

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO QUESERO DE LA LECHE DE CABRA CON LA  
ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO A DISTINTAS CONCENTRACIONES**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**JESSICA BERENICE JAIMES ACEVES**

**ASESORES:**

**MVZ, MC JAVIER GUTIÉRREZ MOLOTLA**

**MVZ PATRICIA NEGRETE TORRES**

**MÉXICO, D.F.**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

Todo el esfuerzo, tiempo y paciencia depositados en esta tesis, fueron especialmente motivados por mi más grande amor Santiago, así que es un regalo para mi niño, que espero que nos abra más puertas en el futuro, te amo mi chiquito.

Y sin duda, es dedicada a mis dos grandes guías en la vida, mi mamita Carmen, y a mi papi Mike, finalmente aquí está el fruto de sus esfuerzos de toda la vida, desde que me enseñaron a caminar, hasta que me inculcaron la importancia de terminar una carrera profesional, podré regalarles la satisfacción que han estado esperando desde hace tiempo!

Con mucho cariño para mis hermanitas, Karen y Belen, que a pesar de nuestras diferencias, han estado en momentos difíciles, y claro, mi vida no habría sido tan feliz sin su presencia en ella.

También la dedico con mucho amor, a una persona que hizo muchos cambios positivos en mí, un gran amigo, quien me dio la dicha de ser madre, y quien me enseñó sobre amor, trabajo rudo, un poco de arte, aventura y lealtad, para Arturo...

Aunque no me viste llegar a la cima, pero recuerdo tu optimismo y tus regaños por ir con mi barrigota a Topilejo a hacer queso, porque sé que siempre quisiste ver a tu nieta profesionalista, porque te extraño mucho, y nunca dejaré de hacerlo, por darme una vida llena de enseñanzas y muchas alegrías, para ti mi Lolita bella...

Para mis pocos amigos, pero valiosos, que aunque nuestras vidas vayan por rumbos a veces muy separados, los tengo muy presentes en mi vida, a Eri, Marco, Indi, Ana, Ely, Ishi, Zack, Gordito, Ere, Arely, Héctor, y a mis compadritos y comadritas de la danza, por darme enseñanzas de la profundidad de la vida.

Con mucho cariño para José, un gran amigo, por tu apoyo, por aguantar mis malos ratos, y por tu amor...

Con todo mi amor y respeto, a todos los seres maravillosos que tanto he amado, quienes me animaron a estudiar esta hermosa profesión, a mi Pelus, Benji, Laxmi, Dingo, Colorina, Jenny, Sandy, Estrella, Gordita, Dolly, Canelo, Negro, Chaleco, Chota, Chamuco, Güero, Andy, Rodrigo, Canita, Canelita, Bagueera, Tequila, Terry y Nessa; a mis amigos caprinos, ovinos, bovinos, equinos, aves, felinos y demás especies que se cruzaron por mi carrera, a sus vidas y distintos sacrificios, por darme las grandes lecciones...

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco al MVZ Javier, por brindarme esta oportunidad ideal para titularme, por su paciencia, sus conocimientos, no solo dentro de esta tesis, gracias por lo aprendido en las prácticas también.

Gracias a la MVZ Paty, por darme las enseñanzas básicas dentro del taller de lácteos, y por su tiempo invertido en este proyecto.

También le agradezco a la MVZ Jazmín por instruirme en el uso del Latoscan®, de la misma manera gracias por los conocimientos otorgados dentro de las prácticas.

Muchas gracias a la MVZ María Salud Rubio, y al MVZ Andrés Ducoing, por su gran ayuda con el análisis estadístico de los resultados de esta investigación.

Por el tiempo dedicado en analizar y mejorar este trabajo, a los miembros del jurado, MVZ Aldo Alberti, MVZ Rocío Arvizu, Q.A. Luz del Carmen y MVZ Alejandra León.

Agradezco también al personal del CEPIPSA, especialmente al encargado de ordeña de los caprinos, y en el taller de lácteos.

Agradezco a mi preciada facultad, a mi amada universidad, por las facilidades otorgadas para realizar este proyecto.

Agradezco a mis profesores, quienes sembraron muchos conocimientos a lo largo de mi profesión, y aún siguen haciéndolo, gracias!!

Gracias a la MVZ Isabel Estevez, por su confianza, apoyo, y el gran impulso que me dio para alimentar mi pasión por el mundo de los quesos y las cabras.

Por supuesto, agradezco a mis padres, sin ellos nada de esto habría sido posible, gracias a toda la familia, que me apoyo cuidando a mi niño para que cumpliera con este proyecto.

Gracias mi niño, porque, en verdad, es por ti, que realicé una tesis para poder licenciarme, gracias por estar en mi vida, eres el mejor regalo que he obtenido de ella...

Gracias a mis hermanitos de las otras especies, especialmente a las cabritas que nos aportaron su leche para elaborar los quesitos, mil gracias!!

# CONTENIDO

	Página
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
RESULTADOS .....	35
DISCUSIÓN .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS .....	67
FIGURAS	
Figura 1. Producción nacional de leche de cabra .....	5
Figura 2. Producción nacional de queso caprino.....	6
Figura 3. Metodología en la elaboración de queso tipo boursin .....	31
Figura 4. Apariencia de las tres muestras de queso tipo boursin.....	40
Figura 5. Textura definida por el evaluador en los tres grupos.....	41
Figura 6. Sabores detectados por el público evaluador.....	42
Figura 7. Porcentaje de la preferencia del consumidor por alguna de las muestras de queso.....	43

## CUADROS

Cuadro 1. Distribución del nitrógeno presente en la leche caprina.....	10
Cuadro 2. Porcentaje de los distintos tipos proteicos en la leche caprina.....	11
Cuadro 3. Parámetros físico-químicos de la leche de cabra para su uso quesero.....	16
Cuadro 4. Tabla comparativa de la coagulación ácida y coagulación enzimática.....	19
Cuadro 5. Análisis de los componentes lácteos antes de la pasteurización.....	35
Cuadro 6. Análisis de los componentes lácteos después de la pasteurización....	36
Cuadro 7. Porcentaje del rendimiento quesero en cada lote.....	37
Cuadro 8. Porcentaje del rendimiento quesero promedio.....	38
Cuadro 9. Nutrientes contenidos en el queso tipo boursin.....	38
Cuadro 10. Nutrientes contenidos en el suero.....	39
Cuadro 11. Rendimiento obtenido en la elaboración de queso panela de cabra...44	

## RESUMEN

JAIMES ACEVES JESSICA BERENICE. Medición del rendimiento quesero de la leche de cabra con la adición de cloruro de calcio a distintas concentraciones (bajo *la dirección de MVZ MC Javier Gutiérrez Molotla y MVZ Patricia Torres Negrete*)

La leche de cabra posee características que dificultan su rendimiento quesero, se ha mencionado que el uso del cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) durante el proceso de coagulación, mejora el rendimiento quesero; sin embargo, no se han realizado estudios precisos que especifiquen su concentración óptima para dicho efecto. En cuanto a los quesos de leche de cabra, el queso tipo Boursin es de los más cotizados en el mercado nacional, por lo que se decidió analizar su rendimiento quesero, bajo el uso de  $\text{CaCl}_2$ , utilizando tres grupos de estudio, un grupo control, un grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$ , y un tercer grupo con 0.05% de  $\text{CaCl}_2$ . Para realizar el estudio, se elaboraron 10 lotes de queso tipo Boursin, con la leche proveniente de cabras de raza alpino francés, de segundo parto en promedio, encontrándose entre el segundo y quinto mes de producción láctea. Los tres grupos de estudio se sometieron a las mismas condiciones de elaboración, exceptuando la incorporación de  $\text{CaCl}_2$ . Se obtuvo el rendimiento quesero en cada uno de los grupos de estudio. El rendimiento quesero en promedio fue de 18.74% en el grupo

control, 18.43% en el grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$  y de 18.26% en el grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$ , encontrándose los mayores rendimientos en el grupo control y los menores en el grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$ . Mediante el análisis de varianzas, se obtuvo un valor-P de 0.8113, por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento quesero de los tres grupos. Asimismo, se decidió realizar un panel sensorial, con público no entrenado, evaluando principalmente la presencia de sabores, texturas o apariencias no deseadas en alguno de los tres grupos. El público evaluador definió como agradable, suave, cremoso y fresco a las tres muestras de queso, sin encontrarse diferencias significativas. Finalmente se realizó el análisis químico proximal de las tres variantes del queso, para correlacionar su contenido de proteína y grasa con el incremento o decremento del rendimiento quesero. El queso del grupo control, obtuvo un contenido de proteína de 15.71% y de grasa de 26.4%; el queso del grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$ , obtuvo el 15.94% de proteína y el 27.3% de grasa; mientras que el queso del grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$  contenía el 14.53% de proteína y el 25.5% de grasa. Demostrando así que el cloruro de calcio, no es necesario para incrementar el rendimiento en la elaboración de queso tipo Boursin.

## INTRODUCCIÓN

La producción de leche caprina en México ha tenido un ligero incremento durante los últimos 10 años, asimismo, la producción de queso de origen caprino muestra un aumento junto con el consumo nacional que se ha extendido recientemente.

Se calcula que el 67% de la leche que se produce en el país, se transforma de manera artesanal, en queso y dulces. Durante el año 2010 se registró una producción nacional de queso de origen caprino de 16,867 toneladas <sup>(1)</sup>.

La importancia de la leche de cabra radica en su rico contenido de nutrientes, superando a la calidad nutricia de la leche producida por los otros rumiantes. Los componentes de la leche de cabra se encuentran organizados dentro de tres fases, una emulsión, una fase acuosa y la proteína se encuentra en una fase de coloide, donde las caseínas se agrupan formando una suspensión micelar de fosfocaseinato de calcio <sup>(2)</sup>.

Su composición varía dependiendo de la raza, estado fisiológico de la hembra, edad, nutrición, etapa de la lactancia, etc. <sup>(3)</sup>. Los componentes presentes en la leche de mayor importancia, en su aptitud tecnológica, son la proteína y la grasa; en cuanto a las proteínas, se habla de dos grupos principalmente, las caseínas que son las proteínas coagulables y las proteínas propias del suero (lactoalbúminas y lactoglobulinas), que no son coagulables <sup>(4)</sup>.

Los factores que afectan el rendimiento quesero, son diversos, clasificándose en factores propios del animal, factores del ambiente, en el manejo productivo, así como factores en el manejo de la leche y el proceso de manufactura del queso.

Si bien la pasteurización de la leche impide el desarrollo de microorganismos indeseables, durante este proceso se pierden cantidades importantes de calcio, por lo que después de este paso, es importante añadir cloruro de calcio, del cual se han propuesto distintas cantidades que van desde el 0.02% hasta el 0.05 %; sin embargo, no se menciona en qué grado es mejorado el rendimiento con dicha adición (5,6,7). El siguiente paso importante en la elaboración de queso es la coagulación, ya que es donde se recuperan o pierden nutrientes valiosos para la calidad del queso (8). Durante este proceso hay muchos factores que pueden afectar el producto final; por lo que es indispensable respetar los grados de temperatura de acción del cuajo, la acidez primordial para impedir el desarrollo de bacterias coliformes (3). El uso del cloruro de calcio unos 15 minutos antes de agregar el cuajo, además de incrementar la presencia de este mineral, nos aporta una mejor firmeza del producto final y acelera el proceso de la coagulación gracias a su poder cementante entre la caseína mejorando el rendimiento quesero (5,8). Mediante la incorporación de fosfato de calcio coloidal en la cuajada, se obtiene mejora en el rendimiento quesero (2,9).

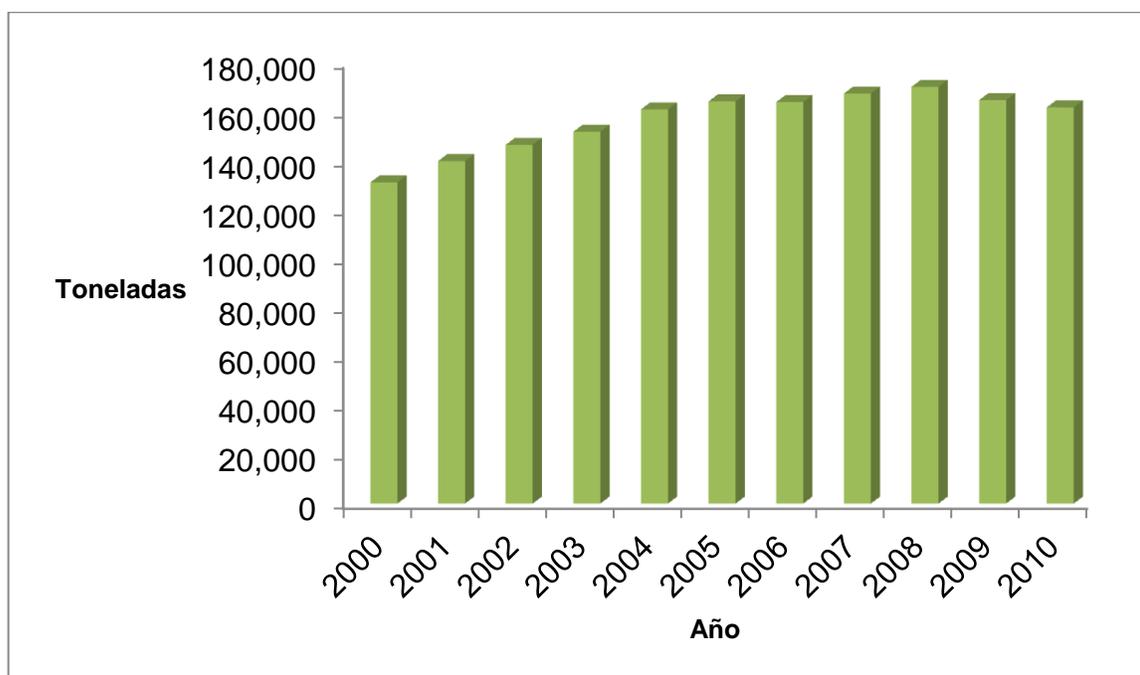
## Antecedentes

### Producción de leche y queso de cabra

Del total de la población caprina nacional, durante el año 2010, se contemplaron 888,600 cabezas de ganado especializado en la producción de leche, aportando una producción de 161,796 toneladas de leche en ese mismo año <sup>(1)</sup>.

En la figura 1 se muestra una gráfica con la producción láctea caprina durante el periodo 2000-2010.

