

TÉCNICAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LECHE DE CABRA EN ZONAS MARGINALES



Juan Carlos López García, Víctor H. Fuentes Berlanga, Juan José Figueroa González, Ricardo A. Sánchez Gutiérrez, Alfonso Serna Pérez, José I. Ruiz Rivera, Francisco G. Echavarría Cháirez, Homero Salinas González.

GOBIERNO FEDERAL

SAGARPA

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

40 aniversario
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS 2011



CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Libro Técnico No. 12

Diciembre de 2011

ISBN 978-607-425-715-1



Vivir Mejor

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda

Secretario

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez.

Subsecretario de Desarrollo Rural

MSC. Mariano Ruíz-Funes Macedo

Subsecretario de Agricultura

Ing. Ernesto Fernández Arias

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

MC. Jesús Antonio Berúmen Preciado

Oficial Mayor

COORDINACIÓN GENERAL DE GANADERÍA

Dr. Everardo González Padilla

Coordinador General

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Pedro Brajcich Gallegos

Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Msc. Arturo Cruz Vázquez

Coordinación de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González

Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes

Director de Investigación

Dr. José Verástegui Chávez

Director de Planeación y Desarrollo

M.A. Jaime Alfonso Hernández Pimentel

Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Ph. D. Francisco G. Echavarría Cháirez

Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

TÉCNICAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LECHE DE CABRA EN ZONAS MARGINALES

M.C. Juan Carlos López García¹
M.V.Z. Víctor H. Fuentes Berlanga²
I.T.A. Juan José Figueroa González¹
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez¹
Ph D. Alfonso Serna Pérez¹
M.C. José I. Ruiz Rivera³
Ph D. Francisco G. Echavarría Cháirez⁴
Dr. Homero Salinas González⁵

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Libro Técnico No. 12

Diciembre de 2011

ISBN: 978-607-425-715-1

¹ Investigadores del Campo Experimental Zacatecas

² Técnico del Campo Experimental Zacatecas

³ Profesor UAMVZ de la UAZ

⁴ Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas del INIFAP

⁵ Director Regional del Centro de Investigación Regional Norte Centro del INIFAP

TÉCNICAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LECHE DE CABRA EN ZONAS MARGINALES

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5,
Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán,
C.P. 04010 México, D.F.
Teléfono (55) 3871-7800

ISBN: 978-607-425-715-1

Primera Edición 2011

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Cita correcta:

López, G.J.C., Fuentes, B.V.H., Figueroa, G.J.J., Sánchez, G.R.A., Serna, P.A., Ruiz, R.J.I., Echavarría, Ch.F.G., Salinas, G.H. 2011. Técnicas para la transformación de leche de cabra en zonas marginales. Libro Técnico No. 36. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 158p.

AGRADECIMIENTOS

**Al Fondo Mixto CONACYT – Gobierno del Estado de Zacatecas
Por el apoyo financiero al proyecto**

**“Establecimiento y Validación de un Prototipo de producción integral
caprino para elevar la rentabilidad de los sistemas de producción”
(121867)**

**A la fundación Produce Zacatecas A.C.
Por el apoyo financiero al proyecto:**

**“Innovación de procesos productivos sustentables de las unidades de
producción caprinas en el estado de Zacatecas”
(32-2009-1976)**

De los cuales se desprende la siguiente publicación.

PROLOGO

La marginalidad de los sistemas de producción campesina y en especial de caprinos, se caracteriza por la ausencia de prácticas para dar valor agregado a los productos generados. En ellos, la racionalidad de las familias para incrementar sus ingresos, es la de contar con un mayor número de animales, en lugar de manejar un menor número de animales y obtener de ellos una mayor productividad. En ambos casos se requiere de tecnología accesible a las circunstancias ecológicas y socioeconómicas, así como de los mercados donde se comercialicen los productos. La producción caprina en el Norte Centro de México varía de acuerdo de a la oferta agroecológica de alimentos y de la demanda de productos. Es así que en áreas de riego (La Laguna, Guanajuato, Querétaro.) el propósito productivo de las cabras es la producción de leche y consecuentemente de cabritos; en cambio, en las áreas de temporal de baja precipitación (< 350 mm) el propósito de las cabras es la producción de cabrito con ordeña estacional en la época de lluvias (Noreste de Zacatecas, Sur de Nuevo León, Norte de San Luís Potosí, Baja California Sur). Sin embargo en regiones agroecológicas donde llueve más de 350 mm se producen animales jóvenes para la birria (centro sureste de Zacatecas, San Luís Potosí, Guanajuato, Jalisco, Querétaro, Puebla y Guerrero). En estudios recientes se ha demostrado que el mayor retorno económico de las empresas caprinas, se

presenta cuando éstas no sólo se dedican a la producción de carne sino que también producen leche. A la vez se ha encontrado que productores no acceden a la producción de leche y/o su transformación por la falta de mercados estables y justos. La creencia difundida de que el queso de cabra puede producir enfermedades como la fiebre de malta, ha disminuido en los últimos años por la inclusión de este tipo de queso en platillos como ensaladas gourmet en los principales restaurants del país. El presente libro técnico presenta en forma práctica y entendible las principales técnicas para la transformación de la leche de cabra, y así proveer de información a los productores de cabras, con herramientas que les ayuden a diversificar sus productos y con ello tener acceso a nuevos mercados. Para lograr este cambio de propósitos productivos, seguramente los productores deberán organizarse para poder contar con los apoyos gubernamentales correspondientes para realizar alianzas públicas-privadas, pero que a la vez a través de la tecnificación no sólo podrán incrementar sus ingresos, al darle valor agregado a la leche, sino que se empezará a rediseñar una caprinocultura más amigable con el ecosistema, con la inclusión de la familia y con ello asegurar la transferencia generacional de este importante modo de vida para las regiones semiáridas del país.

Dr. Homero Salinas González.

