesar 10 g de formatge prèviament ratllat més 6 g de Na₂SO₄ anhidro en un flascó de 100 ml. Es van afegir 60 ml d'èter de petroli (40-65 °C) i es va mantenir la mescla en agitació durant dues hores per a l'extracció dels àcids grassos lliures. Després es va filtrar la mostra durant 5 minuts aproximadament, en un matràs de destil·lació prèviament tarat. El matràs de destil·lació es va posar en el rotavapor on es va destil·lar l'èter a 40 °C durant 20-30 min (Figura 14). Es va deixar en campana d'extracció de gasos per 30 min per a assegurar la completa evaporació del dissolvent. Finalment es va tornar a pesar i per diferència de pesada es van obtenir els grams de greix total.

L'índex de lipòlisis es va determinar mitjançant la valoració de l'acidesa de l'extracte lipídic amb una dissolució de KOH 0,1 M en etanol fins a complet viratge de la fenolftaleïna utilitzada com a indicador. Les anàlisis es van realitzar per duplicat. La concentració d'àcids grassos lliures (AGL) s'expressa com meq/100 g de greix segon la següent fórmula:

$$\text{AGL meq/100 g de greix} = (\text{KOH (ml)} \times 0,1 / \text{greix total (g)}) \times 100$$



Figura 14. Valoració de l'acidesa del greix

4.4. Índex de Proteòlisis

L'anàlisi de l'índex de proteòlisis (AAL) ens fa seguir el mètode descrit per Folkertsma i Fox (1992). La determinació de l'índex de proteòlisis consta de dues fases, en la primera s'obté la fracció nitrogenada soluble en aigua (FSA) del formatge i en la segona fase es valoren els aminoàcids lliures.

Per a l'obtenció de la fracció nitrogenada soluble en aigua (FSA) es van pesar 30 grams de la mostra de formatge ratllat en un matràs Erlenmeyer, al qual es van addicionar 70 ml d'aigua destil·lada. La mescla va ser homogeneïtzada durant 5 minuts a 5000 rpm amb el Ultraturrax T25 (IKA®, Staufen, Alemanya) i posteriorment introduïda en un bany d'aigua a 40 °C durant una hora. Transcorregut aquest temps es va centrifugar a 7000 rpm durant 30 minuts a una temperatura de 10 °C. Una vegada finalitzada la centrifugació, es va obtenir el sobrenedant per filtració amb ajuda de llana de vidre.

Seguidament es va procedir a la quantificació dels aminoàcids lliures totals basant-se en la reacció colorimètrica que té lloc entre la ninhidrina i els grups α -amino que es troben en la FSA per a formar un cromòfor violaci. Abans de l'anàlisi es va preparar el reactiu cadmi-ninhidrina i les solucions de leucina a diferent concentració per a establir la corba de calibració.

Per a determinar la concentració de leucina tant de la corba patró com de les mostres de formatge, es portaren els volums de mostres a 1000 μ L amb aigua destil·lada. Es van afegir 2 ml de reactiu cadmi-ninhidrina i es col·locaren en un bany d'aigua a 84 °C durant 5 min, seguidament. Es deixaven gelar i es procedia a llegir l'absorbància a 507 nm amb l'espectrofotòmetre Thermo scientific (Evolution 201, Madrid). Els resultats de AAL s'expressen en mg de leucina/g de formatge.

4.5 Perfil de Textura

Per a la determinació de la textura es va efectuar la denominada Anàlisi de Perfil de Textura (TPA), que consisteix en una determinació de doble compressió en les quals es sotmeten les mostres de formatge a una compressió del 80-90% de la seua altura inicial.

Els paràmetres analitzats, van ser els corresponents al perfil de textura: duresa, adhesivitat, elasticitat, cohesivitat i masticabilitat. L'anàlisi es va realitzar sobre 2 formatges seleccionats de cada elaboració i per a cada temps de maduració mitjançant un texturòmetre (Stable Micro Systems, TA-XT Plus, Godalming, Regne Unit) (Figura 15). Per això, es van tallar els formatges en cilindres de 2 cm de diàmetre i 1 cm de gruix. La textura va ser mesurada a una temperatura constant de 20 ± 1 °C. Els paràmetres citats anteriorment es van mesurar a partir de la corba de deformació obtinguda.

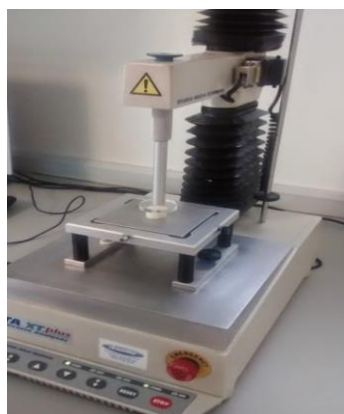


Figura 15. Texturòmetre (Stable Micro System)

4.6. Coordenades de Color

La caracterització objectiva del color dels formatges es va realitzar considerant les coordenades colorimètriques de l'espai L^* , a^* i b^* , sent L^* la lluminositat, a^* la desviació cap al vermell (+) i el verd (-), i b^* la desviació cap al groc (+) i el blau (-). Es va utilitzar un espectrecolorímetre (CM 3600D, Konica Minolta Business Solutions Spain S.A. Madrid) que es presenta en la Figura 16, prenent com a referència l'observador 10è i il·luminant D65. Es van fer 9 mesuraments per a cada formatge, seleccionant dos formatges diferents de cada fabricació. Les mostres es van tallar en cilindres de 2 cm de diàmetre i 1 cm de gruix.

Les lectures es van efectuar a temperatura ambient sobre les mostres fresques de formatge prèviament preparades. A partir de les coordenades a^* i b^* s'han calculat les magnituds psicofísiques cromàtiques o puresa de color (C^*) i to (h) mitjançant les equacions següents:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

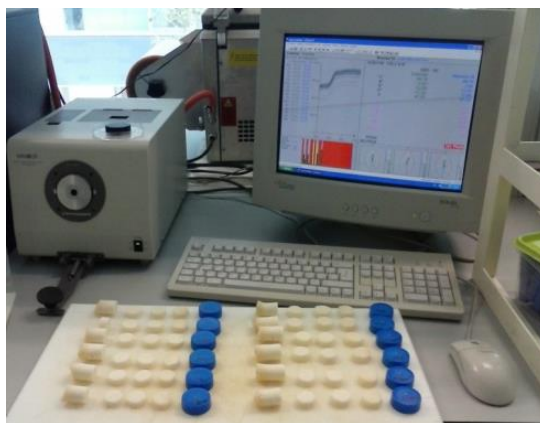


Figura 16. Espectrecolorimetre i mostres de formatge

5. Indicadors d'eficàcia

Per avaluar l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón s'han considerat com a indicadors el rendiment formatger i les recuperacions de greix i proteïna procedents de la llet en el formatge.