**Figura 1.** Producción nacional de leche de cabra

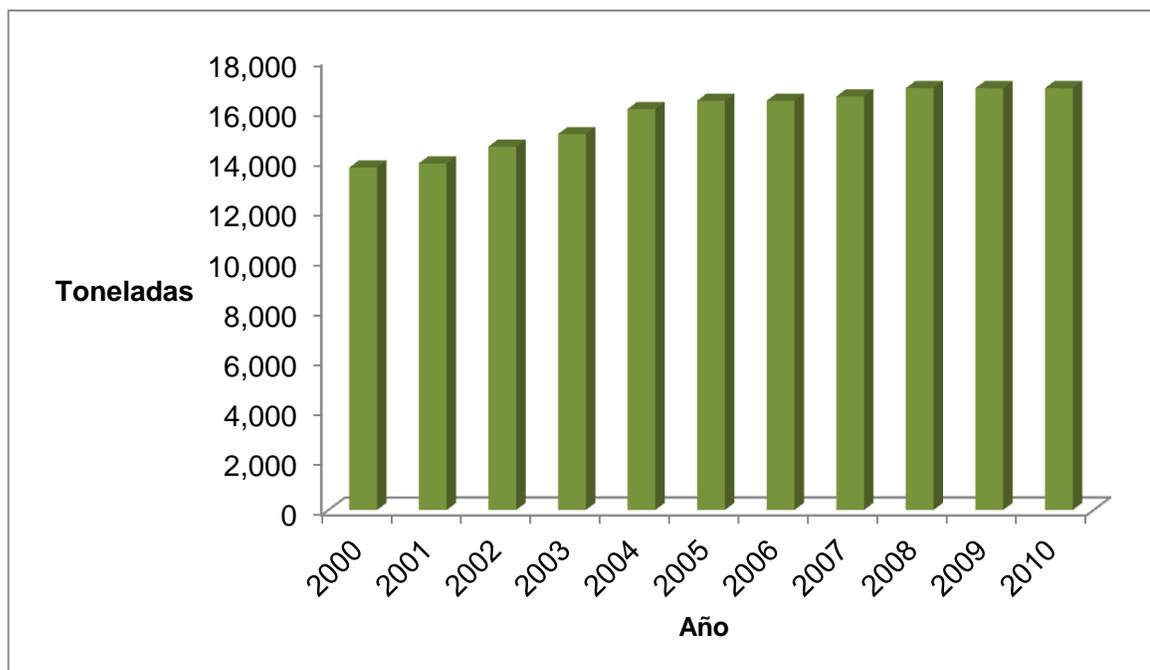


Fuente: FAO, 2012.

En México se estima que la mayor parte de la leche, se destina a la elaboración de quesos, aproximadamente un 70% de manera artesanal y un 30% de manera industrial (10,11). Asimismo, la demanda de derivados de leche caprina, se ha incrementado paulatinamente. Los quesos de origen 100% caprino, que se encuentran mayormente distribuidos en el mercado, son frescos, de pasta blanda y de tipo láctico (11). La producción de queso de origen caprino en México, presenta una tendencia a su incremento cada año, al tiempo que la demanda por el producto va en aumento. Durante el año 2010, la producción quesera caprina registró 16,867 toneladas (1).

En la figura 2 se presenta la tendencia al incremento en la producción anual de queso de origen caprino.

**Figura 2.** Producción nacional de queso caprino



Fuente: FAO, 2012.

### Síntesis de los componentes nutrimentales de la leche

La lactosa procede de la transformación de la glucosa de la sangre, siendo necesarias dos moléculas de glucosa para la formación de este disacárido (12). La lactosa regula la cantidad de agua que se arrastra dentro del alveolo y por lo tanto, el volumen de leche producido (13).

La proteína de la leche se sintetiza en la glándula mamaria a partir de los aminoácidos libres de la sangre (14). Se considera que la globulina es simplemente un producto de filtración, y participa como precursor de la caseína (15).

La grasa se sintetiza por dos vías distintas. La primera, es a través de la absorción de los triglicéridos del plasma sanguíneo, dando origen a los ácidos grasos de cadena de 18 y más átomos de carbono; se calcula que por esta vía se sintetiza aproximadamente el 20% de la materia grasa en la leche. La segunda vía es mediante la formación de triglicéridos a partir de los ácidos grasos libres y el glicerol sintetizados en la glándula mamaria, cabe mencionar la importancia del acetato, ya que mediante su condensación es como se forman los ácidos grasos saturados de 4 a 16 carbonos constitutivos de la grasa de la leche (12,14).

### Composición nutrimental de la leche de cabra

La leche constituye un sistema químico y físico-químico muy complejo, ya que físicamente se pueden distinguir tres fases en ella: es una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contiene numerosos elementos, unos en disolución y otros en estado coloidal (12).

En estado de emulsión, permanecen los lípidos, fosfolípidos, esteroides y vitaminas liposolubles; mientras que la lactosa, sales minerales, vitaminas hidrosolubles, sustancias nitrogenadas no proteicas y algunas enzimas, se encuentran disueltas

en agua, que es el componente más importante cuantitativamente, representando del 85% al 88% <sup>(16)</sup> ; y finalmente las globulinas y albúminas se mantienen en solución coloidal, junto con las caseínas que se encuentran formando una suspensión micelar de fosfocaseinato de calcio <sup>(2,3,12)</sup>.

La lactosa parece ser el factor que limita la producción de leche, es el elemento soluble más abundante y su actividad osmótica global es mucho más elevada que la de los otros componentes <sup>(16)</sup>. Constituye entre el 3.8% y el 5.1% de la leche <sup>(14)</sup>.

Los minerales representan solo una pequeña fracción del total de la leche, casi siempre menor al 1%, oscilando de 5 a 8 gramos por litro <sup>(10)</sup>. Las materias minerales no se encuentran exclusivamente en forma de sales solubles. Una parte importante se encuentra en fase coloidal insoluble <sup>(2)</sup>. Desde el punto de vista tecnológico, el calcio y el fósforo son los minerales más importantes, ya que intervienen en el proceso de coagulación, en los equilibrios salinos, en la aptitud de la leche a la ultrafiltración y en su estabilidad frente al calor <sup>(17)</sup>.

Los componentes de mayor importancia tecnológica y que confieren los atributos de calidad a la leche, son las proteínas y los lípidos.

El componente lipídico es reconocido como el más importante de la leche en términos de costo, de nutrición y de características físicas y sensoriales del producto. Los triglicéridos representan cerca del 98%, también se encuentran algunos lípidos simples y compuestos liposolubles <sup>(18)</sup>. Se habla de una composición grasa que va desde el 2.3 % hasta el 6.9% <sup>(19)</sup>. Los glóbulos grasos presentes en la leche caprina, tienen un diámetro pequeño, encontrándose un promedio de 3.5  $\mu$ , aunque el 65% de éstos tienen un diámetro inferior a 3  $\mu$  <sup>(10)</sup>.

Esto permite una mayor digestibilidad y eficiencia en el metabolismo lipídico; en este sentido, la grasa de la leche caprina no contiene aglutinina, que es una proteína encargada de concentrar los glóbulos grasos para generar estructuras más complejas y de mayores dimensiones, y por esta razón los glóbulos permanecen dispersos y pueden ser atacados más fácilmente por las enzimas digestivas <sup>(18)</sup>.

La leche de cabra contiene normalmente un 35% de ácidos grasos de cadena media (6-14 Carbonos). Los ácidos grasos caproico (C6:0), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0), toman su nombre concretamente de la leche en donde mayormente aparecen, cubriendo un porcentaje del 15% <sup>(20)</sup>. Dichos ácidos grasos son responsables de conferir el sabor *sui generis* en la leche caprina; y en el mismo sentido algunos autores afirman que cuando la tasa de lipólisis en la leche es muy alta, en ella puede aparecer un sabor desagradable, del cual el ácido butírico (C4:0) es directamente responsable <sup>(18)</sup>. Además de que las membranas de los glóbulos grasos son muy frágiles, lo que los hace susceptibles a su ruptura y finalmente confieren sabores extraños a la leche <sup>(10)</sup>.

La leche de cabra posee un contenido de nitrógeno del 0.5% al 0.6%; se distinguen dos grupos de compuestos nitrogenados: las proteínas totales que conforman entre el 91% y el 94%, y las sustancias nitrogenadas no proteicas que representan del 6% al 9% <sup>(17,21)</sup>. Se menciona que el componente proteico constituye del 2.2% al 5.1% dentro de la leche <sup>(19)</sup>. Las proteínas mayoritarias de la leche de cabra, son las caseínas que se caracterizan porque precipitan a un pH de 4,6; y por otro lado, el lactosuero, formado por  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina,

albúmina, inmunoglobulinas, péptidos y otras proteínas menores, algunas con carácter enzimático, permanecen en solución bajo el mismo pH (20).

En el cuadro 1 se presenta la distribución del nitrógeno dentro de la leche caprina, de acuerdo a distintos autores.

**Cuadro 1.** Distribución del nitrógeno presente en la leche caprina

Compuesto nitrogenado	Autor y año		
	P & J 1968	Singh 1972	Jennes 1980
No proteico (%)	8.2	5.9	6.3
Proteína (%)	93	94.3	93.7
Caseína (%)	73.5	71.3	78.3
Proteína en suero (%)	15.3	23	15.4

Fuente: Arbiza AS. Producción de caprinos, 1986

Las caseínas constituyen más del 80% de todos los compuestos nitrogenados, y se encuentran en estado coloidal, se agrupan en numerosas unidades, formando proteínas densas en estado granular llamadas micelas. Las caseínas son compuestos fosforilados, permitiendo la unión de iones de calcio al grupo fosfato, lo que es indispensable para mantener la unión entre las unidades de caseína (22). Existen 4 tipos de caseínas:  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ . Cada una está codificada por genes distintos y estos genes presentan un cierto grado de polimorfismo. En el caso del gen que codifica para la caseína  $\alpha_1$  de la cabra, se conocen hasta 15 variantes o formas (alelos), las cuales se agruparon en cuatro grupos dependiendo del nivel de

síntesis medio de esta caseína, teniendo un efecto fuerte, intermedio, débil o nulo; depende mucho del tipo racial el grado en que se presente cierto tipo de efecto, con lo que se puede explicar la variación, incluso la ausencia de la caseína  $\alpha$ 1 en los distintos tipos de leche (23,24,25). En el cuadro 2 se exponen los distintos contenidos de las variantes proteicas de la leche de cabra.

**Cuadro 2.** Porcentaje de los distintos tipos proteicos en la leche caprina

Proteína	Contenido (%)
$\alpha$ 1 caseína	2.6-4.4*
$\alpha$ 2 caseína	5-19*
$\beta$ caseína	44.2-64*
K caseína	9.8-23.5*
B-lactoglobulina	15.5
$\alpha$ .lactoalbúmina	7.1
Albúmina sérica	3.4
Inmunoglobulinas	---

\*Composición del total de la caseína.

Fuente: Boza J. Aspectos nutricionales de la leche de cabra, 1997.

Las caseínas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  ocupan el centro de una formación esferoidal, cuyo exterior está formado por la protección de la caseína  $\kappa$ , que tiene una parte hidrófila cargada negativamente, conocida como glucomacropéptido. Por lo que, en condiciones normales, las micelas de caseína están rodeadas por una capa de agua, esto sumado a la parte negativa de la caseína  $\kappa$ , promueve la fina distribución de la caseína en la leche; al estar rodeadas por cargas negativas y repelerse entre sí, las micelas de caseína, permanecen en estado de suspensión (26).

#### Factores que intervienen en la producción y composición láctea caprina

Son diversos los factores que controlan la cantidad y la composición de la leche y es complicado hablar del efecto individual de cada uno de ellos, ya que interactúan; sin embargo, se les puede clasificar en factores intrínsecos o genéticos, y factores extrínsecos o ambientales.

La producción láctea en caprinos está influenciada por la composición genética, esto es, la raza y las cruces que la componen, así como también, la variación genética que existe dentro de estas. Además de una amplia gama de efectos ambientales que van desde la alimentación, clima, edad o número de lactancia, peso del animal, tipo de parto, época de parto, manejo durante el ordeño, sanidad de la ubre, entre otras (27).

En cuanto al manejo de la alimentación, es el más importante para mejorar la calidad nutrimental de la leche, ésta mejora dependerá del consumo de materia seca, los carbohidratos estructurales y no estructurales presentes en la ración, el tamaño de partícula, el uso de aditivos, probióticos y suplementos energéticos, así como la interacción entre cada uno de estos elementos (18). El componente graso

es el más sensible ante los cambios nutricionales en la dieta <sup>(18)</sup>. Un incremento en el contenido energético de la dieta, tiende a incrementar la producción láctea, y la cantidad de nitrógeno en la leche se puede incrementar 0.1% a 0.2% <sup>(28)</sup>. El contenido proteico en la leche aumenta gracias a que existe energía disponible para la síntesis de proteína microbiana <sup>(26)</sup>. Los precursores de la grasa son los ácidos grasos volátiles de cadena corta, su formación en el rumen depende sobre todo de la cantidad y calidad del forraje consumido y su relación a otras fuentes de energía <sup>(15)</sup>. La alimentación es tan importante, que se considera el factor limitante de la producción en la mayoría de los casos, un proceso de ayuno prolongado o la restricción de líquido a la dieta, se ve inmediatamente reflejado en una baja de la producción de manera abrupta <sup>(15,28,29)</sup>.

### Principios básicos en la elaboración de queso

El queso es una transformación de la leche, que permite conservar su valor nutritivo y mejorar sus características organolépticas y aumentar su vida útil <sup>(26)</sup>. El queso es definido como el producto de la coagulación de la leche pasteurizada, integral o parcialmente descremada, constituido esencialmente por caseína en forma de gel más o menos deshidratado, que retiene un porcentaje de la materia grasa y un poco de lactosa en forma de ácido láctico, junto con una fracción variable de sustancias minerales <sup>(30)</sup>.

Existe una amplia variedad de quesos, se habla de aproximadamente 2000 variedades en el mundo, las características de cada tipo de queso son el resultado de numerosos factores interdependientes, como son, además de la composición

de la leche, factores microbianos, bioquímicos, físicos, físico-químicos y mecánicos (31,32,33).

El queso boursin o queso gournay, tiene su origen en Francia, y tradicionalmente, es elaborado con leche de vaca, mediante una coagulación de tipo mixta, obteniendo así una textura muy cremosa y suave. Generalmente se elaboran quesos pequeños, mide 8 cm de diámetro y 4 cm de alto, y pesa 150 gramos en promedio. Aproximadamente su contenido en grasa es del 45%, y en humedad es del 70%. Este tipo de queso proviene de una pasta fresca sin cocer ni prensar, no contiene corteza. Su sabor es ligeramente ácido, por esto, la facilidad de mezclarlo con distintos ingredientes, existiendo distintas variedades del queso (34,35).

Mediante la elaboración del queso se logra conservar dos componentes no solubles de la leche, la caseína y la grasa. El proceso básico para la obtención del queso es la coagulación de la leche, seguida por el desuerado. Los componentes de la materia grasa de la leche son responsables en gran parte del aroma y sabor del queso, además de su cuerpo y textura (26).

El proceso de la manufactura del queso inicia con la recepción de la leche, ya que se debe asegurar la higiene de esta a la entrada al taller de lácteos, por lo que es indispensable realizar la filtración de la misma. Previamente al inicio de la fabricación del queso, es necesario someter a la leche a una serie de tratamientos que conducirán a un producto homogéneo y con unos parámetros óptimos para la obtención del queso que se trate de fabricar. Para esto, se realiza el análisis de la leche, inicialmente sensorial, la leche debe tener olor, color y apariencia normales.