Contenido

INDICE DE FIGURAS.	iv
INDICE DE CUADROS.....	vii
1. Entorno de la producción de leche de caprino.....	1
2. Leche de cabra.....	8
2.1. Características físicas y composición de la leche de cabra.....	9
2.1.1. Grasa de la leche de cabra.....	11
2.1.2. Carbohidratos de la leche de cabra.	16
2.1.3. Proteínas de la leche de cabra.....	16
2.1.4. Minerales y vitaminas de la leche de cabra.	20
2.2. Usos de la leche de cabra.	22
2.2.1. Quesos de leche de cabra.	23
2.2.1.1. Quesos frescos de plasta blanda.....	25
2.2.1.2. Quesos de cabra de pasta dura prensada.	26
2.2.1.3. Quesos de pasta suave de tipo láctico.	26
2.2.2. Yogurt.	27
2.2.3. Dulces de leche de cabra.	28
3. Componentes para la elaboración de quesos con leche de cabra.	30
3.1. Leche.	30
3.2. Pasteurización.	31
3.3. Cultivos lácticos.	33
3.4. Cloruro de calcio.....	35
3.5. Cuajo.	36
3.6. Sal.	37
3.7. Equipo para elaborar quesos de cabra.	37

3.8. Aspectos higiénicos y sanitarios.	39
4. Tecnologías para elaborar quesos de cabra.....	44
4.1. Consideraciones.	44
4.1.1. Filtrado de la leche.	45
4.1.2. Pasteurizado.	45
4.1.3. Adición de aditivos.....	46
4.1.4. Acidificación y maduración de la leche.....	46
4.1.5. Adición del cuajo.....	47
4.1.6. Coagulación.	48
4.1.6.1. Coagulación enzimática.....	49
4.1.6.2. Coagulación ácido láctica.	50
4.1.7. Corte de la cuajada.	51
4.1.9. Salado.....	58
4.1.10. Moldeado y prensado.....	60
4.1.11. Maduración.	62
4.1.11.1. Cambios bioquímicos responsables de la maduración del queso. .	66
4.1.11.2. Sistemas de maduración del queso:.....	68
4.1.12. Envasado.....	70
4.2. Elaboración de quesos con leche de cabra.	71
4.2.1. Quesos frescos.	71
4.2.1.1. Queso tipo cuajada o boyo.....	73
4.2.1.2. Queso tipo rancho.....	78
4.2.1.3. Queso tipo panela.	83
4.2.2. Quesos de coagulación ácido láctica.....	88
4.2.2.1. Queso crema de pasta láctica.....	91
4.2.3. Queso tipo Cheddar.	99
5. Yogurt con leche de cabra.	110

5.1. Técnica de elaboración del yogurt.	111
6. Dulces con leche de cabra.	121
6.1. Cajeta de leche de cabra.	121
6.2. Jamoncillo de leche de cabra.	127
6.3. Rompopo con leche de cabra.	129
7. Evaluación organoléptica, rendimiento y productividad de quesos con leche de cabra.	133
7.1. Evaluación organoléptica.	133
7.2. Rendimiento por tipo de queso.	135
7.3. Productividad por tipo de queso.	137
8. Literatura citada.	142
Anexo 1. Metodología para determinar acidez en leche.	153
Anexo 2. Prueba de alcohol.	157

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Estados que concentran más del 50 % del inventario Nacional Caprino.....	2
Figura 2. Principales regiones productores de leche de cabra en México (FIRA, 1999).....	3
Figura 3. Variación mensual de la producción de leche de caprino.....	5
Figura 4. Vista externa e interna del taller de procesamiento de leche de caprino, perteneciente al Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.....	38
Figura 5. Equipo para establecer un taller de lácteos.....	39
Figura 6. Adición de cuajo. a) diluir el cuajo en una proporción 1:40 (40 ml de agua limpia (de garrafón) por 1 de cuajo, b) y c), incorporación de cuajo diluido en forma de ocho, agitar al momento de estar incorporando.....	49
Figura 7. Proceso de verificación de coagulación. a) corte de la cuajada con un cuchillo, b) girar el cuchillo, c) inspeccionar los bordes de la cuajada cortada, deben ser limpios, sin adherencias y de consistencia firme.....	52
Figura 8. Liras para corte de cuajada.....	53
Figura 9. Corte de la cuajada (modificado de Clark y Agarwal, 2007).....	55
Figura 10. El primer agitado de la cuajada se inicia de 5 a 10 minutos después de cortada. Se observan los cubos formados por las liras.....	56

Figura 11. Consistencia del grano de la cuajada después del segundo agitado.....	57
...	
Figura 12. Proceso básico de elaboración de tres tipos de quesos frescos en México.....	72
Figura 13. Cuajadas en manta después de un leve prensado.....	77
Figura 14. Queso ranchero terminado, después de un ligero prensado con los dedos.....	82
Figura 15. Proceso de moldeo de queso panela con leche de cabra, se describe paso por paso.....	87
Figura 16. Moldes para queso panela.....	87
Figura 17. Queso panela terminado. Mantener en refrigeración de 4 a 6 °C, máximo 15 días en anaquel.....	88
Figura 18. Figura 18. Quesos frescos de coagulación ácida (modificado de Schulz-Collins y Senge, 2004).....	89
Figura 19. Amasado y reposo de queso crema de pasta láctica.....	96
Figura 20. Mezclado de la pasta láctica con: a) sal (natural), b) ajo, c) chipotle y d) especias.	97
Figura 21. Quesos crema de pasta láctica moldeados listos para su comercialización. Este tipo de queso es el que mejor le va a las características a la leche de cabra.....	98
Figura 22. Relación temperatura-tiempo en el cocimiento de la cuajada.....	106