El rendiment formatger s'ha calculat com la quantitat de formatge en quilos obtinguda a partir de 100 quilos de llet de cabra. Per a fer els càlculs es pesava la llet emprada en cada fabricació i els formatges obtinguts abans de començar la maduració, amb una balança de precisions de 1 g (Gram precisions, S. L., Barcelona, Espanya).

Pel que fa a les recuperacions de components (REC com%) en el formatge s'han calculat per al greix (REC greix%) i la proteïna (REC prot%) a partir de les quantitats de greix i proteïna del formatge abans de la maduració respecte a la quantitat d'aquests components en la llet crua emprant la següent fórmula:

$$\text{REC com \%} = \left[\frac{(\text{pes formatge (kg)} \times \text{component formatge (g component/kg formatge)})}{(\text{pes llet (kg)} \times \text{component llet (g component/kg llet)})} \right] \times 100$$

6. Anàlisis estadístics

L'anàlisi estadístic de les dades es va dur a terme mitjançant el programa Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA).

Per a estudiar l'efecte de l'estat de lactació sobre els paràmetres de qualitat de la llet crua es va realitzar un anàlisi de variància (ANOVA) segons el següent model:

$$Y_{ij} = \mu + EL_j + \varepsilon_{ij}$$

Sent: Y_{ij} = Variable dependent; μ : mitja general; EL_j : Estat de lactació ; ε_{ij} : Error residual

Es va utilitzar el mètode de comparacions múltiples LSD amb un nivell de significació del 95% ($p=0,05$).

Per analitzar l'efecte de l'estat de lactació sobre les variables fisicoquímiques estudiades en el formatge és va emprar el procediment GLM (General Lineal Model) utilitzant com a covariables l'extracte formatger (EF) de la llet de cabra equivalent a la suma del greix i la proteïna, segon el model:

$$Y_{ijk} = \mu + EL_i + EF_j + \varepsilon_{ijk}$$

Sent: Y_{ijk} = Variable dependent; μ : mitja general; EL_i : Estat de lactació; EF_j : Extracte Fortmager ; ε_{ijk} : Error residual

Finalment es va a fer un anàlisi de regressió múltiple per a intentar predir el rendiment formatger i les taxes de recuperació de greix i proteïna en el formatge a partir de les variables de qualitat de la llet.

IV. RESULTATS I DISCUSIÓ

1. Característiques de la llet de cabra

1.1. Paràmetres de qualitat de la llet de cabra

La composició i altres característiques de qualitat de la llet crua de cabra es presenten en la Taula 5, on es poden observar el valor mitjà, la desviació típica, els valors mínim i màxim així com el coeficient de variació de cadascun dels paràmetres analitzats.

Taula 5. Paràmetres de qualitat de la llet crua de cabra ($n=40$)

Paràmetre	Valor mitjà	Desviació típica	Valor Mínim	Valor Màxim	Coefficient de variació (%)
pH	6,79	0,07	6,66	6,96	1,06
Extracte Sec (%)	14,41	0,76	13,00	15,69	5,27
Greix (%)	5,25	0,51	4,45	6,02	9,65
Proteïna (%)	3,72	0,32	3,09	4,26	8,65
EF (%)	8,97	0,73	7,57	10,24	8,19
Lactosa (%)	4,66	0,08	4,51	4,89	1,63
Log RCS	6,06	0,18	5,63	6,40	2,92
Log RGT	4,85	0,54	4,11	5,97	11,15

EF: Extracte Formatger (Greix + Proteïna); Log RCS: logaritme de Recompte de Cèl·lules Somàtiques (cel/ml); Log RGT: logaritme del Recompte de Gèrmens Totals (ufc/ml)

El pH i la composició química de la llet de cabra emprada en aquest estudi presenten uns valors mitjos similars als indicats per altres autors en cabres de raça Murciano-Granadina (Beltrán et al., 2014). El percentatge de greix i proteïna, que són els components de major interès des del punt de vista de la fabricació de formatge, és superior al d'altres races caprines més productives com la Saanen o la Alpina (Morgan et al., 2003), especialment en relació amb el greix que és el component que presenta una major variabilitat interracial (Soryal et al., 2004).

Respecte a la qualitat higiènica, el Recompte de Cèl·lules Somàtiques (RCS) té un valor mitjà ($RCS = 1.148 \times 10^3$ cel/ml) similar a l'indicat per altres autors en diferents races caprines (Morgan et al., 2003; Inglingstad et al., 2014). El RCS és essencial per estimar la salut de la glàndula mamària amb relació a la presència de mastitis subclínica (Paape et al., 2007) encara que cal destacar que en el cas del ramat caprí, l'increment del recompte cel·lular no sempre està relacionat amb factors infecciosos, sent susceptible de variació per factors com l'estat de lactació, el nombre i tipus de part, o l'estrès, entre d'altres (Mehdid, 2010). En qualsevol cas, una llet amb un RCS de $1000-1500 \times 10^3$ cel/ml podria considerar-se de mitjana qualitat en relació amb aquest paràmetre (Leitner et al., 2016). L'últim valor observat en la Taula 8 fa referència a la qualitat bacteriològica de la llet que va presentar un recompte mitjà de gèrmens totals relativament baix (97×10^3 ufc/ml), indicador de bones pràctiques d'higiene en el procés d'obtenció i emmagatzematge de la llet crua en la granja.

1.2. Efecte de l'estat de lactació

En la Taula 6 es presenten els resultats de l'anàlisi de variància realitzada per a estudiar l'efecte de l'estat de lactació sobre els paràmetres de qualitat de la llet crua de cabra emprada per a fer formatge de Tronchón.