Asimismo, es indispensable realizar pruebas de calidad, principalmente es necesario conocer la composición nutrimental, densidad y acidez de la leche, así como también el contenido de células somáticas, residuos de antibiótico y el contenido de la tasa bacteriana (32,36,37, 38). La acidez normal en la leche de cabra posterior al ordeño oscila entre 16 y 19 grados Dornic (un grado Dornic equivale a 1mg de ácido láctico en 10 ml de leche, o bien a 0.1 g/L de ácido láctico) (2); y posee un rango de densidad de 1.030-1.034 (39). La pasteurización es necesaria para eliminar la presencia de agentes patógenos e indeseables en la leche, lo que permite el correcto desarrollo del cultivo iniciador y así se obtiene una acidez ideal para el proceso de coagulación. Generalmente se utilizan dos métodos, la pasteurización rápida, que se realiza a 72°C durante 15 segundos y la pasteurización lenta a 63°C durante 30 minutos. Se prefiere la pasteurización lenta, ya que mantener la leche a temperaturas muy altas durante un tiempo prolongado, puede provocar la pérdida de su calidad organoléptica (36,37,38,40). En el cuadro 3 se presentan distintos parámetros físico-químicos de importancia en la leche para su transformación en queso.

**Cuadro 3.** Parámetros físico-químicos de la leche de cabra para su uso quesero

<b>Variable</b>	<b>Rango o valor</b>
Densidad leche íntegra	1.030-1.034 (no menor a 1.028)
Densidad del suero	1.027-1.029 (no menor a 1.026)
Ph	6.3-6.7
Acidez total (°Dornic)	16-19
Ácido láctico (%)	0.11-0.18
Recuento total de bacterias/ml	$10^4$
Estándar microbiológico para leche tratada térmicamente destinada a uso quesero	$1.5 \times 10^6$ UFC/ml a 30°C
Tratamiento térmico recomendado para leches destinadas a quesos	65°C/30 min
pH al finalizar la acción del cultivo iniciador	3.95

Fuente: Chacón VA. Aspectos nutricionales de la leche de cabra, 2005.

La coagulación consiste en provocar la alteración de la caseína y su precipitación, se hace insoluble y se solidifica, dando lugar a una masa gelatinosa que engloba todos los componentes de la leche. La naturaleza del gel que se forma al coagular la caseína influye poderosamente sobre los posteriores procesos de fabricación

del queso (33). La coagulación se puede provocar por acción de ácidos o por medio de enzimas (38).

La coagulación ácida se produce por la acción de bacterias lácticas que actúan sobre la lactosa y la degradan a ácido láctico. La formación de ácido láctico reduce el pH de la leche progresivamente, provocando la alteración del complejo caseína-calcio, mediante la liberación del calcio de este complejo. Se observa entonces la precipitación de la caseína, que ocurre debido a la pérdida de su carga eléctrica al alcanzar su punto isoeléctrico, esto es a un pH de 4.6. Esta disminución en el pH, reduce la ionización negativa de las micelas de la caseína hasta su neutralización. La acidificación siempre genera una desmineralización progresiva de las micelas. Finalmente, se forman flóculos de caseína ácida que flotan en el lactosuero, el cual contiene calcio micelar disuelto y como la caseína está parcialmente desmineralizada se facilita su separación del lactosuero (8,26,33). La importancia del uso de las bacterias lácticas radica, además, en generar sustancias responsables del aroma y contribuir a la maduración del queso mediante la proteólisis y la lipólisis; asimismo, también son responsables de la textura y cohesión en el producto final, y por otra parte, interfieren en el desarrollo de agentes microbianos indeseables (8,41).

En el caso de la elaboración de queso de cabra, incluyendo el queso tipo boursin, se recomienda emplear fermentos lácticos mesófilos básicos como *Streptococcus lactis* y *Streptococcus cremoris* (36).

La coagulación por medio de la acidez, es la más utilizada en la elaboración de quesos de pasta blanda; la cuajada obtenida mediante este proceso es friable y firme, pero con apariencia esponjosa y contiene mucho suero (8,26).

La coagulación enzimática consiste en adicionar a la leche enzimas tipo proteasas, que tienen la propiedad de coagular la caseína; esto se da en dos fases, la primera es la desestabilización de la micela de caseína y la segunda que consiste en su agregación y precipitación (42). Entre las enzimas utilizadas se encuentra la quimosina, responsable de la hidrólisis de la caseína  $\kappa$ , la cual provoca la ruptura enzimática de la cadena de aminoácidos presentes en ella, por lo que produce su separación en para- $\kappa$ -caseína altamente hidrófoba y el macroglicopéptido hidrofílico y soluble. La desestabilización de la caseína se da porque es destruida la  $\kappa$ -caseína, permitiendo la acción enzimática sobre la  $\alpha$ -caseína y  $\beta$ -caseína.

Posteriormente se forma una red de paracaseinato de calcio, ya que los iones de calcio forman puentes intermicelares, dando origen al gel o coágulo que engloba al resto de los componentes de la leche, no puede disolverse ni dispersarse en el suero lácteo, la micela adquiere un mayor tamaño del que el sistema tolera y se produce la precipitación. Las micelas de paracaseína coagulan siempre y cuando haya una actividad de calcio suficiente (26). La carga mineral de las micelas del coágulo así formado le confieren rigidez y compacidad (26,33).

Se puede considerar una tercera fase dentro del proceso de coagulación, la sinéresis o expulsión de lactosuero y al reacomodo estructural de la red protéica.

El coágulo producido es una entidad dinámica, en términos estrictos nunca alcanza un estado final de equilibrio. El proceso mediante el cual la cuajada va adquiriendo firmeza, involucra la formación de entrecruzamientos entre las micelas de caseína, dando lugar a una red cada vez más reticulada y fuerte, lo que hace que el gel proteico se encoja gradualmente, expulsando lactosuero y atrapando y

distorsionando los glóbulos de grasa (43). En el cuadro 4 se enlistan las diferencias entre la coagulación láctica y la coagulación enzimática.

**Cuadro 4.** Tabla comparativa de la coagulación ácida y la coagulación enzimática

<b>Coagulación enzimática</b>	<b>Coagulación láctica</b>
Acción enzimática sin degradación de la lactosa	Fermentación láctica
Transformación de la caseína a paracaseína y separación de una parte no proteica	No hay modificación química en las proteínas
6.8	4.6
Coágulo formado por fosfoparacaseinato de calcio	Coágulo formado por caseína desmineralizada
Coágulo elástico e impermeable	Coágulo friable y poco compacto
Sinéresis rápida	Sinéresis lenta

Fuente: Gómez IM. Tecnología de lácteos, 2005

Generalmente las enzimas utilizadas en este proceso son de origen animal, principalmente la pepsina y la quimosina o rennina, que se obtienen del abomaso de terneros lactantes (26,42).

La firmeza del coágulo y la textura de la cuajada, así como la velocidad y capacidad del cuajo, se verán influenciados por: la acidez de la leche, ya que tiene una mejor acción en medios ligeramente ácidos, esto es, un pH no menor a 5.2; la cantidad de cuajo; la temperatura, los rangos óptimos varían entre 35°C a 43°C, registrando la velocidad de coagulación máxima de 40°C a 42° C, el efecto del

cuajo desciende mucho a los 20°C y se inactiva a los 5°C o a los 60°C; y además, la presencia de iones de calcio optimiza la función del cuajo (8,32).

El queso tipo boursin se elabora mediante un proceso de coagulación mixta, es decir, una combinación de acidez y acción enzimática, teniendo características muy variables, principalmente en su contenido de humedad, acidez y textura. A este tipo de coagulación mixta, pertenecen la mayoría de los quesos de cabra tipo francés (8).

El desuerado inicia con el proceso de la sinéresis, y concluye con el moldeo y la eliminación progresiva del lactosuero. El proceso de desuerado de una cuajada ácida es diferente que el de una cuajada enzimática, por lo tanto los quesos obtenidos también tendrán diferencias (26).

El salado es uno de los factores que más influyen en el sabor del queso. También interviene en la regulación del contenido de suero y de la acidez. La sal hace que se esponje la pasta del queso, asegura su conservación (junto con el valor de pH), inhibe el desarrollo de los microorganismos causantes del hinchamiento y estimula el desarrollo de la flora de maduración del queso. El contenido en sal también influye en la consistencia del queso, cuanto mayor es el contenido en sal, mayor es la consistencia (44). La incorporación de sal se puede realizar por distintos métodos: adición de la sal a la leche de quesería, salado de la cuajada escurrida, salado seco de los quesos y salado por salmuera. El salado seco se efectúa en algunos quesos de pasta blanda y firme, los quesos se ruedan en la sal o ésta se espolvorea sobre la cuajada (7 gr/ kg de cuajada) (32,36,37).

El siguiente paso en la elaboración del queso es el moldeado de la cuajada, se utilizan moldes de tamaños y materiales variables, dependiendo del formato que se quiera dar al queso; asimismo, los moldes deben contener orificios en sus paredes para permitir el correcto drenaje del suero. El queso obtenido, se puede almacenar en refrigeración, si se pretende conservar como queso fresco, durante esta etapa suceden cambios, principalmente en el contenido de humedad, por esto se requiere un manejo controlado de temperaturas, y su tiempo de vida de anaquel, es reducido (26,36,38).

#### Factores que afectan el rendimiento quesero

El queso está constituido básicamente por proteínas (casi exclusivamente caseína/paracaseína), minerales asociados a las proteínas (fosfato y citrato de calcio), grasa y agua, a las que se encuentran asociados los componentes sólidos del suero, lactosa, sales solubles, nitrógeno no proteico y proteínas del suero (31).

El rendimiento quesero es la suma de las cantidades de materia grasa, proteínas y otros componentes como los minerales, además del agua transferida desde la leche al queso durante el proceso de elaboración (45).

El rendimiento quesero se define como la cantidad de queso obtenido en función de la cantidad de leche utilizada para su elaboración, generalmente se calcula mediante la relación del peso en queso por cada 100 kg de leche. La proporción existente entre la constitución de caseína y grasa, define la eficacia del rendimiento quesero (45,46,47).

En general el rendimiento depende de la variedad específica de queso elaborado, proceso involucrado (tratamientos previos de la leche, tratamiento de la cuajada,

etc.) y textura de las diferentes variedades (quesos duros, semiduros, blandos, etc.). Entre los factores que influyen sobre el rendimiento y eficiencia quesera se encuentra la composición de la leche, particularmente el contenido de caseína y materia grasa, humedad final del queso y las pérdidas de constituyentes de la leche a través del proceso de elaboración; es decir, la cifra de transición de cada componente. Debido a la variación de la composición de la leche, el cual es uno de los más importantes factores que afectan el rendimiento, es importante determinar la expresión de rendimiento como “kg de queso por 100 kg de leche conteniendo X % de materia grasa y Y % de proteína preferiblemente caseína” (45).

El rendimiento quesero se encuentra afectado al 50% tanto por factores de composición de la leche como por factores tecnológicos de la transformación (46).

El rendimiento se correlaciona positivamente con los contenidos de proteína y grasa en la leche, y también con el grado de retención de estos componentes en la manufactura del queso. Sin embargo, el aumento de peso de queso, que resulta del aumento del contenido en proteínas es superior al observado por un aumento similar en la cantidad de grasa. Esto se debe a la mayor capacidad de las proteínas de retener agua. Un incremento en la grasa, tiende a disminuir la velocidad de sinéresis de la cuajada, y por lo tanto, se incrementa la retención de suero (47,48). Es necesario un equilibrio en la relación grasa/proteína, el cual se ha definido de 1:3 en razas caprinas españolas (46). Cuando la tasa de caseína/grasa está cercana a 0.72, la recuperación de grasa y proteína en el queso es máxima (45).

El contenido de caseínas tiene influencia sobre la firmeza del coágulo, aunque cabe mencionar la variación de la composición de las caseínas debido a su

polimorfismo genético. La caseína  $\alpha_1$  puede influir en la disminución del contenido de nitrógeno total en la leche de cabra, la tasa butírica se ve incrementada, así como la de calcio. El tamaño micelar aumenta y por lo tanto, la leche con un mayor contenido de este tipo de caseína, puede producir un cuajo más firme. En cambio, la caseína  $\beta$  disminuye los niveles de grasa y de mineralización de las micelas; aunque por otro lado, favorece el tamaño micelar, por lo que la leche con un mayor contenido de esta caseína, forma un coágulo friable <sup>(49)</sup>.

El rendimiento en grasa está relacionado con las particularidades tecnológicas que ocurren en la fabricación, específicamente con el tipo de trabajo que se le dé a la cuajada como la homogeneización de la leche, temperatura de tratamiento de la leche, firmeza del coágulo, condiciones de corte, agitación, etc. <sup>(45)</sup>. La homogeneización de la leche aumenta la retención de materia grasa y humedad debido probablemente a la alteración de la estructura del coágulo, con lo cual aumenta el rendimiento quesero, ya que puede disminuir las pérdidas de grasa en el suero <sup>(45)</sup>. Asimismo, este procedimiento tiende a disminuir el pH y la concentración de calcio soluble, por lo que existe un acortamiento en el tiempo de coagulación y se incrementa la velocidad y dureza en la formación del gel; aunque también disminuye la velocidad de sinéresis y la cantidad de suero eliminado <sup>(50)</sup>. Por otra parte las sales de calcio solubles son esenciales para el proceso de coagulación y los iones de calcio en particular juegan un rol principal en la agregación de las micelas de caseína. La leche pobre en calcio coagula difícilmente y da lugar a cuajadas blandas y sin firmeza. Además del calcio soluble, una alta concentración de fosfato de calcio coloidal (micelar), disminuye el

tiempo de coagulación, aporta mayor firmeza al coágulo y el desuerado es más eficiente (50).

Por otro lado, una disminución del pH, disminuye el tiempo de coagulación y la cuajada se endurece de manera acelerada, así como tener un pH mayor a 7 puede, incluso, impedir el proceso de coagulación (50).

Existen factores que se pueden controlar desde el momento en que finalizó la ordeña, uno de estos factores es el enfriamiento y conservación de la leche a temperaturas de 2°C a 4°C, lo que provoca una solubilización parcial de las caseínas, principalmente de la  $\beta$ -caseína, dada por una disminución de las interacciones hidrofóbicas (45,50). Asimismo, el fosfato cálcico es más soluble a temperaturas bajas, por lo que se observa una disminución en la dimensión de las micelas, debido a su desmineralización y la fase coloidal queda más finamente dispersa (51). También se produce un aumento en la hidratación de las micelas de caseína. En conclusión, el enfriamiento de la leche trae como consecuencias una coagulación difícil, disminución de la firmeza en el gel, friabilidad y mayor retención de lactosuero en las cuajadas desueradas (50). Por esto, se recomienda la conservación de la leche destinada a su transformación en queso, a una temperatura de 10°C (39).

Si la leche tiene un conteo alto de células somáticas, la recuperación de proteína y de grasa disminuye en forma creciente. Si además, la leche permanece por un largo tiempo a temperatura ambiente, la población microbiana aumenta aceleradamente. Asimismo, si se prolonga el almacén de la leche en refrigeración por más de tres días, aumenta significativamente la cuenta microbiana, particularmente de bacterias que crecen a bajas temperaturas como

*Pseudomonas sp.* y como consecuencia, aumenta la concentración de enzimas extracelulares proteolíticas y lipolíticas, el contenido de nitrógeno soluble y la concentración de ácidos grasos libres (43,45,46).