Figura 23. Representación esquemática del proceso de Cheddarización.....	107
Figura 24. Chesos tipo Cheddar en diferentes fases de maduración, a) minutos de desmoldado, b) quesos con 75 días de maduración, c) queso tipo Cheddar sumergido en vino tinto con 75 de maduración y c) queso con 120 días de maduración.....	109
Figura 25. Yogurt terminado, se muestran varios sabores (fresa, piña-coco y nuez), después del proceso de elaboración se debe mantener en refrigeración.....	120
Figura 26. Cajeta con leche de cabra.....	126
Figura 27. Rendimiento de cinco diferentes tipos de queso elaborados con leche de cabra (datos propios).....	136

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Producción de leche de cabra en el norte de Zacatecas.....	6
Cuadro 2. Algunas propiedades físicas de la leche de cabra, oveja y vaca.....	10
Cuadro 3. Composición comparativa de leche de diferentes especies (%)......	12
Cuadro 4. Composición promedio de ácidos grasos (g/100 g de leche), en grasa de leche de cabra.....	15
Cuadro 5. Porcentaje de las principales fracciones caseínicas en leche de cabra y vaca.....	17
Cuadro 6. Composición promedio de aminoácidos (g/100 g de leche) en proteínas de leche de cabra y vaca.....	19
Cuadro 7. Minerales contenidos en leches de cabra, oveja, vaca y humana (mg/100 g).....	21
Cuadro 8. Cultivos mesófilos utilizados en la elaboración de quesos.....	35
Cuadro 9. Cultivos termófilos utilizados en la elaboración de quesos.....	35
Cuadro 10. Ingredientes para elaborar cuajada de leche de cabra.....	74
Cuadro 11. Ingredientes para elaborar queso ranchero de leche de cabra.....	79
Cuadro 12. Ingredientes para elaborar queso panela de leche de cabra.....	84
Cuadro 13. Ingredientes para elaborar queso crema de pasta láctica de leche de cabra.....	93
Cuadro 14. Ingredientes para elaborar Queso tipo Cheddar con leche de cabra.....	104

Cuadro 15. Ingredientes para elaborar yogurt con leche de cabra.....	116
Cuadro 16. Ingredientes para elaborar Cajeta de leche de cabra.	124
Cuadro 17. Ingredientes para elaborar Jamoncillo de leche de cabra.....	128
Cuadro 18. Ingredientes para elaborar rompopo con leche de cabra.....	131
Cuadro 19. Evaluación organoléptica de tres tipos de queso producidos con leche de cabra y vaca.....	135
Cuadro 20. Costo de producción por tipo de queso.....	138
Cuadro 21. Productividad de cada tipo de queso elaborado con leche de cabra y valor por litro de leche utilizado.....	140

1. Entorno de la producción de leche de caprino.

Se tiene estimado que existe una población mundial de 879.7 millones de cabezas de ganado caprino, con una producción de leche de 15.5 millones de toneladas. Aunque la producción de leche de cabra es menor que la de vaca (1.8 % vs 86.9 %, respectivamente), su aportación para el consumo humano es importante principalmente en los países en desarrollo (Dufeuf *et al.*, 2003).

La población de caprinos en México es de 8.9 millones de cabezas (FAOSTAT, 2009). Casi dos terceras partes de se concentran en las zonas áridas y semiáridas. Los estados con mayor población caprina son: Puebla (15.7 %), Oaxaca (13.02 %), San Luis Potosí (8.2 %), Guerrero (7.58 %), Coahuila (6.94 %) y Zacatecas (6.2 %) (SIAP, 2009) (Figura 1).

En México existen más de 320,000 unidades de producción rurales y aproximadamente 1.5 millones de mexicanos se dedican a la caprinocultura. La actividad se lleva a cabo principalmente como una actividad familiar complementaria a otras actividades productivas, representando solo una parte del sustento familiar. El valor de la producción primaria de leche y carne se estima en tres mil millones de pesos.

El tamaño de los rebaños es muy variable pero predominan las explotaciones menores a 30 cabras (INEGI, 2008). La leche de cabra contribuye de una manera modesta a la producción nacional de leche, con una producción nacional de 170 millones de litros de leche al año (SIAP, 2009).

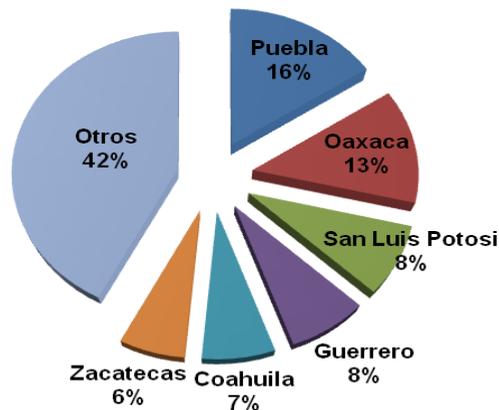


Figura 1. Estados que concentran más del 50 % del inventario Nacional

El tamaño de los rebaños es muy variable pero predominan las explotaciones menores a 30 cabras (INEGI, 2008). La leche de cabra contribuye de una manera modesta a la producción nacional de leche,

con una producción nacional de 170 millones de litros de leche al año (SIAP, 2009). El valor de la producción primaria de leche y carne se estima en tres mil millones de pesos. Dentro de los Estados que producen leche de caprino, sobresalen Coahuila con el 37.2 % del total nacional, Durango 21%, Guanajuato 16.8%, Nuevo León 9.9%, Jalisco 3.7% y Zacatecas con el 3.2 % (Figura 2). De esta cantidad, el 65% se industrializa para la producción de dulces y quesos.



Figura 2. Principales regiones productoras de leche de cabra en México (FIRA, 1999).

Dentro de los Estados que producen leche de caprino, sobresalen Coahuila con el 37.2 % del total nacional, Durango 21%, Guanajuato 16.8%, Nuevo León 9.9%, Jalisco 3.7% y Zacatecas con el 3.2 % (Figura 2). De esta cantidad, el 65% se industrializa para la producción de dulces y quesos.