Taula 6. Evolució dels paràmetres de qualitat de la llet crua de cabra segon l'estat de lactació

Paràmetre	Inici 0-80 dies (n=11)	Meitat 100-160 dies (n=21)	Final >160 dies (n=8)	F- ratio	P- valor
pH	6,85±0,02 ^b	6,78±0,01 ^a	6,74±0,02 ^a	7,06	0,0025
Extracte Sec (%)	13,64±0,18 ^a	14,65±0,13 ^b	14,85±0,21 ^b	12,64	0,0001
Greix (%)	4,88±0,14 ^a	5,31±0,10 ^b	5,58±0,16 ^b	6,21	0,0047
Proteïna (%)	3,29±0,06 ^a	3,88±0,04 ^b	3,89±0,06 ^b	41,95	0,0000
EF (%)	8,16±0,16 ^a	9,19±0,12 ^b	9,47±0,19 ^b	17,40	0,0000
Lactosa (%)	4,71±0,02 ^b	4,64±0,01 ^a	4,62±0,02 ^a	5,27	0,0097
Log RCS	6,09±0,05	6,04±0,04	6,05±0,06	0,30	0,7449
Log RGT	5,36±0,13 ^b	4,62±0,10 ^a	4,77±0,16 ^a	10,20	0,0003

EF: Extracte Formatger (Greix+Proteïna); Log RCS: logaritme de Recompte de Cèl·lules Somàtiques (cel/ml); Log RGT: logaritme del Recompte de Gèrmens Totals (ufc/ml)

L'estat de lactació té un efecte significatiu sobre tots els paràmetres analitzats amb l'excepció del Recompte de Cèl·lules Somàtiques ($p > 0,05$). En general, el pH i els principals components de la llet presenten una evolució similar a l'assenyalada per altres autors (Inglingstad et al., 2016; Currò et al., 2019) en diferents races caprines. Així, el greix ($p < 0,01$) i la proteïna ($p < 0,001$) augmenten significativament a mesura que avança la lactació, el que fa que també s'incrementi l'extracte sec de la llet ($p < 0,001$), mentre que el contingut en lactosa disminueix amb el temps ($p < 0,001$).

Pel que fa a la qualitat higiènica, el Recompte de Cèl·lules Somàtiques que tendeix a augmentar en l'última etapa de lactació (Paape et al., 2017),

es va mantenir prou estable, no trobant-se diferències significatives ($p > 0,05$) entre els tres períodes de temps considerats. El Recompte de gèrmens totals (RGT) va ser més elevat a l'inici de la lactació, però com s'ha comentat abans, la qualitat bacteriològica de la llet està més relacionada amb les condicions higièniques externes durant l'obtenció i emmagatzematge de la llet en la granja que amb factors relacionats amb el temps transcorregut des del part.

2. Característiques del formatge de Tronchón de cabra

2.1. Característiques fisicoquímiques

La Taula 7 mostra els valors dels paràmetres fisicoquímics analitzats en el formatge de Tronchón de llet de cabra.

Taula 7. Característiques fisicoquímiques del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=40)

Paràmetre	Valor mitjà	Desviació típica	Valor Mínim	Valor Màxim	Coefficient de variació (%)
pH	5,23	0,12	4,95	5,42	2,27
Extracte Sec (%)	65,10	1,88	61,60	68,51	2,89
Greix (%)	35,73	2,08	31,99	40,07	5,83
Proteïna (%)	24,37	1,61	20,68	27,73	6,62
Sal (%)	2,27	0,20	1,87	2,71	8,96
AGL	3,81	0,87	2,15	5,85	22,86
AAL	3,14	1,17	1,53	6,55	37,40

EF: Extracte Formatger (Greix + Proteïna); AGL: Àcids Grassos Lliures (meq/100 g de greix; AAL: Aminoàcids Lliures (mg leucina/g de formatge)

En general, els resultats presentats en la Taula 7 es troben dins dels valors habituals del formatge de Tronchón de llet crua de cabra, sent similars als assenyalats per altres autors (Salvador et al., 2014; Rivera et al., 2016) en este tipus de formatge.

En funció del valor mitjà del contingut d'humitat i de greix, és possible classificar el formatge de Tronchón com "gras", ja que conté entre el 45 i el 60 % de greix sobre l'extracte sec total (Reial decret 1113/2006). En comparació amb altres formatges curats de llet de cabra (Raynal-Ljutovac et al., 2008) el de Tronchón presenta un extracte sec i un contingut en greix i proteïna similar als d'altres formatges espanyols amb denominació d'origen protegida, com ara el d'Íbores d'Extremadura o el Majorero, elaborat a les illes Canàries.

La concentració d'àcids grassos lliures i d'aminoàcids lliures en els formatges de Tronchón de 60 dies de maduració presenta un rang de variació superior a l'indicat per Quintanilla et al. (2016) en aquest tipus de formatge. No obstant això, els valors obtinguts per aquests indicadors d'activitat bioquímica durant la maduració (lipòlisis i proteòlisis) es troben dins dels

valors habituals en altres formatges curats de llet crua de cabra (Delgado et al., 2011; Fresno i Álvarez, 2012).

2.2. Perfil de Textura

Els paràmetres que configuren el perfil de textura del formatge de Tronchón es recullen en la Taula 8.

Taula 8. Perfil de textura del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n= 32)

Paràmetre	Valor mitjà	Desviació típica	Valor Mínim	Valor Màxim	Coefficient de variació (%)
Duresa (N)	37,42	13,20	19,21	62,53	35,27
Adhesivitat (N.s)	-1,88	0,55	-3,27	-1,14	-29,57
Elasticitat	0,47	0,06	0,34	0,60	13,80
Cohesivitat	0,26	0,06	0,19	0,41	23,76
Masticabilitat (N)	4,61	1,70	2,55	8,96	36,94

N: Newton; N.s: Newton per segon

La duresa del formatge presenta una gran variabilitat que podria estar relacionada amb els canvis que pateix el producte durant el procés de maduració, en particular de la pèrdua d'humitat que és un factor que condiciona la textura del formatge. Així, un baix contingut d'aquest factor podria associar-se a formatges més durs i més rígids. També el contingut en greix i proteïna són factors de gran importància perquè poden afectar significativament a la textura dels formatges, principalment amb relació a la seua duresa (Sánchez-Macias et al., 2010; Gélvez et al., 2016).