Por otra parte, los tratamientos térmicos de la leche, provocan otras alteraciones, como la disminución del calcio soluble, debida a la migración de los iones de calcio hacia las micelas de caseína; por lo que el tiempo de coagulación se incrementa, como el tiempo de endurecimiento, además de disminuir la rigidez final del coágulo y el desuerado espontáneo. En el caso de tratamientos térmicos más severos, los efectos son irreversibles, ya que a una temperatura superior a los 80°C, las proteínas lácteas se desnaturalizan, provocando la liberación de compuestos sulfhídricos, confiriendo un sabor a cocido característico, dejando a la leche inutilizable para su transformación quesera (39,50). El calentamiento también promueve la unión de la  $\beta$ -lactoglobulina y la caseína, lo que inhibe la acción de la quimosina sobre la caseína. Los tratamientos por calor a 65°C durante 5 horas, causan que la viscosidad, la acidez titulable y los sólidos totales en la leche de cabra aumenten, a diferencia de la tensión de la cuajada, el tiempo de cuajado y el pH (39).

Un exceso en la agitación y el bombeo de la leche acelera la oxidación (rancidez) de la leche, ya que se promueve fuertemente la separación de la grasa de la leche. La gran mayoría de esta grasa separada pasará al lactosuero, en lugar de contribuir al rendimiento del queso (43).

El manejo de la sustancia coagulante es de suma importancia, ya que depende del tipo de cuajo que se utilice, su fuerza y tiempo de coagulación, además de la proporción de quimosina y peptina presentes, pues la peptina tiene menor poder

de proteólisis en comparación con la quimosina, y también es importante resaltar el hecho de que existe acción residual de proteólisis, por esto se deben usar cantidades adecuadas, ya que un exceso en esta catalización, además de otorgar sabores amargos al producto, produce cuajadas muy débiles y de bajo valor tecnológico quesero <sup>(46)</sup>. Se ha documentado que la quimosina de ternero, está asociada a un nivel ligeramente más bajo de grasa y proteína en el queso, y también se han encontrado rendimientos ligeramente más altos, comparados con el uso de pepsina bovina. Sin embargo, también se ha encontrado a la quimosina de ternero, como el coagulante preferido en términos de maximizar el rendimiento <sup>(45)</sup>.

Se estima que para fabricar 1 kg de queso fresco de leche de cabra, se requieren 7 litros de leche con 4% de materia grasa <sup>(9)</sup>; por lo que se habla de un rendimiento de aproximadamente 14%.

#### Importancia del uso de Cloruro de Calcio en el rendimiento quesero

Las micelas, después de la acción del cuajo, se muestran sensibles a los iones de calcio, y pequeñas variaciones en la concentración de estos iones en la leche, pueden provocar notables cambios en el tiempo de coagulación y la dureza del gel <sup>(50)</sup>. Un tratamiento térmico a temperaturas más elevadas que las permitidas en la pasteurización, produce la precipitación del calcio como trifosfato de calcio que es una sal insoluble. Este fenómeno descompensa el calcio iónico frente al calcio coloidal, ocurriendo una coagulación defectuosa <sup>(26)</sup>.

Generalmente, el fenómeno de floculación ocurre si la leche contiene al menos una concentración de 1.5 a 2 mM de  $\text{Ca}^{+2}$ . Ha sido demostrado que el cociente

Ca/N de la leche, está relacionado con su aptitud quesera. En el caso de la leche que tarda más en coagular, este cociente es inferior a 0.20, mientras que en la leche de rápida o normal coagulación, el cociente es superior a 0.23 (50).

La adición de cloruro de calcio en la leche aumenta el rendimiento quesero, mediante la incorporación de fosfato de calcio coloidal en la cuajada; no obstante este aumento será pequeño siendo afectado por la correlación negativa entre el calcio en la cuajada y la retención de humedad (45).

Por otro lado, la acidificación de la leche aumenta la actividad de los iones  $\text{Ca}^{++}$ , disminuyendo el tiempo de coagulación y aumentando también la firmeza mecánica de la cuajada (43).

Se han mencionado distintos porcentajes de inclusión de  $\text{CaCl}_2$ ; la mayoría de las fuentes citadas, coinciden con no rebasar el 0.02% de adición de cloruro de calcio (36,37,43). Otras referencias mencionan cantidades de hasta el 0.03% (26,37,52) y el 0.04% (43). Y la inclusión máxima referida es del 0.05%  $\text{CaCl}_2$  (6). Asimismo, se ha mencionado que un exceso en la inclusión de  $\text{CaCl}_2$  tiene como consecuencia un sabor sintético o amargo, y una cuajada muy dura o quebradiza (5).

## **Justificación**

En los últimos años se ha visto un incremento en el consumo de queso de origen caprino, esta creciente demanda alienta a los productores de queso a buscar alternativas eficientes que ayuden a disminuir el desperdicio de la materia prima, y que a su vez permitan obtener un producto final con la calidad que exige el consumidor y también con un costo menor en la producción. La incorporación del cloruro de calcio es un paso importante, ya que dicho procedimiento ha sido efectuado en la elaboración de queso de vaca, demostrando su contribución a la mejora del proceso de la coagulación y disminuyendo el desperdicio de nutrientes en el suero; también ha sido probado en el queso de cabra; sin embargo, no existe información suficiente acerca del nivel de rendimiento quesero obtenido y no se ha estandarizado la cantidad correcta para mejorar dicho rendimiento. Es importante recalcar esto, ya que se sabe que si se excede la cantidad de ésta sal, se alteran propiedades de la calidad del producto final, aumentando la dureza y confiriéndole un sabor amargo (5). La información obtenida en esta investigación pretende llegar a los productores de queso caprino, contribuyendo al mejor aprovechamiento de la leche durante su transformación a queso, para finalmente obtener mejores ganancias económicas en las distintas unidades de producción lecheras caprinas.

## **Hipótesis**

Al aumentar la concentración de cloruro de calcio durante el proceso de elaboración de queso tipo boursin, se incrementará el rendimiento quesero de la leche caprina.

## **Objetivos**

### Objetivo General

Cuantificar el nivel de mejora del rendimiento quesero de la leche caprina con el uso de dos distintas concentraciones de cloruro de calcio durante el proceso de elaboración del queso tipo boursin.

### Objetivos Específicos

- Analizar el contenido nutrimental de la leche y compararlo con los nutrientes que contiene el queso como producto final, para estimar el nivel en que se pierden o no, ciertos componentes de la materia prima durante el proceso de la manufactura del queso boursin, a distintas concentraciones de  $\text{CaCl}_2$ .
- Estimar la probabilidad de que el mercado consumidor encuentre alguna alteración de las propiedades organolépticas del producto final, con la adición del cloruro de calcio.
- Estandarizar un proceso de elaboración de queso tipo boursin, adicionando cloruro de calcio a diferentes concentraciones, donde se atiendan específicamente los puntos críticos del desperdicio quesero, buscando también mejorar los atributos sensoriales del producto final y además disminuir costos de producción.

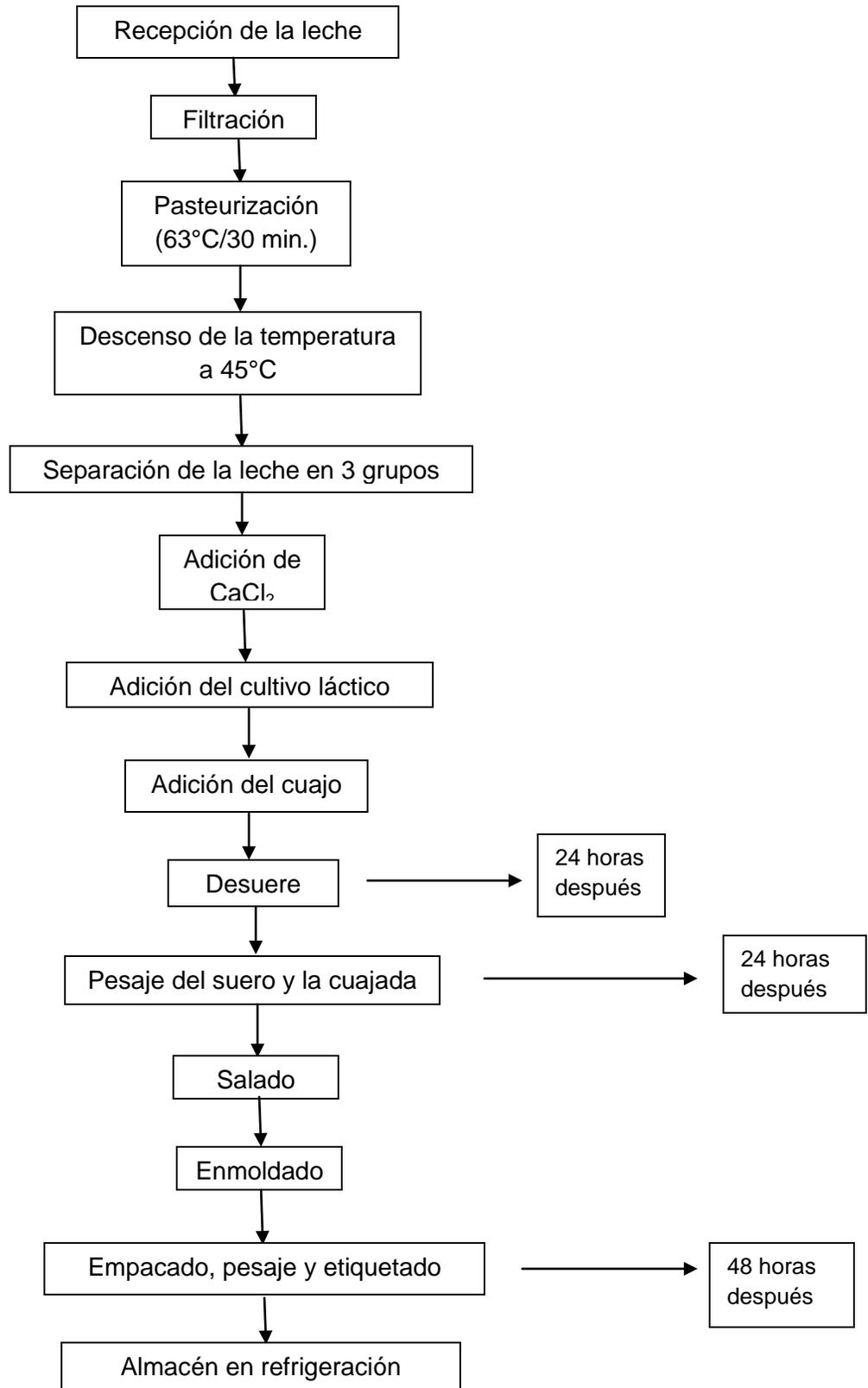
## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El presente trabajo se realizó en el taller de lácteos del Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM.

Se elaboraron 10 lotes de queso tipo boursin con la leche proveniente de cabras alpino francés de segundo parto y en promedio, se encontraban entre el segundo y quinto mes de producción láctea.

Durante dicho proceso, se utilizó cloruro de calcio a dos concentraciones distintas, de acuerdo a lo referido por los distintos autores antes mencionados, se incorporó la cantidad ampliamente recomendada (0.02%) y el porcentaje mayor referido (0.05%), respectivamente, además de un grupo control.

**Figura 3.** Metodología en la elaboración de queso boursin



## **Plan de trabajo**

**Lunes:** Inicialmente se procedió al filtrado y medición de la cantidad de leche a someter a pasteurización. Se tomó una muestra de 10 mL para medir la acidez mediante el método de titulación con hidróxido de sodio, además de dos muestras de 20 mL para analizar la cantidad de proteína, grasa, lactosa, densidad, componentes sólidos, humedad, mediante un aparato llamado Lactoscan® que funciona con ultrasonido.

Posteriormente se procedió a la pasteurización a 63° C durante 30 minutos. Se bajó la temperatura hasta los 45°C. En este momento se muestreo una segunda vez, para su análisis posterior al tratamiento térmico, y corroborar que su contenido no haya sido modificado durante este proceso.

Después se dividió la leche en tres grupos de estudio, utilizando cubetas rotuladas: grupo control, grupo 0.02% CaCl<sub>2</sub> <sup>(36,37,43)</sup> y grupo 0.05% CaCl<sub>2</sub> <sup>(6)</sup>. Se realizó el pesaje de cloruro de calcio correspondiente para cada grupo de estudio, se utilizó cloruro de calcio granulado al 95%. Inmediatamente se diluyó en un volumen de agua purificada de cinco a diez veces mayor <sup>(36,43)</sup> y finalmente se depositó la dilución en cada grupo respectivamente, cuidando la correcta incorporación a la leche.

Cinco minutos después se incorporó el cultivo láctico mesófilo de *Streptococcus cremoris* y *Streptococcus acidulactis*.

Cinco minutos después, y a una temperatura superior a los 36°C y menor a los 39°C, se añadió el cuajo a una dosis de 1mL por cada 10 litros de leche, previamente diluido diez veces en agua purificada.

**Martes:** Después de 24 hrs se procedió a medir la acidez del suero de la cuajada y si ésta oscilaba entre 6 y 7 gramos de ácido láctico/L, se dio inicio al proceso de desuerado en coladores de plástico cubiertos con manta de cielo.

**Miércoles:** Se pesaron el suero y la cuajada obtenidos en éste momento; y se determinó la acidez del suero. Se calculó la cantidad de NaCl que se requiere

añadir a la cuajada, proporcionando 7 gramos de NaCl por 1 kilogramo de cuajada. Posteriormente se inició el enmoldado, utilizando moldes de acero inoxidable con orificios en las paredes para permitir un correcto drenado del suero. Los moldes se colocaron en una rejilla con manta de cielo, y se dejaron en una sala fresca con una temperatura de entre 14°C y 16°C durante 24 horas.

**Jueves:** Se colocó una manta de cielo seca y se voltearon los moldes con la cuajada. Se dejaron 24 horas más en el proceso de desuere. Durante el proceso de desuerado y moldeo se registró la temperatura ambiental diariamente.

**Viernes:** Finalmente se procedió a retirar el producto de los moldes para su empaquetado y etiquetado, el cual refiere el grupo de estudio, la fecha de empaquetado, el nombre del producto y principalmente el peso del producto final. Los quesos se mantuvieron en refrigeración, a una temperatura de 6°C. El producto puede permanecer como máximo dos semanas en espera de su consumo.

### **Análisis químico proximal**

Se seleccionaron muestras del producto final y el suero de cada grupo de estudio, para su análisis químico proximal y así se obtuvo información acerca de componentes, tales como, materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, humedad, cenizas, extracto libre de nitrógeno, calcio y fósforo. Esto se realizó para obtener una comparación de los nutrientes que prevalecen dentro del porcentaje de rendimiento y finalmente para evaluar la calidad de los distintos grupos de estudio.