La mayor parte de la actividad caprina nacional se lleva a cabo en zonas agrícolas marginales y en agostaderos. Gran parte de las unidades de producción son de tipo extensivo y en la mayoría de los casos orientados a la producción de carne. En los casos que se realiza la ordeña, ésta se hace de forma estacional (Aréchiga *et al.*, 2008), concentrándose durante la temporada de lluvias de julio a octubre (Figura 3).

En el estado de Zacatecas existe una población de 458,376 cabezas, explotada por 16,126 productores, dominada principalmente por ejidatarios (72.6%), y por pequeños propietarios (21.5%), el resto son explotaciones mixtas. El tamaño promedio del rebaño es de 28 animales, el cual es muy pequeño para lograr satisfacer los mínimos de bienestar social y económico, sin embargo constituyen una fuente importante de ahorro e ingreso, además de ser un complemento a su alimentación y fuente de empleo de menores de edad en el pastoreo de rebaños.

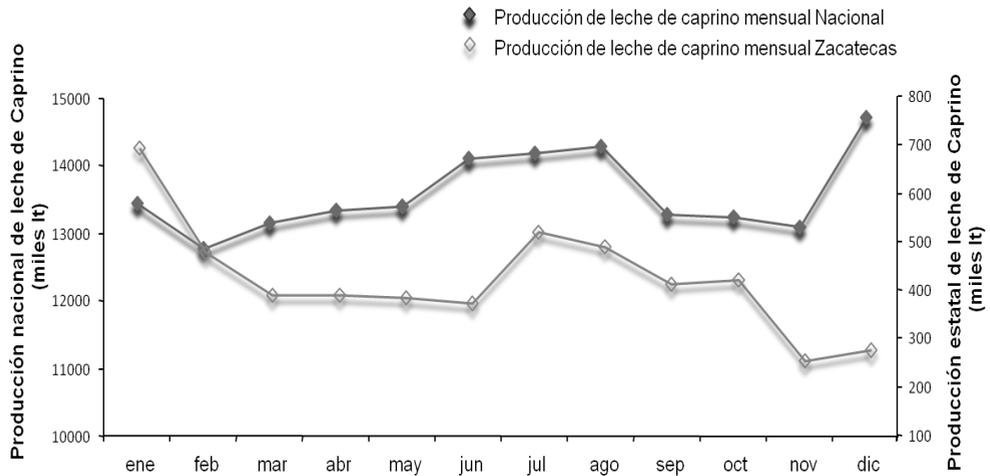


Figura 3. Variación mensual de la producción de leche de caprino.

No obstante la importancia económica y social de la especie, ya que produce cerca de 6 millones de litros de leche al año, su explotación en el Estado sigue siendo rústica, con mínima aplicación de tecnología y confinadas a terrenos pobres sobre-pastoreados y con bajos indicadores productivos (Aréchiga *et al.*, 2008).

La producción de leche de caprino se concentra en los municipios del norte y noroeste del Estado y normalmente se da en forma estacional, ya que se produce durante la temporada de lluvias, de julio a octubre (Figura 3), gran parte de la producción se destina al autoconsumo y el resto se utiliza en la elaboración del típico queso, denominado cuajada o boyo.

Cuadro 1. Producción de leche de cabra en el norte de Zacatecas.*

	Miles de Litros	Participación Nacional
TOTAL	5,800	3.72%
MUNICIPIOS		
Mazapil	2,268	1.7%
Concepción del Oro	967	0.7%
El Salvador	413	0.3%
Sombrerete	178	0.1%
General Fco. R. Murguía	152	0.1%
Saín Alto	136	0.1%
Río Grande	124	0.1%
Melchor Ocampo	113	0.1%
Juan Aldama	106	0.1%

*(INEGI, 2008)

Los municipios con mayor población de cabras, se localizan en la zona semidesértica del Estado y son: Mazapil, Concepción del Oro,

Villa de Cos, Pinos, El Salvador, Sombrerete y Río grande (Cuadro 1), mismos que aportan el 60.7 % de la población. Existen solo algunas explotaciones lecheras de cabras y estas se explotan bajo condiciones semiintensivas, principalmente en los municipios de Juan Aldama, Miguel Auza y Río Grande (Aréchiga *et al.*, 2008).

A pesar de las limitaciones que enfrenta la caprinocultura en Zacatecas, datos de INEGI (2008), reportan que la producción de leche de caprino, se ha incrementado en cerca de un 10 % en los últimos ocho años; pasando de 5.2 millones de litros en el año 2000 a 5.8 millones de litros en el 2008.

2. Leche de cabra.

Se puede definir la leche desde los siguientes puntos de vista:

- **Biológico:** Es una sustancia segregada por la glándula mamaria de la hembra de los mamíferos con la finalidad de nutrir a las crías.
- **Legal:** Producto del ordeño de un mamífero sano y que no representa un peligro para el consumo humano.
- **Técnico:** Sistema en equilibrio, constituido por tres sub-sistemas dispersos: solución: (los minerales y carbohidratos), emulsión (compuestos grasos) y suspensión (compuestos proteicos).

Según la NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, la leche para consumo humano se define como: el producto proveniente de la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas, o de otras especies animales. Se excluye el producto obtenido 15 días antes del parto y 5 días después de éste o cuando tenga calostro. La leche de cabra es de color blanco, comparado con la de bovino que es de color amarillento, es ligeramente alcalina y presenta un sabor muy característico (Jandal, 1996). De acuerdo con Haenlein, (2004), la cabra es el principal proveedor de leche para los habitantes del medio rural, es decir es usada para el autoconsumo en los países en vías de

desarrollo (Dubeuf *et al.*, 2003), por lo que el viejo dicho “la cabra es la vaca de los pobres” resulta muy acertado.

2.1. Características físicas y composición de la leche de cabra.

Por regla general puede decirse que la leche de cabra es un líquido de color blanco mate y ligeramente viscoso, cuya composición y características físico-químicas varían sensiblemente. Entre los factores que contribuyen a estas variaciones se tiene: la raza, alimentación, estación del año, condiciones ambientales, localidad, estado de lactación, y salud de la ubre (Chilliard *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2007a).