Queiroga et al. (2013), en formatges de llet de cabra, van obtenir un valor de duresa de 38 N, similar a l'obtingut en el present estudi. En canvi, Salvador et al. (2014), també en formatges de llet de cabra de raça Murciano-Granadina, van indicar un valor de duresa molt inferior (18 N). Aquests últims autors assenyalen que l'increment de l'acidesa dels formatges durant la maduració va provocar canvis en les característiques de les proteïnes, i conseqüentment de la seua textura, produint formatges que es trenquen amb major facilitat.

L'adhesivitat, que és la mesura del treball necessari per a vèncer les forces d'atracció entre la superfície de l'aliment i la d'altres materials, va ser inferior a la indicada per Salvador et al. (2014) en formatge de cabra de seixanta dies de curació (-0,8 Ns).

El valor d'elasticitat dels formatges, que és l'altura que recupera la mostra entre el fi de la primera compressió i l'inici de la segona, també va ser inferior a la indicada per Quintanilla et al. (2016) en el seu estudi sobre les característiques de maduració del formatge de Tronchón de llet de crua de cabra, i que oscil·lava entre -0,58 i -0,63.

Respecte a la cohesivitat, que representa el punt límit fins al qual pot deformar-se el material abans de trencar-se, Queiroga et al. (2013), van observar un valor de 0,53 per a formatges de vint-i-vuit dies de maduració,

valor molt superior a l'indicat en aquest estudi. No obstant això, aquests autors indiquen que la cohesivitat disminueix amb el temps de maduració, i el formatge del present estudi té un període de curació de seixanta dies.

Finalment, la masticabilitat o energia requerida per a mastegar un aliment fins que ets preparat per a ser deglutit, va ser superior a l'encontrada per Queiroga et al. (2013) en formatges de vint-i-vuit dies de maduració i similar a l'observada per Quintanilla et al. (2016) en formatges de Tronchón de seixanta dies de curació.

2.3. Coordenades de Color

En la Taula 9, es presenten les coordenades de color de l'espai CIE Lab del formatge de Tronchón de llet de cabra.

Així, s'observa una elevada lluminositat (L^*) similar a la indicada per Quintanilla et al. (2019) en formatge de Tronchón de llet de cabra encara que aquests valors són inferiors al de 95,98 indicat per Delgado et al. (2011) en el formatge Ibores.

Taula 9. Coordenades de color (CIE L^ , a^* y b^*), saturació (Croma: C^*) y t_0 (h) del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=32)*

Paràmetre	Valor mitjà	Desviació típica	Valor Mínim	Valor Màxim	Coefficient de variació (%)
L^*	86,64	1,79	83,61	91,56	2,07
a^*	-2,00	0,37	-2,92	-1,39	-18,69
b^*	11,99	1,14	9,92	14,54	9,54
C^*	12,17	1,16	10,01	14,70	9,50
h	99,47	1,66	97,46	103,20	1,67

L^* Variació de lluminositat (variant des de 0% per a negre i 100% per a blanc); a^* variació entre verd (-a) i roig (+a); b^* Variació entre blau (-b) i groc (+b); C^* : Croma saturació de color; h: t_0

Els valors de la coordenada a^* del color són molt similars als reportats per Chacón-Villalobos et al. (2009) per al formatge Crottin, el que suggereix que són valors habituals en els formatges de cabra, on el color verd és casi imperceptible. Si ens fixem en la variació entre blau i groc (coordenada b^*) podem veure que destaca una lleugera coloració groga, amb poca saturació de color i amb una tonalitat elevada, valors similars als obtinguts per Quintanilla et al. (2016) en el seu estudi.

2.4. Efecte de l'estat de lactació sobre el formatge de Tronchón

Per avaluar l'efecte de l'estat de lactació dels animals sobre les característiques del formatge de Tronchón es va utilitzar un model estadístic que incloïa l'efecte de l'extracte formatger de la llet com a covariable, per tal de corregir les estimacions per al factor de variació principal.

Els resultats de l'anàlisi de variància indiquen que l'estat de lactació va tindre un efecte significatiu sobre algunes variables de composició i textura,

afectant els continguts en greix ($p < 0,001$) i proteïna ($p < 0,01$) dels formatges així com la seua duresa ($p < 0,05$). Per una altra part, l'extracte formatger de la llet només va afectar significativament a la concentració de greix ($p < 0,001$) i proteïna ($p < 0,01$) del formatges.

En les Figures 17 i 18 es presenta la concentració estimada de greix i proteïna dels formatges de Tronchón en funció de l'estat de lactació. En elles es pot veure que, a igualtat d'extracte formatger en la llet de cabra (EF=8.97%), els formatges obtinguts a l'inici de la lactació tindrien un major contingut en greix i una menor concentració de proteïna que en la resta de períodes considerats i també, que aquesta relació va invertint-se a mesura que avança la lactació.

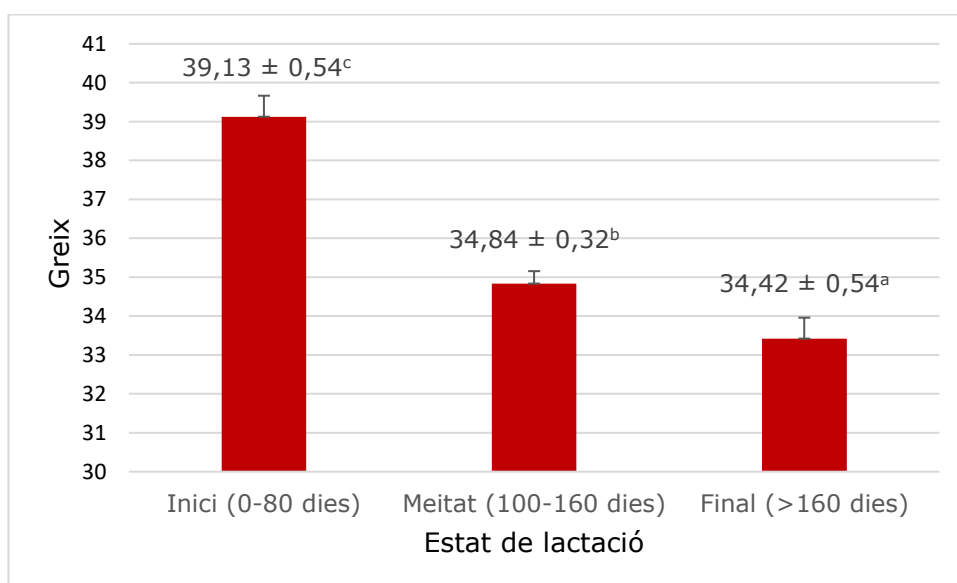


Figura 17. Efecte de l'estat de lactació sobre el contingut en greix del formatge de Tronchón