### **Panel sensorial**

Finalmente, se realizaron pruebas sensoriales al queso, para determinar el grado de aceptación por el consumidor y descartar la posibilidad de que sus atributos sensoriales hayan sido alterados por la presencia del cloruro de calcio.

Para este fin, se realizó un panel sensorial con 100 personas no entrenadas, se proporcionaron muestras de los tres grupos de estudio, además de un sencillo cuestionario (anexo 1) que evaluaba la textura, apariencia, sabor y preferencia.

Toda esta información se analizó mediante el uso de medidas de tendencia central, dispersión y frecuencias, mediante el programa *statgraphics*®, también se realizaron pruebas de t pareadas y modelos logísticos, mediante el paquete estadístico *JMP*® versión 10.0 (SAS Institute Inc., 2012).

### **Determinación del rendimiento quesero**

Para evaluar el rendimiento quesero en los tres grupos de estudio, se utilizó la relación del peso de la leche que fue sometida a pasteurización y el peso del producto final obtenido. Utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento quesero (\%)} = \text{Kg queso obtenido} / \text{kg leche pasteurizada} * 100$$

Se sometieron los resultados a su análisis estadístico mediante el programa *statgraphics*®, con el propósito de establecer correlaciones entre los distintos rendimientos y el contenido de proteína y grasa existente en la leche y en el producto final.

### **Evaluación del rendimiento quesero en el queso panela**

De manera comparativa, se elaboró queso panela, y se clasificaron tres grupos con las mismas concentraciones de cloruro de calcio, para tener una referencia del efecto que provoca en cloruro de calcio en la elaboración de un queso de coagulación enzimática.

## RESULTADOS

En los cuadros 5 y 6 se pueden observar los valores obtenidos en el análisis de la leche antes y después de la pasteurización, respectivamente. En ellos podemos observar que en promedio la leche tuvo una acidez de 2.2 g de ácido láctico/L, una densidad de 1.029, 3.45% de lactosa, 4.7% de proteína, 4.12% de grasa y 8.9% de sólidos totales. El contenido de proteína, sólidos totales, y la densidad, muestran diferencias estadísticamente significativas, con valores de p de 0.0519, 0.0077 y 0.0121, respectivamente; concluyendo que su contenido se incrementa posteriormente a la pasteurización.

**Cuadro 5.** Análisis de componentes lácteos antes de la pasteurización

Lote	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Componente											
*Acidez	1.9	1.7	1.5	2.8	2.8	2.4	2.5	2.1	2.4	2.1	2.2
**Proteína	5.08	4.86	4.59	4.93	4.93	4.93	4.42	3.25	4.42	4.42	4.58
**Grasa	4.49	4.08	3.73	4.52	4.52	4.12	3.67	4.07	3.87	3.79	4.09
**Sólidos totales	9.51	9.13	8.63	9.2	9.2	8.13	8.31	8.33	8.28	8.3	8.7
***Densidad	1.031	1.030	1.029	1.030	1.030	1.028	1.028	1.029	1.027	1.028	1.029
**Lactosa	3.54	3.42	3.24	3.42	3.42	4.28	3.11	4.39	3.09	3.1	3.5

\*Acidez expresada en gramos de ácido láctico/L de leche

\*\*Componentes expresados en porcentaje

\*\*\*Densidad expresada en g/cm<sup>3</sup>

**Cuadro 6.** Análisis de componentes lácteos después de la pasteurización

Lote	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Componente											
*Acidez	1.9	2.2	1.7	2.5	2.5	2.5	2.3	2.2	2.3	1.9	2.2
**Proteína	5.75	4.88	4.84	4.98	4.98	4.78	4.83	4.74	4.35	4.5	4.86
**Grasa	4.92	4.25	3.94	4.61	4.61	3.53	4.09	4.05	3.78	3.8	4.16
**Sólidos totales	10.78	9.14	9.11	9.29	9.29	9.05	9.07	8.89	8.16	8.5	9.13
***Densidad	1.035	1.030	1.030	1.031	1.031	1.030	1.030	1.029	1.027	1.028	1.030
**Lactosa	4.03	3.41	3.42	3.45	3.45	3.42	3.39	3.32	3.05	3.19	3.41

\*Acidez expresada en gramos de ácido láctico/ L de leche

\*\*Componentes expresados en porcentaje

\*\*\*Densidad expresada en g/cm<sup>3</sup>

En el cuadro 7 se muestran los distintos valores de rendimiento quesero obtenidos en cada lote de quesos. El mejor rendimiento (21.19%) lo registró uno de los lotes del grupo de estudio con 0.02% CaCl<sub>2</sub>, aunque estadísticamente no fue más alto que los otros dos grupos (20.72% grupo control y 20.55 % grupo 0.05% CaCl<sub>2</sub>). En general, se registraron porcentajes de rendimiento aceptables, incluso muy buenos, independientemente de la inclusión o ausencia de CaCl<sub>2</sub>.

**Cuadro 7.** Porcentaje del rendimiento quesero en cada lote

Lote	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Grupo											
<b>Control</b>	20.44	20.66	17.36	<b>20.72</b>	20.15	20.21	18.10	17.17	16.77	<b>15.83</b>	18.74
<b>0.02% CaCl<sub>2</sub></b>	19.05	18.9	16.95	<b>21.19</b>	20.56	18.55	18.76	17.48	16.58	<b>16.29</b>	18.43
<b>0.05% CaCl<sub>2</sub></b>	19.21	19.93	16.97	19.45	<b>20.55</b>	18.27	18.38	17.27	16.49	<b>16.06</b>	18.26

En el cuadro 8 se muestran los rendimientos queseros promedio obtenidos en cada grupo de estudio, además del error estándar y el nivel de significancia (P).

Respecto al rendimiento promedio obtenido al final del estudio, es mínima la diferencia, sobresaliendo un poco el grupo control, mientras que el grupo que demostró menor mejora en el rendimiento, fue el grupo con 0.05% CaCl<sub>2</sub>.

En cuanto al análisis de varianza, se obtuvo un valor- P de 0.8113, siendo este valor mayor a .05, se concluye, con un 95% de confianza, que no existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento quesero de los grupos de estudio.

**Cuadro 8.** Porcentaje del rendimiento quesero promedio

<b>Grupo</b>	<b>Control</b>	<b>0.02% CaCl<sub>2</sub></b>	<b>0.05% CaCl<sub>2</sub></b>	<b>Valor P</b>
<b>Media</b>	18.74	18.43	18.26	0.8113
<b>Error estándar</b>	0.533107	0.533107	0.533107	

En el cuadro 9, se presentan los resultados del análisis químico proximal, en promedio, el queso conservó un 15.4% de proteína, un 26.4% de materia grasa y un 52.8% de humedad. Notablemente, el grupo con 0.02% de cloruro de calcio, muestra una calidad nutricia superior a los otros dos grupos, además de conservar la menor humedad, por lo que se puede concluir que el proceso de desuerado fue más eficiente en este grupo.

**Cuadro 9.** Nutrientes contenidos en el queso tipo boursin

<b>Grupo</b>	<b>Control</b>	<b>0.02% CaCl<sub>2</sub></b>	<b>0.05% CaCl<sub>2</sub></b>
<b>Nutriente (%)</b>			
<b>Materia seca</b>	47.88	<b>49.23</b>	44.48
<b>Humedad</b>	52.12	<b>50.77</b>	55.52
<b>Proteína cruda</b>	15.71	<b>15.94</b>	14.53
<b>Extracto etéreo</b>	26.39	<b>27.30</b>	25.55
<b>Cenizas</b>	1.27	<b>1.34</b>	1.25
<b>Extracto libre de nitrógeno</b>	4.51	<b>4.65</b>	3.14
<b>Calcio</b>	1.24	<b>1.32</b>	0.19
<b>Fósforo</b>	0.67	<b>0.68</b>	0.53

En el cuadro 10 se presentan los porcentajes del contenido nutrimental en el suero. Las diferencias entre los tres grupos de estudio son mínimas, sin embargo, lo que resalta, es la eficiencia en la captación de proteína dentro del queso, gracias al uso de cloruro de calcio.

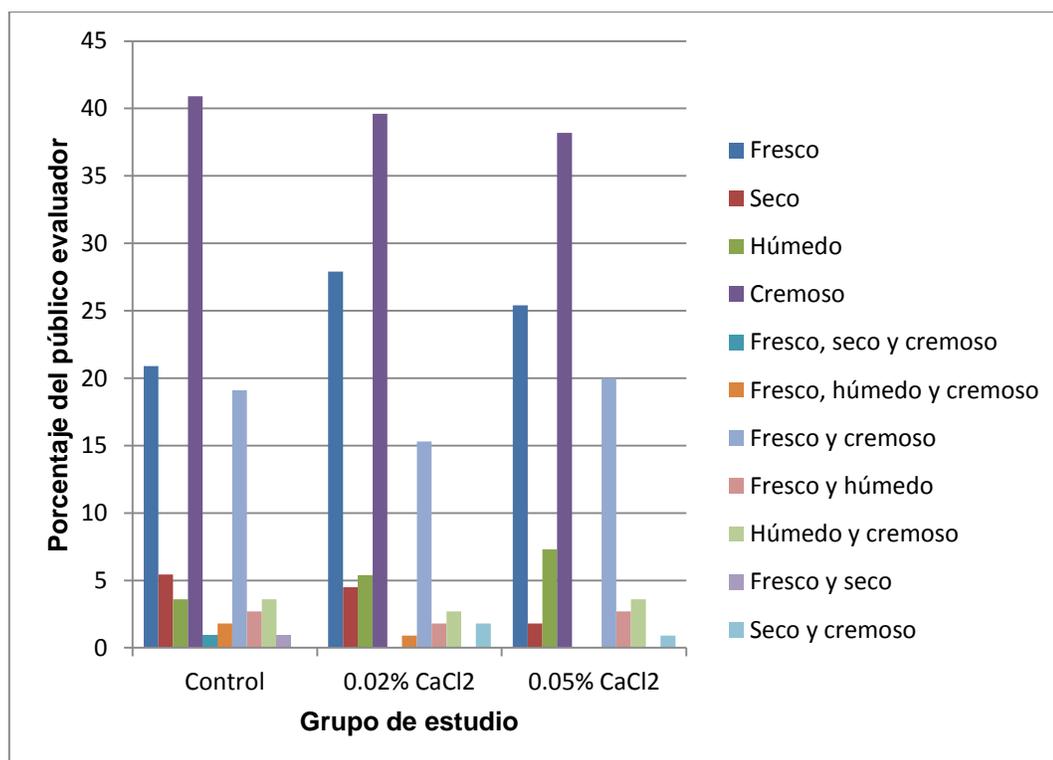
**Cuadro 10.** Nutrientes contenidos en el suero

<b>Grupo</b>	<b>Control</b>	<b>0.02% CaCl<sub>2</sub></b>	<b>0.05% CaCl<sub>2</sub></b>
<b>Nutriente (%)</b>			
<b>Materia seca</b>	6.49	8.6	7.56
<b>Humedad</b>	93.51	91.4	92.44
<b>Proteína cruda</b>	0.97	0.59	0.53
<b>Extracto etéreo</b>	0.50	0.91	0.31
<b>Cenizas</b>	0.87	1.17	1.03
<b>Extracto libre de nitrógeno</b>	4.14	5.93	5.7
<b>Calcio</b>	2	2.56	2.36
<b>Fósforo</b>	1.45	1.38	1.27

**Nota:** No fue posible estimar una diferencia estadística en los contenidos nutrimentales del queso y del suero, debido a que dichos resultados, se obtuvieron de una sola muestra.

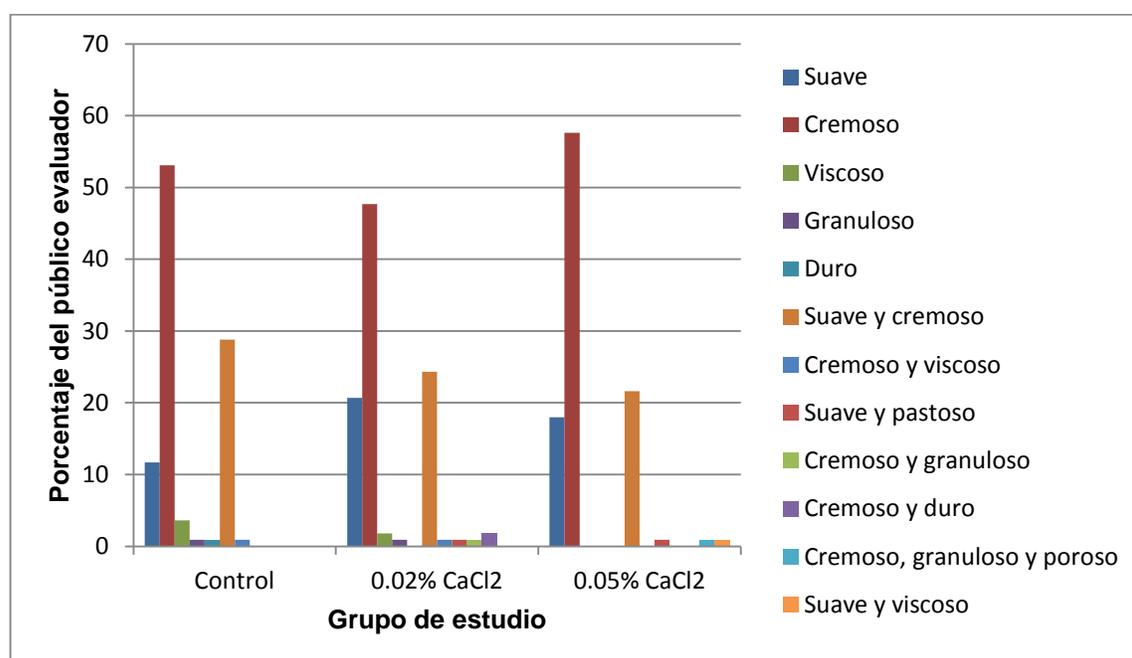
En la figura 4, se representan los atributos de apariencia del queso experimentadas por los consumidores, en general, el queso fue percibido como un producto fresco y cremoso; el 41% de los consumidores, encontró el grupo control como el queso más cremoso, y el 28% de los consumidores, opinó que el grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$ , era el queso más fresco en apariencia; sin embargo, los valores de p obtenidos en el análisis estadístico, son superiores a 0.78, en el caso de la apariencia fresca, y superiores a 0.40, en el caso de la apariencia cremosa; en conclusión, no existe diferencia significativa entre los grupos de estudio en cuanto al grado de frescura o cremosidad percibida por el público evaluador.

**Figura 4.** Apariencia de las tres muestras de queso tipo boursin



En la figura 5 se representan las distintas opciones de textura del queso en los tres diferentes grupos, y el público evaluador definió al queso como un producto suave y cremoso, sin encontrarse diferencias notables entre los tres grupos. Es importante mencionar, que la textura no fue calificada como quebradiza o dura en alguno de los grupos de estudio. Respecto al análisis estadístico, se encontraron valores de p superiores a 0.42 en cuanto a suavidad, y mayores a 0.18 en el atributo de cremosidad, por lo que se confirma, que no existe diferencia estadística en la textura suave y cremosa, dentro de las distintas variantes de queso.