Aun cuando las características y composición de la leche varían, se admiten valores medios o aceptables para considerarla de buena calidad. Las características físicas de la leche de cabra, oveja y vaca se muestran en el Cuadro 2, con fines de comparación se utiliza la leche de vaca y en ocasiones la de oveja como referencia. La densidad o gravedad específica es una forma de expresar el peso de una unidad de volumen dada (Park, 2007). En el caso de la leche de cabra cuya gravedad específica varia de 1.029 a 1.039, significa que pesa 1.029 a 1039 Kg. por cada litro a 20° C de temperatura. Rangos inferiores indican que probablemente se le añadió agua o enfermedades de la

ubre. En resumen es una prueba de adulteración de la leche y que puede utilizarse para determinar los sólidos totales. La viscosidad se trata de una propiedad física caracterizada por la resistencia a fluir, los valores que toma están en función del contenido de grasa. En este sentido, la leche de oveja posee más viscosidad que las de cabra y vaca (Park, 2007).

Cuadro 2. Algunas propiedades físicas de la leche de cabra, oveja y vaca.*

Propiedad	Leche de cabra	Leche de oveja	Leche de vaca
Gravedad específica (densidad)	1.029-1.039	1.0347–1.0384	1.0231–1.0398
Viscosidad, C_p	2.12	2.86-3.93	2.0
Punto de congelación (-°C)	0.540-0.573	0.570	0.530-0.570
Acidez (% de ácido láctico)	0.16-0.23	0.22-0.25	0.15-0.18
pH	6.50-6.80	6.51-6.85	6.65-6.71

*(Tomado de Park *et al.*, 2007)

La acidez expresa el porcentaje de ácido láctico por volumen de leche. Para determinarla se lleva a cabo una titulación (ver anexo 1), los valores de 0.16 a 0.23 % de ácido láctico o 16 a 23° Dornic (°D), es una leche de buena calidad en el caso de la de cabra. Se consideran patológicas o alcalinas con valores menores a 15 grados Dornic, de 26

a 28 grados Dornic o de 0.26 a 0.28 % de ácido láctico, la leche coagulan con la ebullición. Leches de 70 a 80° D o de 0.70 a 0.80 % de ácido láctico, las leches coagulan a temperatura ambiente.

La composición de la leche determina su calidad nutritiva, su valor como materia prima para fabricar productos alimenticios y muchas de sus propiedades. La composición de la leche de cabra, oveja, vaca y mujer se muestra en el Cuadro 3.

La composición de la leche de cabra y oveja son similares, pero la leche de oveja contiene más grasa, sólidos no grasos, proteínas, caseína, proteínas del suero y cenizas. Los sólidos totales en la leche de cabra varían en un rango entre 12 y 18% (Jandal *et al.*, 1996).

2.1.1 . Grasa de la leche de cabra.

El contenido y composición de la grasa es la variable más cuantificada y cualificada de los componentes de la leche de cabra, en términos de costo y características nutritivas (Park *et al.*, 2007, Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008). En este sentido, la grasa de la leche de cabra está ligada al rendimiento de queso (por kilogramo de leche), firmeza, así como en el color y el sabor de los productos lácteos (Chilliard *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Composición comparativa de leche de diferentes especies (%).*

Componente	Cabra	Oveja	Vaca	Mujer
Agua (%)	86.20	80.90	87.50	88.35
Grasa (%)	3.80	7.62	3.67	3.67-4.70
Sólidos no grasos (%)	8.68	10.33	9.02	8.90
Lactosa (%)	4.08	3.7	4.78	6.92
Proteína (%)	2.90	6.21	3.23	1.10
Caseína (%)	2.47	5.16	2.63	0.40
Proteínas séricas (%)	0.43	0.81	0.60	0.70
Cenizas (%)	0.79	0.90	0.73	0.31
Vitamina A (IU)	185	146	126	190
Vitamina D (IU)	2.3	0.18 µg	2.0	1.4
Tiamina (mg)	0.068	0.08	0.045	0.017
Riboflavina (mg)	0.21	0.376	0.16	0.02
Niacina (mg)	0.27	0.41	0.08	0.17
Ácido pantoteico (mg)	0.31	0.408	0.32	0.20
Vitamina B₆	0.046	0.08	0.042	0.011
Ácido fólico	1.0	5.0	5.0	5.5
Biotina (µg)	1.5	0.93	2.0	0.4
Vitamina B₁₂	0.065	0.712	0.357	0.03
Vitamina C	1.12	4.16	0.94	5.00
Energía (cal/100 ml)	70.00	Nd	69.00	68.00

*(Tomado de Jandal *et al.*, 1996)

El principal componente de la grasa de leche son los triglicéridos (cerca al 98 %); además de, fosfolípidos, digliceroles, monogliceroles y esterios de colesterol.

La grasa de la leche de cabra tiene dos características importantes en la elaboración de productos de la leche. La primera de ellas es el tamaño de los glóbulos de grasa en la leche de cabra en comparación con los de la leche de vaca. En la de cabra hay una mayor proporción de glóbulos de grasa de menos de 5 μm (80 %), mientras que en la de vaca la proporción es de un 60 % (Silanikove *et al.*, 2010).

Por el menor tamaño, la cantidad (que es casi el doble de la vaca) y una mejor distribución de los glóbulos de la grasa algunos especialistas consideran a la leche de cabra como naturalmente homogenizada (Slačanac *et al.*, 2010). Esta diferencia proporciona una textura más suave a los productos de leche de cabra. Además de lo anterior, le confiere propiedades únicas de digestibilidad y una mayor eficiencia metabólica comparada con la leche de vaca (Park *et al.*, 2007).