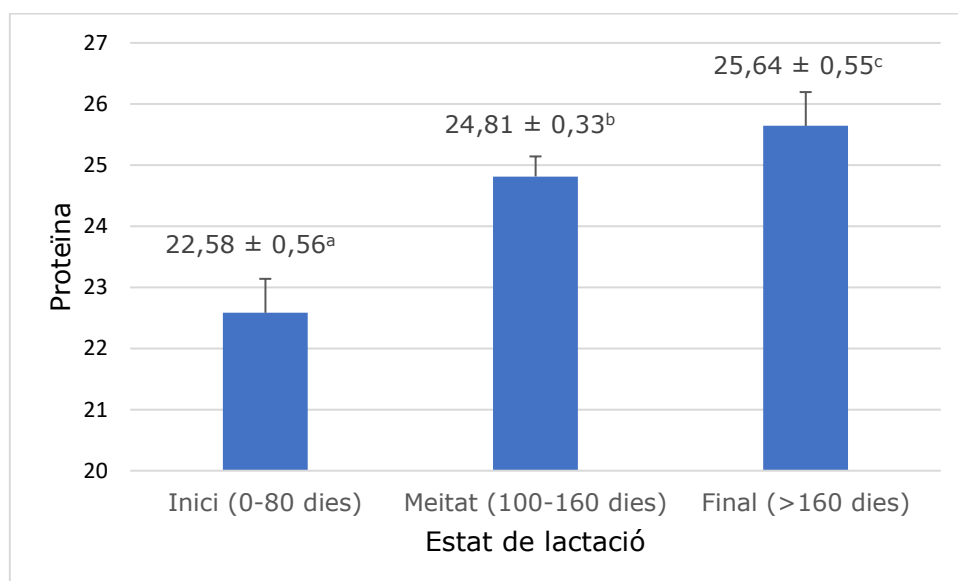


Figura 18. Efecte de l'estat de lactació sobre el contingut en proteïna del formatge de Tronchón

Aquests resultats podrien estar relacionats amb l'elevat contingut de greix en la llet de raça Murciana-Granadina i l'evolució del contingut en proteïna de la llet durant la lactació. Així, la menor concentració de proteïna en la llet a l'inici de la lactació tindria com a conseqüència una major contribució del greix al valor de l'extracte formatger de la llet i per tant, una major relació greix/proteïna en la llet que podria incrementar la concentració final de greix en els formatges (Sánchez-Macias et al., 2010). A mesura que avança la lactació i augmenta la concentració de proteïna en la llet, també augmentaria la concentració de proteïna en el formatge i tendria a disminuir la de greix, a pesar que aquest últim component també incrementa la seua concentració en la llet a mesura que avança la lactació.

Per últim, en la Figura 19, es presenta la duresa del formatge en cada un dels estats de lactació considerats. En aquest cas, els majors valors de duresa s'obtingueren en els formatges elaborats en la meitat del període de lactació a partir d'una llet que presentava un contingut mitjà de greix i proteïna i la menor ràtio entre aquests dos components ($G/P = 1,36$).

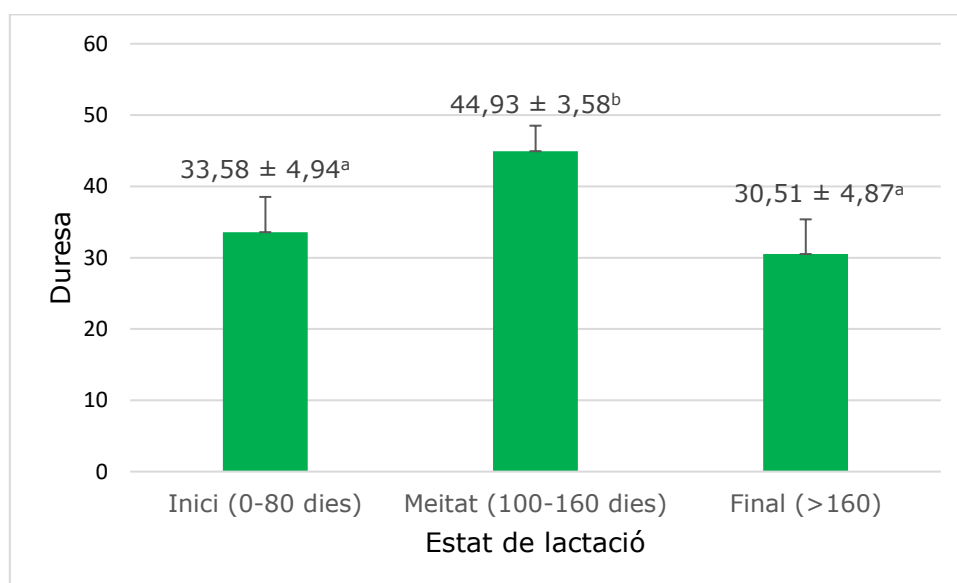


Figura 19. Efecte de l'estat de la lactació sobre la duresa del formatge de Tronchón

La menor duresa dels formatges a l'inici de la lactació podria estar relacionada amb la major concentració relativa de greix en els formatges, conseqüència d'una elevada ràtio greix/proteïna ($G/P = 1,46$). En el cas dels formatges de final de lactació, la menor duresa dels formatges podria estar relacionada amb l'augment de la ràtio greix/proteïna observat en aquest període ($G/P = 1,43$) respecte a la meitat i, també, als canvis en la fracció proteica de la llet que ocorren durant l'última etapa de la lactància i que inclouen entre d'altres, l'augment de les proteïnes solubles.

3. Valoració de l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón

3.1. Eficàcia del procés de fabricació

Per a realitzar la valoració de l'eficàcia del procés d'elaboració del formatge de Tronchón de llet crua de cabra es van emprar les dades corresponents a 16 fabricacions de les quals es disposava del càlcul del rendiment formatger.