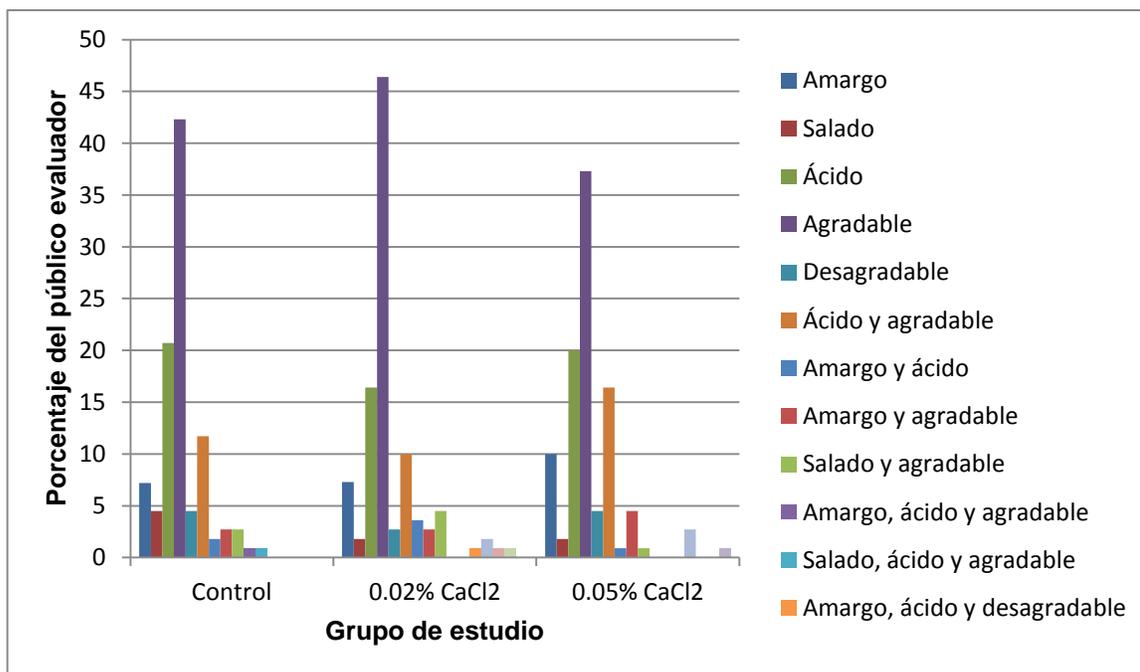
**Figura 5.** Textura definida por el evaluador en los tres grupos.



En la figura 6 se presentan los niveles de los distintos sabores detectados por el público evaluador. Evidentemente no existen grandes diferencias en el sabor de los tres distintos quesos, en general, el sabor fue definido como agradable y ácido. El 46% de los evaluadores, opinaron que el queso del grupo con 0.02% CaCl<sub>2</sub> fue

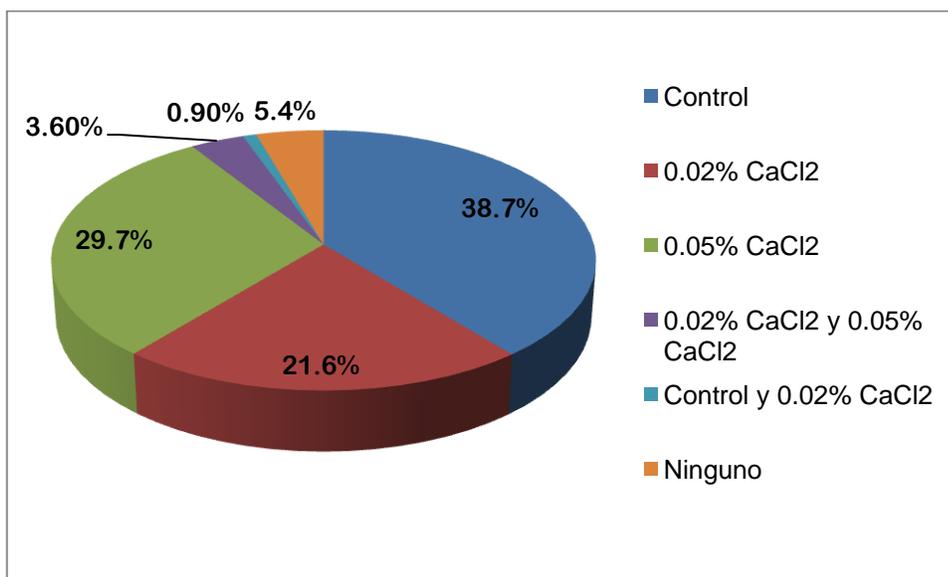
el queso con sabor más agradable, mientras que el 20% de los evaluadores encontraron, a los quesos del grupo control y grupo con 0.05% CaCl<sub>2</sub> como las muestras con mayor acidez. Sin embargo, los valores de p superiores a 0.33, indican que no hay significancia en la diferencia en cuanto a la acidez percibida dentro de los distintos grupos de estudio. Asimismo, el análisis estadístico, confirma que las tres muestras de queso fueron agradables al público, por igual. El sabor amargo se detectó mínimamente en los tres grupos, el 7% de los evaluadores percibió el sabor amargo en los grupos control y con 0.02% de cloruro de calcio, mientras que un 10% del público evaluador, encontró este sabor en el grupo con 0.05% CaCl<sub>2</sub>, y con valores de p superiores a 0.56, se prueba que no existe diferencia estadística en la presencia del sabor amargo dentro de las tres muestras.

**Figura 6.** Sabores detectados por el público evaluador



En la figura 7 se muestra la proporción del público entrevistado que prefirió ciertas muestras, incluso hubo consumidores que refirieron preferir ambas muestras con cloruro de calcio. Mediante un modelo logístico, se obtuvo que existe una diferencia estadísticamente significativa, entre el grupo control y el grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$ , con un valor de p de 0.0317. Sin embargo, no es posible afirmar, que dicha preferencia esté dada en base al contenido de  $\text{CaCl}_2$ , ya que el grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$  mostró un buen nivel de aceptación por parte del consumidor.

**Figura 7.** Porcentaje de la preferencia del consumidor por alguna de las muestras de queso



En el cuadro 11 se presentan los rendimientos evaluados en la elaboración del queso panela, se puede analizar que la inclusión de cloruro de calcio es efectiva en este tipo de queso, se obtienen más kilogramos de queso adicionando 0.05% de cloruro de calcio, sin embargo, es necesario conocer la composición en materia seca, humedad, proteína y grasa.

**Cuadro 11.** Rendimientos obtenidos en la elaboración de queso panela de cabra

Grupo de estudio	Control	0.02% CaCl <sub>2</sub>	0.05% CaCl <sub>2</sub>
Pesaje			
Litros de leche	20	20	20
Litros de suero	11.707	16.350	14.053
Peso final del queso (kg)	2.622	2.922	2.960
Rendimiento quesero (%)	13.11	14.61	14.8

**Nota:** El análisis anterior, pertenece a una sola muestra, por lo que no se pudo establecer si existe alguna diferencia estadísticamente significativa en los distintos grupos de estudio.

## DISCUSIÓN

### Influencia de la composición láctea sobre el rendimiento del queso tipo boursin

El cloruro de calcio, se ha utilizado en la elaboración de queso, durante varios años, demostrando su efectividad en la mejora del rendimiento quesero; sin embargo, deben intervenir numerosos factores que contribuyan a esta mejora. Inicialmente, la leche caprina, posee características peculiares respecto a la leche bovina, por lo que sus procesos tecnológicos deben adecuarse a estos rasgos importantes de la leche caprina. La leche que fue utilizada en esta investigación, registró valores nutritivos que se encuentran dentro del rango de la composición láctea caprina, de acuerdo a lo mencionado por Park *et al* <sup>(19)</sup>, la leche caprina contiene del 2.3 a 6.9% de grasa y del 2.2% a 5.1% de proteína por lo que, respecto a ambos componentes (4.12% grasa y proteína 4.7%), es considerada una leche de buena calidad para la elaboración de queso. La densidad promedio fue de 1.029, un valor aceptable para la elaboración de queso, de acuerdo a lo mencionado por Chacón <sup>(39)</sup>, debe ser superior a 1.028; sin embargo, la acidez (2.2 g/L de ácido láctico) supera por poco el rango aceptable, según menciona el mismo autor (1.6 a 1.9 g/L de ácido láctico); mientras que, Alais <sup>(2)</sup>, menciona que una acidez normal en la leche, alcanza hasta los 2.2 g/L de ácido láctico. Así que se puede concluir que el rendimiento quesero no se afectó negativamente por alguna deficiencia o alteración nutrimental en la leche.

## Factores que afectan el rendimiento queso durante el proceso de elaboración

Las variaciones en los componentes lácteos previamente y posteriormente a la pasteurización, son mínimas, aunque los contenidos de proteína y sólidos totales, así como la densidad, mostraron diferencias estadísticamente significativas, demostrando su incremento después de someter a la leche a altas temperaturas y a un mecanismo de homogenización.

Ya iniciado el proceso de elaboración del queso, se contemplaron factores que tenían cierto control durante el experimento; sin embargo, hubo factores que no fue factible controlar, y se deben tomar en cuenta para explicar la variación en el rendimiento queso. Principalmente, la temperatura de la pasteurización, pudo afectar este rendimiento, ya que en muchas ocasiones, la temperatura deseada se alcanzó en diferentes tiempos, prolongando el tiempo a temperaturas altas, se pudo haber afectado el contenido nutrimental y algunas propiedades de la leche, como la disminución del calcio soluble, según menciona Tornadijo *et al* (50). Asimismo, los tratamientos térmicos, generalmente, provocan un aumento en la acidez titulable (acidez normal y acidez desarrollada) y los sólidos totales, de acuerdo a lo mencionado por Dinesh y Gupta (39). Buraglia, Dunkley y Stevenson (53,54,55), refieren que el tratamiento térmico, provoca la desnaturalización de algunas proteínas del suero como las inmunoglobulinas y  $\beta$ -lacto-globulinas, formando complejos entre sí, junto con las caseínas y los glóbulos grasos, además de provocar un aumento en el tamaño de las micelas. De esta manera, se puede explicar la variación en el contenido de proteína, grasa y sólidos totales, después del tratamiento de pasteurización. Estos cambios mínimos en la composición de la

leche provocados por la pasteurización, no intervinieron de forma negativa en la calidad nutrimental de la leche, por lo tanto, el rendimiento quesero no se afectó por dicho tratamiento térmico.

### Rendimiento quesero obtenido

El rendimiento quesero debe contemplar la cantidad de queso obtenida de cierta cantidad de leche, con cierto porcentaje de grasa y proteína. Ya que se contaba con leche de buena calidad nutricia, se esperaba un rendimiento quesero muy bueno (superior al 14%) <sup>(9)</sup>. El rendimiento quesero obtenido fue de 15.83 % hasta 21.19%, el mejor rendimiento registrado, lo obtuvo el grupo con 0.02% CaCl<sub>2</sub>. El rendimiento quesero en promedio obtenido durante este trabajo, fue de 18.48 %, es decir, son necesarios 5.4 litros de leche de cabra con 4.12% de grasa y 4.7% de proteína, para fabricar 1 kg de queso tipo boursin. Sánchez *et al* <sup>(50,51)</sup> mencionan que el rendimiento usual en un queso fresco y suave de leche de cabra, es de 13.6% (7.35 litros de leche por kilogramo de queso), y que este rendimiento se puede mejorar hasta 18.9% (5.3 litros de leche por kilogramo de queso). Malacarne *et al* <sup>(9)</sup> mencionan que se requieren 7 litros de leche de cabra con 4% de grasa para fabricar 1 kilogramo de queso fresco, obteniendo un rendimiento quesero del 14%. Así que independientemente del uso de cloruro de calcio, se obtuvo un promedio de rendimiento quesero dentro de estos rangos. El rendimiento más bajo que fue de 15.83%, es decir, se utilizaron 6.3 litros de leche para producir 1 kilogramo de queso, incluso este porcentaje de rendimiento es muy bueno.

Respecto al rendimiento quesero obtenido en cada uno de los grupos, en repetidas ocasiones el grupo control obtuvo mejores rendimientos que los grupos adicionados con cloruro de calcio. El cloruro de calcio debe de encontrarse como un auxiliar en el incremento del rendimiento quesero, más no como paso primordial en el proceso tecnológico del queso, ya que se pudo demostrar, que el rendimiento quesero no se incrementa aumentando el porcentaje de inclusión de esta sal.

En cuanto al análisis de varianza, se obtuvo un valor P de 0.8113, por lo que, con un 95% de confianza, no existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la mejora del rendimiento del queso tipo boursin, con la adición de cloruro de calcio.

Si bien, no es necesario el uso de cloruro de calcio, en la elaboración del queso tipo boursin, para incrementar la cantidad de queso producido, se pueden encontrar otras contribuciones a dicho rendimiento. El cloruro de calcio puede tener efectos importantes en el tiempo de coagulación, y en la firmeza de la cuajada obtenida, al parecer juega un papel primordial en el proceso del desuerado, ya que se pudo comprobar, que el contenido de humedad en un queso elaborado con cloruro de calcio, es menor al de un queso sin  $\text{CaCl}_2$ . Aunque también es importante mencionar, que debe existir una cantidad adecuada para hacer eficiente este proceso, ya que un queso con mayor contenido de cloruro de calcio (0.05%), resulta tener un mayor contenido de humedad, que un queso con un menor porcentaje de inclusión de cloruro de calcio (0.02%). Entonces se puede decir, que al elaborar queso con leche que contiene 4.35% de proteína y 3.78% de

grasa, se obtiene un rendimiento del 16.77% sin la adición de  $\text{CaCl}_2$ , sin embargo, el contenido de humedad de este queso es mayor que en un queso elaborado con la adición de 0.02%  $\text{CaCl}_2$ , cuyo rendimiento es de 16.58%, aparentemente, el proceso de desuere es más eficiente con el uso de este aditivo. Inda <sup>(43)</sup> menciona la importancia del calcio dentro de este proceso, ya que funciona como acelerador, a medida que desciende el pH en el lactosuero, el calcio y el fosfato de calcio micelar, se comienzan a solubilizar, el fosfato de calcio se pierde junto con el lactosuero, antes que el calcio micelar, la disminución del pH incrementa la actividad del ión calcio, promoviendo la velocidad de la coagulación y la firmeza en la estructura del queso.

A diferencia del queso con 0.02% de  $\text{CaCl}_2$ , el queso con 0.05%  $\text{CaCl}_2$ , posee un mayor contenido de humedad, lo que nos refieren Lucey y Fox <sup>(56)</sup>, es que la adición de calcio a concentraciones bajas (menores a 0.04%), incrementa la velocidad de coagulación y la firmeza del gel formado. Sin embargo, concentraciones mayores, reducen esta velocidad, posiblemente debido a un exceso de calcio ligado, lo que interfiere con la correcta formación del gel, o también podría verse reducida la solubilidad de la  $\kappa$  caseína. Mientras tanto, Wruster y Gyr <sup>(57)</sup>, mencionan que aumentar la concentración de cloruro de calcio por encima del 0.04%, provoca una reducción en el proceso de sinéresis.