La segunda característica esta dada por los triglicéridos (ácidos grasos) presentes en la leche de cabra. Ya que contiene una mayor proporción de ácidos grasos de cadena corta y media que la leche de vaca (Jandal *et al.*, 1996, Slačanac *et al.*, 2010), entre estos el: butírico (C4:0), caproico (C6:0), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0) (Lucas *et al.*, 2006) (Cuadro 4). Estos ácidos grasos han incrementado el uso de la leche de cabra, gracias a sus propiedades terapéuticas.

La presencia de altos niveles de ácidos grasos de cadena corta y mediana (Triglicéridos de cadena media; MCT por sus siglas en ingles) están asociados al sabor característico de los quesos de cabra (Park *et al.*, 2007). Además del sabor, los MCT son conocidos por su actividad: antibacterial y antiviral, inhiben el desarrollo de los depósitos de colesterol y son de fácil digestión (Silanikove *et al.*, 2010). En este sentido, el alto porcentaje de MCT le proporciona un bajo peso molecular e hidrosolubilidad a la leche de cabra, lo que facilita la acción de las enzimas digestivas, haciendo que su hidrólisis sea más rápida y completa que la de los triglicéridos de cadena larga (Haenlein, 2004).

Cuadro 4. Composición promedio de ácidos grasos (g/100 g de leche), en grasa de leche de cabra.*

	Ácido graso	Leche de cabra	Leche de bovino	Diferencia (%) para la leche de cabra
C4:0	Butírico	0.13	0.11	
C6:0	Caproíco	0.09	0.06	
C8:0	Caprílico	0.10	0.04	
C10:0	Cáprico	0.26	0.08	
C12:0	Laurico	0.12	0.09	
C14:0	Mirístico	0.32	0.34	
C16:0	Palmítico	0.91	0.88	
C18:0	Estearico	0.44	0.40	
C6-14:0	Total de ácidos grasos (triglicéridos) de cadena media	0.89	0.61	+46
C4-18:0	Total de ácidos grasos saturados	2.67	2.08	+28
C16:1	palmitoleico	0.08	0.08	
C18:1	Oleico	0.98	0.84	
C16:1-22:1	Total de ácidos grasos monoinsaturados	1.11	0.96	+16
C18:2	Linoleico	0.11	0.08	
C18:3	Linolenico	0.04	0.05	
C18:2-18:3	Total de ácidos poli-insaturados	0.15	0.12	+25

*(Tomado de Haenlein, 2004)

2.1.2. Carbohidratos de la leche de cabra.

La lactosa es el principal carbohidrato de la leche y representa cerca del 44 %. Aunque, la leche de cabra contiene menos lactosa que la de vaca (en promedio, 4,1% vs 4,7%; Jandal *et al.*, 1996), no puede ser considerado como una solución para personas que sufren de intolerancia a la lactosa (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008). Los otros carbohidratos que contiene la leche de cabra son: oligosacáridos, glicopéptidos, glicoproteínas y nucleótidos en pequeñas cantidades (Park *et al.*, 2007). Investigaciones recientes mencionan que la leche de cabra contiene entre 250 y 300 mg de oligosacáridos/L, de 4 a 5 veces más que la de vaca y 10 veces más que la de oveja (Silanikove *et al.*, 2010). La importancia de los oligosacáridos contenidos en la leche de cabra radica en su actividad como prebióticos y sus propiedades anti-infectivas.

2.1.3. Proteínas de la leche de cabra.

Son los componentes de la leche más importantes desde el punto de vista nutritivo. La leche de cabra de cabra tiene dos fracciones proteicas. La primera de ellas son las caseínas (cuadro 5), que constituyen más del 80% de la proteína total, y la segunda fracción la constituyen las proteínas séricas ó del suero (Greppi *et al.*, 2008).

Cuadro 5. Porcentaje de las principales fracciones caseínicas en leche de cabra y vaca.*

Caseína	Leche de cabra	Leche de vaca
α_s caseína	26	56
β -caseína	64	33
κ -caseína	10	11
α_s caseína/ β -caseína	0.41	1.70

*(Tomado de Slačanac *et al.*, 2010)

Las caseínas están constituidas por micelas, las cuales están suspendidas en la leche y vinculadas entre sí por minerales como el fosfato de calcio y pequeñas cantidades de magnesio y potasio (Swaigood, 1993), mientras que las proteínas séricas están en una fase soluble (Park *et al.*, 2007). Las caseínas se dividen a su vez en cuatro tipos, alfa caseínas (α_{s1} y α_{s2}), beta caseína y Kapa caseína (cuadro 5); mientras que las proteínas séricas se dividen en beta y alfa lactoglobulinas (Greppi *et al.*, 2008, Park y Haenlein, 2010).

Las caseínas son un grupo específico de proteínas que se precipitan de tres formas diferentes, las cuales son: cuando la acidez de la leche se encuentra a valores entre 4.6 y 4.7 de pH; por tratamiento enzimático (quimosina); y ultracentrifugación. Por otro lado, las proteínas séricas requieren tratamiento térmico para precipitarse (Greppi *et al.*, 2008). Generalmente la leche de cabra contiene menos alfa caseínas que la leche de vaca (Ambrosoli *et al.*, 1988) (Cuadro 5),

lo cual es una característica ligada a la genética de la raza caprina (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008), por lo que en el pasado se le atribuían pocas habilidades a la leche de cabra para la elaboración de quesos (Park, 2007).

La baja fracción de α -caseína en la leche de cabra convierte a la β -caseína en la proteína más abundante de la leche de cabra. La leche de cabra y vaca no difieren significativamente en lo concerniente al porcentaje de proteína, sin embargo, las micelas de la caseína de la leche de vaca son pequeñas (60-80 nm) cuando se comparan con las micelas de la caseína de la leche de cabra (100-200 nm) (Silanikove *et al.*, 2010).