Els paràmetres de qualitat de la llet i del formatge emprats en aquest estudi es recullen en la Taula 10, on es pot comprovar que presenten uns valors dins del rang de variació assenyalat en els anteriors punts d'aquesta secció.

Taula 10. Paràmetres de qualitat de la llet i del formatge de Tronchón per l'estudi de la valoració de l'eficàcia del procés de transformació (n=16)

Paràmetre (%)	Valor mitjà	Desviació típica	Valor Mínim	Valor Màxim	Coefficient de variació (%)
Llet crua de cabra					
Extracte Sec	14,65	0,79	13,36	15,69	5,41
Greix	5,39	0,48	4,61	5,99	8,93
Proteïna	3,77	0,25	3,39	4,26	6,66
EF	9,77	0,71	8,04	10,24	7,70
Formatge de Tronchón					
Extracte Sec	55,50	1,57	53,33	58,26	2,83
Greix	30,37	1,30	27,74	32,32	4,29
Proteïna	20,38	0,87	18,73	22,17	4,27

EF: Extracte Formatger (Greix+Proteïna)

En la Taula 11, es presenten els valors calculats per al rendiment formatger i les taxes de recuperació de greix i proteïna en els formatges just abans de començar el procés de maduració.

Taula 11. Paràmetres de la valoració de l'eficàcia del procés de fabricació del formatge de Tronchón de llet crua de cabra (n=16)

Paràmetre	Valor mitjà	Desviació típica	Valor Mínim	Valor Màxim	Coefficient de variació (%)
RF	17,89	1,39	13,21	17,03	7,97
REC greix (%)	84,06	4,87	72,84	89,57	5,80
REC prot (%)	80,32	3,51	73,50	88,18	4,37

RF: Rendiment Formatger (kg formatge/100 kg de llet); REC greix: % de greix recuperat en el formatge en relació al greix de la llet; REC prot: % de proteïna recuperada en el formatge en relació a la proteïna de la llet

El valor mitjà de rendiment formatger obtingut en aquest estudi és superior al reportat per Pazzola et al. (2019) en formatges de llet de cabra de diferents races caprines ($15,73 \pm 2,83$ kg formatge/100 kg de llet) entre

les que es trobava la Murciano-Granadina. També resulta molt més elevat que l'indicat per Zeng et al. (2007) en formatges semi curats de llet de cabra de raça Alpina ($9,03 \pm 1,13$ kg formatge/100 kg de llet), caracteritzada per tindre un baix contingut en greix i proteïna a causa del seu elevat nivell de producció de llet.

La taxa de recuperació de greix en els formatges també va ser més elevada que l'obtinguda per Stocco et al. (2018) qui reporten un percentatge mitjà de $80,86 \pm 5,84\%$. No obstant això, la taxa de recuperació de proteïna indicada per aquests autors ($81,63 \pm 2,51\%$) és similar a l'obtinguda en el present estudi.

3.2. Efecte de l'estat de lactació sobre l'eficàcia del procés de fabricació

L'anàlisi de la variància realitzada indica que l'estat de lactació no va tindre cap efecte ($p > 0,05$) sobre el rendiment formatger ni sobre les taxes de recuperació dels principals components de la llet en el formatge.

Al contrari, l'extracte formatger (EF%) de la llet va afectar significativament el rendiment formatger ($p < 0,001$) però no va tindre cap efecte sobre la recuperació de greix i proteïna en els formatges.

En la Figura 20 es presenta l'evolució del rendiment formatger estimada pel model estadístic, es pot veure que, a igualtat d'extracte formatger (EF=9,18%), l'elaboració de Tronchón en l'última etapa productiva dels animals resultaria menys eficient, malgrat que les diferències no foren estadísticament significatives.

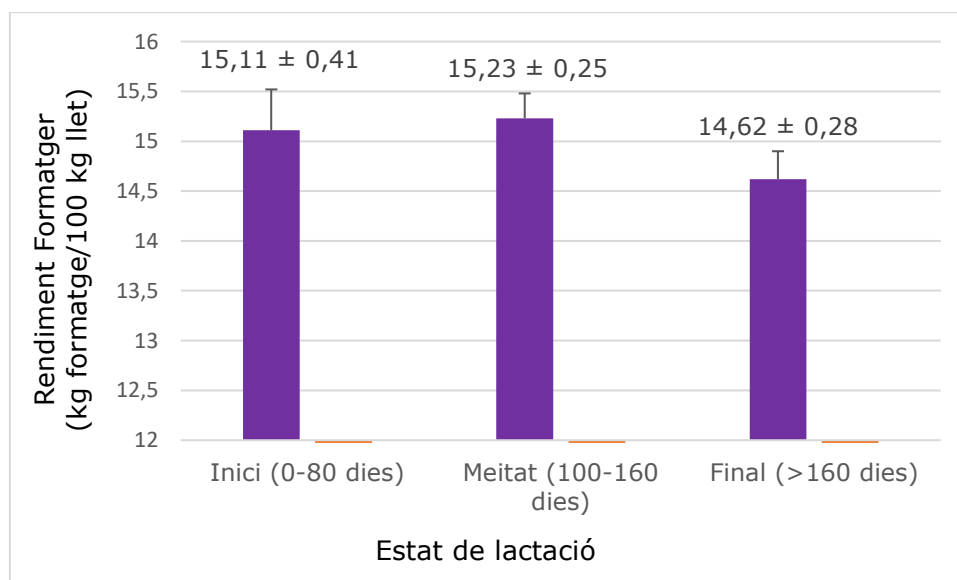


Figura 20. Estat de lactació sobre el rendiment formatger

3.3. Estimació de l'eficàcia del procés de fabricació a partir de les característiques de la llet de cabra

Després de fer l'anàlisi de regressió múltiple per a predir les variables de valoració de l'eficàcia del procés d'elaboració del formatge de Tronchón a partir de les característiques de composició de la llet de cabra s'observa que de totes les variables considerades, únicament el rendiment formatger podria ser acceptablement estimat (Figura 21) a partir del valor d'extracte formatger de la llet, a causa de la correlació existent entre aquestes dues variables ($R^2=0,75$). La resta de paràmetres de qualitat de la llet no van arribar a presentar una correlació prou elevada amb aquest paràmetre per a poder ser utilitzats individualment o en combinació, amb finalitats predictives.