## Captación de nutrientes en el queso

Asimismo, parece existir una mayor eficiencia en la captación de nutrientes de la leche hacia el queso, ya que en un queso elaborado con 0.02%  $\text{CaCl}_2$  se obtuvo un mayor contenido en todos los nutrientes evaluados, en comparación con un queso elaborado sin este aditivo; se observó que el uso de una cantidad mayor de cloruro de calcio, no mejora la captación de nutrientes en el queso.

En un estudio realizado por Osman *et al* <sup>(58)</sup>, se midieron los efectos del cloruro de calcio sobre la composición nutrimental y sobre los atributos sensoriales en el queso blanco fresco, encontrando que disminuyeron los contenidos de sólidos totales, proteína, cenizas y acidez titulable, al igual que el rendimiento quesero; el contenido de materia grasa no tuvo cambios importantes. Sin embargo, existen otros estudios, cuyos resultados difieren de estos; Bille *et al* <sup>(59)</sup>, reportan un incremento en el contenido de cenizas, proteína y grasa con la adición de cloruro de calcio, en la elaboración de queso gouda; Lucey y Fox <sup>(60)</sup>, mencionan que existe un incremento en el contenido de proteínas, debido a la adición de cloruro de calcio, el cual integra mayor cantidad de calcio entre las micelas de caseína, reteniendo, por lo tanto, una mayor cantidad de proteína. En cambio, Solorza-Feria <sup>(61)</sup>, menciona que con la adición de cloruro de calcio, se disminuye la humedad, y se incrementan ligeramente los contenidos de sólidos totales, proteína, grasa y cenizas. Wolfschoon-Pombo <sup>(62)</sup>, menciona que con la adición de 0.01% de cloruro de calcio en la elaboración de queso tipo Emmental, los sólidos grasos y no grasos tienen un ligero aumento, al igual que el rendimiento quesero.

Inda <sup>(43)</sup>, refiere que en un proceso industrial 100% eficiente, el queso retiene el 93% de la grasa de la leche, y el 7% se pierde en el lactosuero. Asimismo, hace una diferenciación entre los minerales que retiene una cuajada enzimática (60%) y la cuajada ácida (40-50%). En el lactosuero, es factible encontrar el 50% de sólidos totales, el 25% de proteína, el 7% de grasa, el 95% de la lactosa (aunque depende del contenido de humedad del queso) y el 50% de minerales.

En este estudio, de un total de 301 gramos de proteína contenida en la leche, el grupo control conservó 187 gramos en el queso y perdió 46 gramos en el lactosuero, mientras que el grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$  conservó 185 gramos y perdió 28 gramos en el suero y el grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$  conservó 168 gramos en el queso y perdió 25 gramos en el suero. Por lo tanto, se calculó que aproximadamente el 15% de la proteína se encontró en el lactosuero del grupo control, mientras que el grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$ , el 9% de la proteína se conservó en el suero y en el grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$  se encontró el 8% de la proteína en el suero.

En lo referente al contenido de grasa, se calculó que en el suero del grupo control, se encontraba el 9 % de la grasa total, en el grupo con 0.02%  $\text{CaCl}_2$  se encontró el 16% de la grasa y en el grupo con 0.05%  $\text{CaCl}_2$  se conservó aproximadamente, el 5% de la grasa en el lactosuero. De acuerdo al contenido nutrimental del suero, mencionado por Inda, no se excede el nivel de desperdicio de nutrientes hacia el lactosuero.

En este estudio, el contenido de nutrientes en el lactosuero fue muy poco variable entre los tres grupos de estudio. Es evidente la acción positiva del cloruro de calcio sobre la retención de proteína en el queso, ya que el suero del grupo control contiene 0.97% de proteína, comparada contra 0.59% y 0.53% de proteína en el suero de los grupos con 0.02%  $\text{CaCl}_2$  y 0.05%  $\text{CaCl}_2$ , respectivamente. Para hacer efectiva esta suposición, es necesario realizar más muestreos de suero y queso, para conocer sus contenidos nutrimentales.

#### Utilidad del cloruro de calcio según el tipo de coagulación

La eficiencia del cloruro de calcio para hacer rendir la leche en su transformación a queso, está en función de la cantidad de calcio soluble presente en la leche; sin embargo, este calcio, es indispensable en una coagulación de tipo enzimática, en la cual el calcio interviene en la unión estrecha entre las micelas de caseína, formando una red de paracaseinato de calcio. En cambio, la coagulación láctica, entre otras cosas, consiste en la desmineralización progresiva de las micelas de caseína, el calcio, en su mayoría, forma parte del lactosuero, y el coágulo se forma esencialmente de caseína ácida, el calcio no es indispensable en este tipo de coagulación, como lo refiere Gómez <sup>(26)</sup>. Con esto se puede concluir, que el cloruro de calcio funciona adecuadamente en la elaboración de un queso de coagulación enzimática, y no es adecuado en quesos de cuajada láctica.

Sin embargo, el queso tipo boursin, es elaborado mediante una coagulación mixta, la cual, consiste en utilizar una relación de acidez y cantidades distintas de cuajo, en este caso, se trata de una coagulación mixta, donde predomina el principio de

acidez, ya que se permite el desarrollo de un medio ligeramente ácido (2 a 2.5 g de ácido láctico/Litro de leche) para añadir una cantidad débil de cuajo (10 mL de cuajo por cada 100 L de leche), según lo referido por Alais <sup>(2)</sup>. En este caso, la coagulación se da gracias a la acción conjunta de la disminución del pH y la acción enzimática, esto es, se permite una desmineralización parcial de las micelas de caseína, ya que de acuerdo con Inda <sup>(44)</sup> se incrementa la solubilidad del fosfato de calcio, y también la acidez provoca la deshidratación de las micelas de caseína, lo que facilita la acción enzimática sobre esta proteína. Sin embargo el ion calcio incrementa su actividad, participando también entre los distintos enlaces salinos e hidrófobos de las micelas de paracaseinato de calcio <sup>(63,64)</sup>. El hecho de que se realice una combinación de estos dos tipos de coagulación, disminuye el tiempo de esta. Es importante definir el rol del calcio dentro de una coagulación mixta con predominación láctica, ya que, en este caso, su importancia radica en la velocidad de la coagulación (dependiendo de su abundancia en el complejo del paracaseinato) y no en el incremento de kilogramos de cuajada obtenida. De acuerdo a Sánchez C. <sup>(65)</sup>, el contenido de calcio presente en el queso, varía dependiendo del tipo de cuajada, en una pasta láctica se contempla 0.1 g/ 100 g de queso, y en una cuajada mixta con predominio ácido, se calcula que hay 0.2 g de calcio/100 g de queso, existiendo una marcada diferencia con una cuajada enzimática, la cual se calcula que contiene 0.5 gramos de calcio/100 kg de queso; definiendo así que el cloruro de calcio no es funcional en la mejora del rendimiento del queso tipo boursin, sin embargo, puede contribuir a la velocidad del proceso de coagulación.

Es importante mencionar, que obtener mejores rendimientos en la elaboración de quesos de pasta láctica, tiene más dificultades que hacerlo en la elaboración de quesos de pasta enzimática. Se realizó una comparación con el uso de cloruro de calcio en la manufactura de queso panela con la misma leche obtenida en el rancho, y se muestran diferencias más marcadas dentro de los tres distintos grupos de estudio, mostrando el efecto positivo del cloruro de calcio en la agilización del proceso de desuere, y finalmente, en la mejora del rendimiento quesero. De igual manera, es importante recalcar, que son necesarias más muestras y mediciones para sustentar esta idea.

#### Atributos sensoriales

En cuanto al análisis sensorial, la apariencia fue determinada como fresca y cremosa, sin diferencia estadística significativa entre los tres grupos. Conforme a lo mencionado por Kazuko y Tomoko <sup>(34)</sup>, el queso tipo boursin se caracteriza por su alto contenido de humedad, superior al 70%, por lo que el queso elaborado con o sin el uso de cloruro de calcio, cumple con el atributo de fresca en apariencia. Los atributos que más alteraciones podrían sufrir con la adición de cloruro de calcio, son los de sabor y textura. Sin embargo se evaluó la textura como suave y cremosa, estadísticamente los tres grupos tienen suavidad y cremosidad por igual. Según Chamorro y Losada <sup>(35)</sup>, la textura de un queso elaborado mediante coagulación láctica, es más homogénea, untuosa, suave y cremosa, en algunos, es granulosa, y el grado de cohesión depende de las tecnologías utilizadas en su elaboración; la descripción de duro o quebradizo no es sobresaliente en el estudio, por lo que se demuestra que la adición de una cantidad superior a 0.02% de

cloruro de calcio, en la elaboración del queso tipo boursin, no provoca una cuajada dura o quebradiza, como lo menciona Scott <sup>(5)</sup>.

El sabor del queso, fue descrito como un sabor agradable y ligeramente ácido. De acuerdo a lo que mencionan Chamorro y Losada <sup>(35)</sup>, el conjunto olfato-gustativo, así como la textura en el queso, varían dependiendo del tipo de coagulación que se utilizó en su elaboración, en este caso, siendo una coagulación mixta, con cierto predominio de la coagulación láctica, el sabor esperado es ácido y un poco dulce. El sabor amargo fue detectado en los tres grupos de estudio, sin establecerse una diferencia significativa; sin embargo, el sabor amargo fue detectado por un número pequeño de consumidores (menos del 10% de la población), y a la mayoría le resultó agradable.

Cabe mencionar, que los atributos de apariencia, textura y sabor, dependen de muchos factores, principalmente de la composición de sólidos totales, grasa y proteína en el queso, y el nivel de proteólisis y lipólisis, y finalmente, el proceso empleado en la elaboración del queso. En este caso, los contenidos de proteína y grasa en el queso, son bastante aceptables, ya que la relación entre estos componentes es muy importante en la determinación de la textura en el queso, pues las redes formadas por la proteína envuelven a los glóbulos grasos, dando cierto grado de firmeza, suavidad y cremosidad, conforme a lo mencionado por Green, Turvey y Hobbs <sup>(35,66)</sup>.

Referente a la preferencia del consumidor, el público evaluador, encontró tan agradable la muestra control como la muestra con 0.05% de cloruro de calcio. Y

hubo una diferencia estadística significativa entre el grupo control y el grupo con 0.02% de  $\text{CaCl}_2$ , siendo mayormente preferido el grupo control, sin embargo, no es posible atribuir esta preferencia a la presencia o ausencia del cloruro de calcio. Por lo tanto, una adición mayor de cloruro de calcio en la manufactura de queso tipo boursin, no altera las propiedades organolépticas del producto.

La mejora del rendimiento queso engloba una variedad de manejos, iniciando en el sistema de producción animal de donde proviene la leche, del cual, se obtiene una calidad nutrimental específica de la leche destinada a su transformación quesera; y durante su transformación, es indispensable seguir un protocolo, el cual atiende cuidadosamente los puntos críticos del proceso. Los puntos críticos detectados en el proceso de manufactura del queso tipo boursin, inician en la pasteurización, es de suma importancia mantener fija la temperatura y respetar el tiempo de duración de dicho tratamiento térmico, así como moderar el proceso de homogenización; en segundo lugar, es necesario utilizar cantidades adecuadas de cultivo láctico y cuajo, asimismo, se debe permitir una correcta acción de estos componentes, utilizando la temperatura ideal del desarrollo de dichos microorganismos deseables, y por supuesto, procurar añadir el cuajo a una temperatura que desarrolle mejor su acción enzimática; en tercer lugar, se debe procurar manejar delicadamente la cuajada obtenida, utilizando recipientes que ayuden a disminuir el desperdicio de grano fino de la cuajada, durante el desuerado; y finalmente, durante el proceso del enmoldado, es cuando se pierde una mayor cantidad de cuajada, por lo que, se requiere de una mejor participación de la mano de obra, ya que es necesario retener la mayor cantidad posible de

cuajada en los moldes. Este protocolo de manufactura del queso tipo boursin, junto con el uso de una leche de excelente calidad, son las medidas que mejor contribuirán a la mejora del rendimiento quesero, ya que el cloruro de calcio no incrementa el rendimiento quesero, sin embargo, interviene en la mejora de la calidad del producto final, haciendo eficiente el proceso de desuerado y ayudando a la captación de una mayor cantidad de proteína, y por lo tanto de grasa. En cuanto a la pérdida de la humedad, cabe mencionar, que dependerá del estándar de calidad que se busca en el producto, en este caso, el queso tipo boursin, se define como un queso fresco, generalmente contiene un 70% de humedad; por lo que la mejor función del cloruro de calcio en la elaboración de este tipo de queso, radicará exclusivamente en la eficiencia del desuerado y en la captación de nutrientes.

La eficiencia del desuerado otorgada por el cloruro de calcio, permitirá que el proceso de desuere se realice de forma pasiva, es decir, no será necesario tanto manejo sobre la cuajada por parte del personal que participa en la manufactura. Al disminuirse este manejo sobre una cuajada friable, se evitará mucho desperdicio de grano fino de la cuajada.

Además, el cloruro de calcio, ayuda a que el proceso de coagulación se complete en menos tiempo, además de otorgarle a la cuajada mayor firmeza, lo que también facilita el manejo de este gel, disminuyendo el desperdicio.

La decisión sobre el uso de cloruro de calcio, se basa particularmente, en la calidad de la leche de la cual se obtiene el queso. Siendo una leche, con una

buena cantidad de proteína, grasa y minerales, se puede descartar el uso del cloruro de calcio. Sin embargo, si se tratara de una leche de calidad pobre, se consideraría el uso de este aditivo, asegurando la mayor captación de proteína. Además del factor de la calidad, el uso de  $\text{CaCl}_2$  estará en función del nivel de rendimiento quesero que se obtiene en dicha quesería, así como de la economía del productor.

En México, la mayoría de los productores, tienen pequeñas queserías artesanales, introduciendo pequeños volúmenes de leche, y por lo tanto, obtienen un bajo volumen de producción, al no asegurar un incremento de la cantidad de queso obtenido con el uso de  $\text{CaCl}_2$ , es más factible buscar la mejora en la calidad de su producto, y por consiguiente, obtendrían mayores ganancias, aún sin obtener un mayor volumen de producción.

La economía del productor, se puede mejorar elevando la cantidad de proteína y grasa en el queso, utilizando el cloruro de calcio para captar una mayor cantidad de nutrientes, e incluso requiriendo menos mano de obra, gracias a su participación en el desuerado. La diferencia en la calidad del producto (cantidad de proteína y grasa) se refleja en el precio de estos en el mercado, siendo muy variable, por ejemplo, los quesos con un menor contenido de estos nutrientes tienen un precio aproximado de \$45.00, y en cambio un queso de mejor calidad, se cotiza en precios de hasta \$80.00 (tratándose de productos de 200 gramos aproximadamente).

El mercado del queso de cabra se encuentra en expansión a medida que hay un mayor conocimiento de dicho producto, y una mejor aceptación, rompiendo con tabúes existentes en la cultura del país. Es necesario, seguir realizando investigaciones sobre otras medidas a las que se pueda recurrir, para hacer eficientes los sistemas de producción de queso artesanal, para contribuir a cumplir la demanda en el país, la cual tiene una tendencia a aumentar en los siguientes años.