Las proteínas séricas representan del 13 al 17 % de la proteína total de la leche de cabra. Más que diferencias en la composición de la proteína de la leche de vaca y cabra, se han reportado mayores niveles en seis de diez aminoácidos esenciales en la leche de cabra (Cuadro 6), que son treonina, isoleucina, lisina, cisteína, tirosina y valina (Haenlein, 2004); y dos aminoácidos libres como el ácido glutámico y la glicina. Estos últimos pueden ser utilizados directamente por el intestino (Silanikove *et al.*, 2010). Los aminoácidos que se encuentran en mayor proporción, juegan un papel preponderante en el mejoramiento de la visión, funciones cardíacas y cerebrales,

desintoxicación y asimilación de los ácidos grasos (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008)

Cuadro 6. Composición promedio de aminoácidos (g/100 g de leche) en proteínas de leche de cabra y vaca.*

	Leche de cabra	Leche de vaca	Diferencia (%) para la leche de cabra
Aminoácidos esenciales			
Triptófano	0.044	0.046	
Treonina	0.163	0.149	+9
Isoleucina	0.207	0.199	+4
Leucina	0.314	0.322	
Lisina	0.290	0.261	+11
Metionina	0.080	0.083	
Cistina	0.046	0.030	+53
Fenilalanina	0.155	0.159	
Tirosina	0.179	0.159	+13
Valina	0.240	0.220	+9
Aminoácidos no esenciales (libres)			
Arginina	0.119	0.119	
Histidina	0.089	0.089	
Alanina	0.118	0.113	
Ácido aspártico	0.210	0.250	
Ácido glutámico	0.626	0.689	
Glicina	0.050	0.070	
Prolina	0.368	0.319	
Serina	0.181	0.179	

*(Tomado de Haenlein, 2004)

Las proteínas de la leche de cabra son más digeribles que las de la vaca debido a que forman una cuajada compacta, suave y más friable durante la acidificación que sufre en el estomago, lo que facilita la acción digestiva de las proteasas, además, se tiene un uso exitoso en pacientes con alergia a la leche de vaca el cual se atribuye a la pequeña o nula fracción de α_{s1} caseína (Park y Haenlein, 2010)..

2.1.4. Minerales y vitaminas de la leche de cabra.

El contenido de minerales de la leche de cabra y oveja son muy superiores a los que contiene la leche humana (Cuadro 7), y ligeramente mayores a los de la leche de vaca (Jandal *et al.*, 1996), y se distinguen por sus altos contenidos de cloro y potasio y bajos contenidos de sodio (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2008).

Según las recomendaciones de la FAO, la leche de cabra aporta cantidades adecuadas de Vitamina A y niacina, y un exceso de tiamina y riovflavina. El alto contenido de Vitamina A (Cuadro 3), es el responsable del color blanco mate de la leche, y se debe a que las cabras convierten todo el β -caroteno (de color amarillo) a Vitamina A. La leche de cabra; sin embargo, es deficiente en ácido fólico y Vitamina B₁₂, comparada con la leche de vaca (Lucas *et al.*, 2006).

Cuadro 7. Minerales contenidos en leches de cabra, oveja, vaca y humana (mg/100 g).*

Mineral	Leche de cabra	Leche de oveja	Leche de vaca	Leche humana
Ca	134	193	122	33
P	121	158	119	43
Mg	16	18	12	4
K	181	136	152	55
Na	41	44	58	15
Cl	150	110	100	60
S	28	29	32	14
Fe	0.07	0.08	0.08	0.20
Cu	0.05	0.04	0.06	0.06
Mn	0.032	0.007	0.02	0.07
Zn	0.56	0.57	0.53	0.38
I	0.022	0.020	0.021	0.007
Se	1.33	1.00	0.96	1.52
Al	n.a.	0.05	n.a.	0.06

*(Tomado de Park *et al.*, 2007)

El folato y la B₁₂, son necesario para la síntesis de hemoglobina en el humano (Park y Haenlein, 2010), y la deficiencia de estos compuestos puede causar anemia en infantes. La leche de cabra también es deficiente en piridoxina (B₆), y Vitaminas C y D. (Park *et al.*, 2007).

Se puede concluir que la leche de cabra contiene una mayor proporción de ácidos grasos de cadena corta y media, lo cual sumado

al hecho de que los glóbulos de grasa son de menor tamaño y no se aglutinan, hacen que esta leche sea más fácil de digerir y absorber. El coagulo que se forma durante la digestión de la leche de cabra es más suave y pequeño que el de leche de vaca, lo que facilita y hace más rápido dicho proceso. Esto la hace especialmente recomendable en personas que requieren dietas fácilmente digestibles, como los niños y los ancianos (Haenlein, 2004). Normalmente las alergias a la leche de vaca se atribuyen a la lactosa. Sin embargo, se considera que la α_{s1} caseína es también uno de los principales agentes alérgenos, y la leche de cabra la tiene en menor proporción. Esto la hace una importante opción como alternativa a la leche de vaca en personas alérgicas a esta leche (Ribeiro y Ribeiro, 2010).

Además del autoconsumo, la elaboración de quesos y dulces es el principal destino de la leche de cabra. Estos quesos son altamente valorizados, atendidas sus excelentes cualidades de sabor, aroma y textura.

2.2. Usos de la leche de cabra.

En regiones como Francia y los Países Mediterráneos casi el 90% de la producción de leche se destina a la elaboración de quesos denominados gourmet. (Dubeuf *et al.*, 2003).

En México se elaboran principalmente dos tipos de productos a partir de la leche de cabra: quesos y dulces (cajetas, obleas y natillas). En algunos países como EUA y Brasil se comercializa como leche fluida, yogurts (leches fermentadas), helados y cosméticos (Ribeiro y Ribeiro, 2010, Park y Haenlein, 2010).

2.2.1. Quesos de leche de cabra.

El queso pudo haber sido uno de los primeros alimentos elaborados y consumidos por los humanos. Se tienen registro de su uso desde hace 4000 años. Se cree que el queso de cabra se originó en Mesopotamia y de allí paso a los países de la cuenca del mediterráneo (Ribeiro y Ribeiro, 2010). Con la colonización y conquista de América por parte de algunos de estos países (España y Portugal), trajeron consigo la tradición por la cría, producción de leche y elaboración de quesos de cabra.