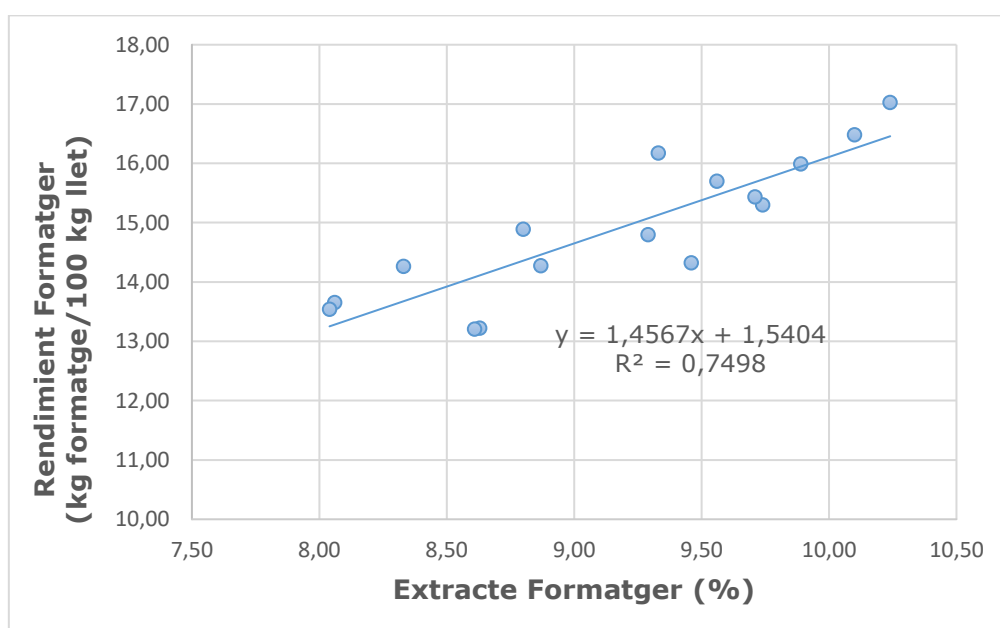


Figura 21. Relació entre l'extracte formatger de la llet de cabra i el rendiment formatger en l'elaboració del formatge de Tronchón

La utilització de l'extracte formatger (EF%) de la llet de cabra Murciano-Granadina per a predir el rendiment formatger (RF%) de l'elaboració del formatge de Tronchón presenta un coeficient de determinació lleugerament inferior a l'indicat per Guo et al. (2004) en formatges frescos de cabra, utilitzant la matèria seca com a variable predictiva ($R^2=0,8$) i molt superior a l'indicat per Zeng et al. (2007) en formatges semi curats de llet de cabres Alpines ($R^2=0,30$).

Respecte a la recuperació de greix i proteïna en el formatge, cap de les equacions plantejades va presentar un coeficient de determinació adequat per ser emprades amb finalitats pràctiques.

V. CONCLUSIONS

Els resultats d'aquest estudi permeten la caracterització del formatge de Tronchón elaborat amb llet crua de cabra, així com l'avaluació de l'eficàcia del procés de fabricació d'aquest formatge tradicional de la Comunitat Valenciana del què hi ha una limitada informació. De l'estudi realitzat es poden extreure les següents conclusions:

- Els paràmetres de qualitat fisicoquímica del formatge de Tronchón (pH, extracte sec, greix, proteïna, àcids grassos lliures i aminoàcids lliures) es troben dins dels valors característics dels formatges de cabra espanyols de 60 dies de maduració podent classificar aquest formatge com "gras" donat el seu contingut en greix. Alguns paràmetres de qualitat del formatge s'han vist afectats per l'estat de lactació dels animals, així el contingut en greix ha sigut més elevat en els formatges fabricats a l'inici i la proteïna per contra ha presentat valors superiors en els formatges fabricats amb llet d'etapes finals de la lactació.

- El perfil de textura (duresa, adhesivitat, elasticitat, cohesivitat i masticabilitat) també és característic dels formatges curats de cabra i només la duresa dels formatges s'ha vist modificada per l'estat de lactació presentant valors més elevats en els formatges de meitat de lactació respecte a la resta d'etapes, el que sembla estar relacionat amb la menor relació greix/proteïna de la llet emprada en la seua fabricació.

- Els paràmetres de color (L^* , a^* , b^* , C^* i h) indiquen una lleugera coloració groga amb poca saturació de color i amb un to elevat que no es veuen afectats pel moment de la lactació on es van realitzar les fabricacions.

- L'avaluació de l'eficàcia del procés d'elaboració del formatge de Tronchón de llet crua de cabra s'ha realitzat a través del càlcul del rendiment formatger i les taxes de recuperació dels principals components de la llet, com són el greix i la proteïna, en el formatge. Cap d'aquests indicadors es va veure afectat per l'estat de lactació dels animals presentant valors habituals en l'elaboració de formatges curats de cabra (rendiment formatger: $17,89 \pm 1,39$ kg formatge/100 kg llet, greix recuperat: $84,06 \pm 4,87\%$ i proteïna recuperada: $80,32 \pm 3,51\%$).