### Conclusión

Un aumento en la concentración de cloruro de calcio, durante el proceso de la elaboración de queso tipo boursin, no incrementa el rendimiento quesero de la leche caprina.

Durante el proceso de pasteurización no se pierden los nutrientes de la leche.

La adición del cloruro de calcio, no altera las propiedades organolépticas del queso tipo boursin.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) FAOSTAT [Database on the internet]. FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. C2011-[citado 2012 Oct 02]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor>
- 2) Alais C. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 4<sup>a</sup> ed. España: Reverté, 1985.
- 3) Corcy JC. La cabra. Primera edición. España: Mundi- Prensa, 1991.
- 4) Gall C. Goat Production. 2<sup>a</sup> ed. Inglaterra: Academic Press, 1987.
- 5) Scott R. Fabricación de Queso. 2<sup>a</sup> ed. España: Acribia S.A., 1991.
- 6) Lambert JC. Village milk processing methods. FAO Animal production and health paper 69. Part 4. Roma, Italia, 1988.
- 7) Yépez O, Nouel O. Elaboración de Queso Fresco de Leche de Cabra. Unidad de Investigación en Producción Animal, Decanato de Agronomía. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Venezuela, 2002.
- 8) Caprahispana [Página de internet]. España: Principios básicos para la elaboración del queso. Mafalda Impastato Planelles. 2001; [citado 2012 Oct 22]. Disponible en: <http://www.caprahispana.com/>
- 9) Malacarne M, Summer A, Panari G, Pecorari M, Mariani P. Caratterizzazione chimico-fisica della maturazione del Parmigiano-Reggiano. Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia. Parma, Italia 2006; 57 (4): 215-228.
- 10) Arbiza AI. La Leche Caprina y su Producción. 1<sup>a</sup> ed. México: Editores Mexicanos, 2001.
- 11) Iruegas E.L, Castro L.C, Ávalos F.L. Oportunidades de desarrollo de la Industria de la leche y carne de cabra en México. FIRA Boletín Informativo 1999; 313 (32): 31-40.
- 12) Veisseyre R. Lactología Técnica. 2<sup>a</sup> ed. España: Acribia, 1988.

- 13) Carmona AS. Manual de acondicionamiento y transformación de leche de cabra en la región productora de Libres (informe de residencia profesional). Puebla, México: Instituto Tecnológico Superior de Libres, 2011.
- 14) Boza L.J, Ferrando R.G. Lactación de la cabra y los factores que la regulan. Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental 1990; 2: 47-78
- 15) Agraz G. A., Caprinotecnia I. Segunda Edición. Limusa. México, 1984.
- 16) Vega S, Gutiérrez TR, Díaz GG, González LM, Ramírez AA, Salas MJ, *et.al.* Leche de cabra: producción, composición y aptitud industrial. Alfa editores técnicos, 2005; 20 (5): 9-18. \*Juárez M, Ramos M. Physico-chemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. Bull. Int. Dairy Fed. 1986;202:54–57
- 17) Buxadé C. Zootecnia, Bases de producción animal. Tomo IX Producción Caprina. 1ª ed. España: Mundi-Prensa, 1996.
- 18) Bedolla MO, Rosero NR, Posada SL. Utilización de recursos forrajeros frescos y ensilados, y su impacto sobre la industria láctea caprina. Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. ASOCABRA. Universidad de Antioquia. Colombia, 2007.
- 19) Salvador A, Martínez G. Factores que Afectan la Producción y Composición de la Leche de Cabra: Revisión bibliográfica. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Producción Animal. Venezuela, 2007. 48(2):61-76.
- 20) Boza J, Sampelayo MRS. Aspectos nutricionales de la leche de cabra. Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental, 1997.10: 109-139.
- 21) Arbiza AS, Bermúdez WJ, Tron J, Cruz P, Cuéllar OA, Valle HC, *et al.* Producción de caprinos. 1ª ed. México: AGT Editor, S.A, 1986.
- 22) Alarcón GE. Polimorfismo del gen de *CSN3 caprina* en un rebaño de cabras criollas (Tesis de licenciatura). Veracruz (Veracruz) México: Universidad Veracruzana, 2007.

- 23) Serradilla MJ. Polimorfismos genéticos de las proteínas lácteas caprinas. Mundo ganadero. Madrid, España 2002 Jul-Ago. Vol. 13 (146): 54-56.
- 24) Sitio Argentino de Producción animal [Página de internet] Argentina: Determinación genética de la cantidad de proteína en la leche de cabra. Peris S. 2001 Jul 07; [citado 2012 Oct 13]. Encontrado en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_caprina/leche\\_caprina/18-genetica\\_proteina.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/18-genetica_proteina.pdf)
- 25) Serradilla MJ. Últimos avances en el estudio del gen de la caseína  $\alpha 1$  para su empleo en el esquema de selección de la raza caprina malagueña. Federación española de asociaciones de ganado selecto. Universidad de Córdoba. España 2002. 21: 107-109.
- 26) Gómez IM. Tecnología de lácteos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogotá, 2005.
- 27) Ortega GG, Raz CI, Magaña SH, Ortiz OJ, Sierra VA, Centurión CF, *et al.* Interacción genotipo x ambiente en cabras lecheras. Bioagrocencias. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México 2011 Jul-Dic. Vol.4 (2):23-27.
- 28) Solaiman GS. Goat Science and Production. 1<sup>a</sup> ed. Estados Unidos de América: Wiley Blackwell Publishing, 2010.
- 29) De la Torre AM. Interacción entre el genotipo de la  $\alpha 1$ - caseína y el nivel de proteína de la dieta. Utilización nutritiva, producción y composición de la leche en cabras de raza malagueña (tesis de doctorado). Granada, España: Universidad de Granada, 2006.
- 30) González VM. Tecnología para la elaboración de queso blanco, amarillo y yogurt. Panamá: SENACYT ampyme, 2002.
- 31) García IB. Caracterización físico-química de diversos tipos de quesos elaborados en el valle de Tulancingo, Hgo. con el fin de proponer normas de calidad (tesis de licenciatura). Tulancingo (Hidalgo) México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2006.

- 32) Medina FR. Principios básicos para la fabricación de quesos. Departamento de bioquímica y microbiología INIA. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: Madrid, 1990. 13 (87).
- 33) Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo. Prevención de la contaminación en la industria láctea. España, 2001.
- 34) Kazuko M, Tomoko Y. Manuales de gastronomía. Quesos franceses. 1ª ed. Barcelona, España: Ediciones Omega, 1997.
- 35) Chamorro M, Losada M. El análisis sensorial de los quesos. Tecnología de alimentos. 1ª ed. España: Mundi-Prensa, 2002.
- 36) Fundación para la Innovación Agraria. Elaboración de productos con leche de cabra. Ministerio de Agricultura: Santiago, Chile, 2000.
- 37) Pineda ES. Producción y estudio para la comercialización de queso semimaduro de cabra ahumado en el Cantón Ibarra Provincia de Imbabura (tesis de ingeniería). Quito, Ecuador: Universidad de las Américas, 2011.
- 38) Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad [Página de Internet] México: Queso, crema y mantequilla. FONAES. 2010 Ago 23; [citado 2012 Oct 24]. Encontrado en: <http://www.fonaes.gob.mx/index.php/guias-empresariales/alimentos>
- 39) Chacón VA. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. Agronomía Mesoamericana. Costa Rica, 2005 Jul-Dic. Vol 16 (002): 239-252.
- 40) Rodríguez GRM. Derivados de la leche, el queso. Revista Virtual Pro, Procesos industriales. Bogotá, Colombia 2005 Dic. Num 47, p.9.
- 41) Ordoñez AL. Evaluación del uso del ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) como agente coagulante de la caseína de la leche de ganado bovino (seminario). Escuintla, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Sur, 2008.

- 42) Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad [Página de Internet] México: Quesos. FONAES. 2010 Ago 23; [citado 2012 Oct 24]. Disponible en:  
<http://www.fonaes.gob.mx/index.php/guias-empresariales/alimentos>
- 43) Inda CA. Optimización del rendimiento y aseguramiento de inocuidad en la industria de quesería. México: Organización de los Estados Americanos, 2000.
- 44) Canales CC. Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector lácteo. Centro de publicaciones. España: Ministerio de Medio Ambiente, 2005.
- 45) Menz NM. Estudio del rendimiento quesero teórico a través de ecuaciones predictivas y su correlación con el rendimiento práctico, en queso chanco industrial (tesis de licenciatura). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, 2002.
- 46) González CJ. El rendimiento quesero: factores que afectan. II Jornadas técnicas caprinas. Fondo Formación Proyecto Alimex. España, 2003.
- 47) Iñigo VG. Rendimiento quesero: predeterminación en base a la composición de la leche y su aptitud quesera. La Ciencia y el Hombre. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 1991 Sep-Dic. No. 9: 63-70.
- 48) Formaggioni P, Summer A, Franceschi P, Malacarne M, Mariani P. Cheese yield: factors of variation and predictive formulas. A review focused particularly on grana type cheeses. Ann. Fac. Medic. Vet. de Parma, Italia. 2008. Vol. XXVIII: 211-232.
- 49) Rosas GB. Relación entre producción de leche, su composición química y su rendimiento en la elaboración de queso, en cabras lecheras (tesis de maestría). Colima (Colima) México: Universidad de Colima, 2005.
- 50) Tornadijo ME, Marra AI, García FM, Prieto B, Caraballo J La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: calidad química. Ciencia y tecnología alimentaria. Reynosa, México. 1998. Vol II (002): 79-91.

- 51) Sánchez C, García M, Prays R. Mejoramiento del rendimiento y de las características organolépticas del queso blanco suave y crema elaborados con leche de cabra. FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Lara. Zootecnia Tropical. Barquisimeto, Venezuela, 1994. Vol 12(1):115-131.
- 52) Sánchez C. Elaboración de quesos con leche de cabra. FONAIAP DIVULGA. Barquisimeto, Venezuela 1992 Abr-Jun. Vol 9 (40): 21-24.
- 53) Tarifa EE, Humana D, Vázquez G, Domínguez SF, Scenna NJ. Cátedra Ingeniería de los procesos. Simulación dinámica de tiempo real Pasteurizador HTST 1.0. Argentina. Universidad Nacional de Jujuy, 1997.
- 54) Buraglia MB. Detección de caseinato y suero en leche y productos lácteos mediante técnicas electroforéticas, cromatográficas y espectroscópicas (memoria de doctorado). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, 2001.
- 55) Dunkley WL, Stevenson KE. Ultra high temperature processing and aseptic packaging of dairy products. Journal of dairy science. Illinois, Estados Unidos de America 1987; 70 (10): 2192-2202.
- 56) Lucey J, y Fox P. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture. Journal of dairy science. Illinois, Estados Unidos de America 1991; 76 (6): 1714-1723.
- 57) Fox P, McSweeney P, Cogan T, Guinee T. Cheese: Chemistry, physics and microbiology. General Aspects. 3<sup>a</sup> ed. Estados Unidos de América: Elsevier Academic Press, 2004.
- 58) Abdalla MO, Ahmed OI. Effect of heat treatment, level of sodium chloride, calcium chloride on the chemical composition of white cheese. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences. Punjab, Pakistán 2010; 5: 69-72.
- 59) Bille PG, Hiwelepo P, Keya EL. Examining the need for the use of calcium chloride in the processing of Gouda cheese made from pasteurised milk. The Journal of Food Technology in Africa. Africa 2001 Abr-Jun; Vol. 6 (2): 44-47.

- 60) Lucey JA, Fox PF. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review. *Journal of Dairy Science*. Illinois, Estados Unidos de América 1993 Jun; Vol 76 (6): 1714-1724.
- 61) Solorza-Feria J. Study of the changes in cheese making parameters of skim milk with divalent cations addition. *Food technology and biotechnology*. Zagreb, Croacia 2001; Vol 39 (2): 115-122.
- 62) Wolfschoon-Pombo AF. Influence of calcium chloride addition to milk on the cheese yield. *International Dairy Journal*. Holanda 1997 Ene; Vol 7: 249-254.
- 63) Jaramillo LV. Determinación de la influencia de dos tipos de leche (semidescremada y descremada) y tres tiempos de maduración, en la elaboración y calidad de queso de pasta firme tipo Edam (tesis de ingeniería). Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2007.
- 64) Chamorro VM. Fundamentos tecnológicos de la elaboración de queso. Universidad Politécnica de Madrid. Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. España, 2011.
- 65) Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Memoria del primer encuentro nacional de la agroindustria rural. Sánchez C. Elaboración de quesos de cabra y quinchoncho. Caracas, Venezuela: 1995.
- 66) Green M, Turvey A, Hobbs D. Development of structure and texture in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*. Estados Unidos de América 1981 Jun; Vol 48 (2): 343-355.

## Anexo 1

### Encuesta

Instrucciones: Toma una muestra del producto y califícala en cuanto a su apariencia, sabor y textura, es importante que le dediques tiempo tratando de encontrar si existe diferencia o alguna preferencia para tu gusto. Puedes elegir más de una respuesta.

#### Muestra 312

1. ¿Cómo definirías la apariencia del queso?
  - a) Fresco
  - b) Seco
  - c) Húmedo
  - d) Cremoso
  - e) Otro.....¿Cuál? \_\_\_\_\_
2. Menciona lo que opinas del sabor:
  - a) Amargo
  - b) Salado
  - c) Ácido
  - d) Agradable
  - e) Desagradable
3. Acerca de la textura del producto, ¿cuál es tu experiencia?
  - a) Suave
  - b) Cremoso
  - c) Viscoso
  - d) Granuloso
  - e) Duro
  - f) Otro....¿Cuál? \_\_\_\_\_

#### Muestra 724

4. ¿Cómo definirías la apariencia del queso?
  - a) Fresco
  - b) Seco
  - c) Húmedo
  - d) Cremoso
  - e) Otro.....¿Cuál? \_\_\_\_\_
5. Menciona lo que opinas del sabor:
  - a) Amargo
  - b) Salado

- c) Ácido
- d) Agradable
- e) Desagradable

6. Acerca de la textura del producto, ¿cuál es tu experiencia?

- a) Suave
- b) Cremoso
- c) Viscoso
- d) Granuloso
- e) Duro
- f) Otro....¿Cuál? \_\_\_\_\_

### **Muestra 801**

7. ¿Cómo definirías la apariencia del queso?

- a) Fresco
- b) Seco
- c) Húmedo
- d) Cremoso
- e) Otro.....¿Cuál? \_\_\_\_\_

8. Menciona lo que opinas del sabor:

- a) Amargo
- b) Salado
- c) Ácido
- d) Agradable
- e) Desagradable

9. Acerca de la textura del producto, ¿cuál es tu experiencia?

- a) Suave
- b) Cremoso
- c) Viscoso
- d) Granuloso
- e) Duro
- f) Otro....¿Cuál? \_\_\_\_\_

10. ¿Tienes preferencia por alguna de las muestras?

11. ¿Por cuál?

12. ¿Por qué?