- De totes les variables de qualitat estudiades en la llet, únicament l'extracte formatger de la llet (suma del contingut en greix més proteïna) podria ser utilitzat per predir el rendiment formatger en l'elaboració del formatge de Tronchón, al presentar un moderat coeficient de determinació ($R^2 = 0.75$), la qual cosa reforça la idoneïtat de l'actual sistema de pagament per qualitat en petits remugants utilitzat a Espanya, basat en la utilització de l'extracte formatger de la llet.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Beltrán, M. C., Borràs, M., Nagel, O., Althaus, R. L., Molina, M. P. 2014. Validation of receptor-binding assays to detect antibiotic in goat's milk. *Journal of Food Protection*, 96: 2737-2745.
- Brito, C., Niklitschek, L., Molina, L.H., Molina, I., 2002. Evaluation of mathematical equations to predict the theoretical yield of Chilean Gouda cheese. *International Journal of Dairy Tecnology*, 55: 32-39.
- Chacón-Villalobos, A., Pineda-Castro, M.L. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agronomía Mesoamericana*, 20: 297-309.
- Curró, S., Manuelian, C. L., De Marchi, M., Claps, S., Rufrano, D., Neglia, G. 2019. Effects of breed and stage of lactation on milk fatty acid composition of Italian goat breeds. *Animals*, 9: 764-770.
- Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., Ramírez, R. 2011. Proteolysis, texture and colour of a raw goat milk cheese throughout the maturation. *European Food Research and Technology*, 233: 483-488.
- Emmons, D. B., Modler, H. W. 2010. Invited review: A commentary on predictive cheese yield formulas. *Journal of Dairy Science*, 93: 5517-5537.
- FAOSTAT. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://faostat.fao.org> (fecha acceso: 18/03/2021).
- Fedaku, B., Soryal, K., Zeng, S., Van Hekken, D., Bah, B., Villaquiran, M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheese. *Small Ruminant Research*, 59: 55-63.
- Fenelon, M.A., Guinee, T.P. 1999. The effect of milk fat on Cheddar cheese yield and its prediction, using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. *Journal of Dairy Science*, 82: 2287-2299.
- Folkertsma, B., Fox, P.F. 1992. Use of the Cd-ninhydrin reagent to assess proteolysis in cheese during ripening. *Journal of Dairy Research*, 59: 217-224.
- Fresno, M., Alvarez, S. 2012. Chemical, textural and sensorial changes during the ripening of Marorero goat cheese. *International Journal of Dairy Tecnology*, 65: 393-400.
- Gelvez, V. M, Barrera, M.S, Campo, M.S. 2016. Propiedades funcionales y perfil de textura de un queso de Leche de cabra. *Vitae* 23 (Supl. 1): S759-S763.
- Guo, M., Park, Y.W., Dixon, P.H., Gilmore, J.A., Kindstedt, P.S. 2004. Relationship between the yield of cheese (Chevrè) and chemical composition of goat milk. *Small Ruminant Research*, 52: 103-107.
- Inglingstad, R. Aa., Eknæs, M., Brunborg, L., Mestawet, T., Devold, T. G., Vegarud, G. E., Skeie S. B. 2016. Norwegian goat milk composition and

cheese quality: The influence of lipid supplemented concentrate and lactation stage. *International Dairy Journal*, 56: 13-21.

Lawrence, R.C. 1991. Cheese yield potential of milk. Factors affecting the yield of cheese. *International Dairy Federation (IDF)*, Bruselas, Belgica. Special Issue 9301: 109-120.

Leitner, G., Lavon, Y., Matzrafi, Z., Benun, O., Bezman, D. and Merin, U. 2016. Pricing of cow's milk in relation to bulk milk somatic cell count in the threshold range of 400×10^3 cells per millilite. *Israel Journal of Veterinary Medicine*, 71: 10-15.

MAPA. 2021. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/> (fecha de acceso: 21/02/2021)

Mehdid, M. A. 2010. Efecto del celo y del estrés sobre el recuento de células somáticas en leche de cabra. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Valencia.

Molina, M. P., Beltrán, M. C. 2009. Proceso de elaboración de los quesos. p 35-53. En *Los quesos de la Comunidad Valenciana*. Ed. Fundación Valenciana de Estudios Avanzados. Valencia.

Molina, M. P., Berruga, M. I., Molina, A. 2009. La calidad de la leche de oveja. 355-367. In *Ovinotecnia. Producción y economía en la especie ovina*. Ed. Ed Sañudo C y Cerero R. Pressas Universitarias de Zaragoza

Morgan, F., Massouras, T., Barbosa, M., Roseiro, L., Ravasco, F., Kandarakis, I., Bonnin, V., Fistakoris, M., Anifantakis, E., Jaubert, G., Raynal-Ljutova, K. 2003. Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research*, 47: 39-49.

Nuñez, M., García-Aser, C., Rodríguez-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.

Paape, M.J., Wiggans, G.R., Bannerman, D.D., Thomas, D.L., Sanders, A.H., Contreras, A., Moron, P., Miller, R.H. 2007. Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Ruminant Research*, 68:114-125.

Pazzola, M., Stocco, G., Dettori, M. L., Bittante, G., Vacca, G. M. 2019. Effect of goat milk composition on cheesemaking traits and daily cheese production. *Journal of Dairy Science*, 102: 3947-3955.

Pirisi, A., Lauret, A., Dubeuf, J.P. 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Ruminant Research*, 68: 167-178.

Queiroga, R. D., Santos, B. M., Gomes, A. M., Monteiro, M. J., Teixeira, S. M., DE Souza, E. L., Días, C. J., Estévez, M. M. 2013. Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. *LWT-Food Science and Technology*, 50: 538-544.

- Quintanilla, P., Rivera, N., Beltrán, M. C., Escriche I., Molina M. P. 2016. Caracterización del queso de Tronchón elaborado con leche cruda de cabra. Parte 2: Color y textura durante la maduración. Actas 259-263. XLI Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovino y Caprino. Talavera de la Reina.
- Quintanilla P. 2019. Effect of antibiotics in goat milk on the manufacture and characteristics of cheese. Ph. D. Thesis. Universitat Politecnica de Valencia.
- 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.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79: 57-72.
- Rivera, N., Quintanilla, P., Romero, T., Beltrán, M. C., Molina M. P. 2016. Caracterización del queso de Tronchón elaborado con leche cruda de cabra. Parte 1: Parámetros fisicoquímicos durante la maduración. Actas 253-258. XLI Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovino y Caprino. Talavera de la Reina.
- 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.
- Sánchez-Macías, D., Fresno, M., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-de-la-Nuez, A., Álvarez, S., Argüello, A. 2010. Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese. *Journal of Dairy Science*, 93 :3950–3956.
- Soryal, K., Beyene, F. A., Zeng, S., Bach, B., Tesfai, K. 2004. Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. *Journal of Dairy Science*, 58: 275-281.
- Stocco, G., Pazzola, M., Dettori, M. L., Paschino, P., Bittante, G., Vacca, G. M. 2018. Effect of composition on coagulation, curd-firming and syneresis of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 101: 9693–9702.
- Zeng, S. S., Soryal, K., Fedaku, B., Bah, B., Popham, T. 2007. Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Ruminant Research*, 69:180-186.