Según la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-121-SSA1-1994, se define a los quesos, como productos elaborados con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por

calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado.

Los quesos frescos son productos que cumplen en lo general con la norma y se caracterizan por ser productos de alto contenido de humedad, sabor suave y no tener corteza, pudiendo o no adicionarle ingredientes opcionales y tener un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo de condiciones de refrigeración.

Los quesos madurados son alimentos que en lo general cumplen con la norma y se caracterizan por ser de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto de que se trate, lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir condiciones de refrigeración.

Los quesos procesados son productos que cumplen en lo general con lo establecido en la norma y se caracterizan por ser elaborados con mezclas de quesos, fusión y emulsión con sales

fundentes, aditivos para alimentos permitidos e ingredientes opcionales, sometidos a proceso térmico de 70 °C durante 30 segundos y/o sometidos a cualquier otra combinación equivalente o a mayor tiempo de exposición y temperatura, lo que le permite prolongar su vida de anaquel.

El queso es una forma de conservación de dos constituyentes insolubles en la leche, las caseínas y la grasa. Este producto se obtiene de la coagulación de la leche, seguida del desuerado, en el curso del cual se separa el suero lácteo de la cuajada. En México se consumen principalmente tres tipos de queso clasificados según el tipo de su pasta, estos se describen a continuación.

2.2.1.1. Quesos frescos de pasta blanda.

En México, la producción de queso con leche de cabra ha sido una actividad artesanal familiar realizada en la misma granja. El tipo de queso que predomina es el fresco de pasta blanda. Estos quesos son muy perecederos, con un gran contenido de humedad (65-70%), sumamente blancos y de formato redondo y pequeños (200-300 gramos). En esta categoría están los denominados boyos o cuajada, que es el típico queso que elaboran los caprinocultores con la leche de cabra bronca y cuajo, la cuajada es recogida en lienzos y prensada.

Dentro de este grupo se también se incluye al queso Ranchero, que es un queso molido y de consistencia ligeramente salada y al queso Panela que es el resultado de una modificación a la técnica del que se produce con leche de vaca.

2.2.1.2. Quesos de cabra de pasta dura prensada.

Son quesos de textura firme y agradable sabor ácido. En su elaboración se utiliza: cuajo enzimático, cultivos lácticos, y un proceso de cocimiento de la cuajada para aumentar el grado de acidificación proceso que se llama cheddarización. La firmeza de su pasta se logra por el prensado con tela. En este manual se hablara de la elaboración del queso tipo Cheddar. Son quesos con un porcentaje de humedad entre 40 y 45 %. Son quesos con al menos tres semanas de maduración a una temperatura entre 9 y 12° C. Su presentación es en forma redonda y aplanada con un peso de 400 a 800 gr. se recomienda consumirlo a temperatura ambiente ya que permite apreciar su sabor y aroma.

2.2.1.3. Quesos de pasta suave de tipo láctico.

Actualmente, se está desarrollando en México una nueva variedad de quesos de leche de cabra. Son quesos de pasta suave de

tipo láctico. Se obtienen a partir de una cuajada mixta, realizada con cuajo y con bacterias lácticas. Estos quesos de pasta suave son del tipo que predomina en Francia. Este queso en nuestro país es todavía una novedad, a pesar de que es elaborado desde hace más de 15 años, en empresas que producen gran parte de la leche que utilizan en su proceso. Dentro de sus principales características, destaca el hecho de que son: untables debido al grado de desmineralización que sufre la caseína, muy permeables y de un sabor frutal. Por las características de la pasta, no permite formatos grandes y normalmente se encuentran en presentaciones de 100 a 250 gramos. Tampoco permite maduraciones prolongadas de más de 20 días. Es el tipo de queso que mejor le va a las características de la leche de cabra, pues su textura y sabor no son rechazados por el consumidor. Además se le pueden añadir diferentes ingredientes para proporcionarles sabores muy particulares como son el ajo, pimienta, chile, nuez y cenizas.

2.2.2. Yogurt.

La NOM-181-SCFI-2010 establece que el yogurt es el producto obtenido de la fermentación de la leche, estandarizada o no, por medio de la acción de microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*, que tiene como resultado la reducción del pH. El yogurt podrá clasificarse por sus

componentes en simple o natural y saborizado o con fruta, independientemente de su presentación.

El yogurt elaborado a partir de leche de cabra, se ha consumido por décadas en los países mediterráneos y recientemente en América latina. En México, es escasa la información en cuanto a la producción y consumo. La elaboración del yogurt es una oportunidad para los pequeños productores del área rural (Park y Guo, 2006). El objetivo de la elaboración del yogurt, es la generación de un compuesto semi-sólido, de más larga vida útil que la leche. Para lograrlo existen varios procesos que influyen en la calidad y desarrollo de una textura apropiada del yogurt. Uno de los primeros es el tratamiento térmico de la leche; otros son, las condiciones de fermentación y tipo de cultivo y manejo post-fermentación (Pannel y Schoenfuss, 2007).

2.2.3. Dulces de leche de cabra.

Entre los dulces de leche de cabra destaca la cajeta. Esta es uno de los dulces típicos mexicanos más populares. La elaboración de cajeta se basa en la concentración, mediante evaporación, de la leche, del azúcar y de la glucosa adicionada durante el proceso (Park y Haenlein, 2010). Dicha concentración lleva aparejada un proceso de oscurecimiento no enzimático que le imparte su característico color

café. Para lograr lo anterior, es necesario que previo a dicha concentración se realice una neutralización con bicarbonato de sodio hasta una acidez de 13° Dornick (grados Dornick, °D, ver anexo 1, metodología para determinar acidez en leche), para evitar que haya precipitación de proteínas durante el calentamiento (Ribeiro y Ribeiro, 2010). Otro de los dulces son el jamoncillo, glorias y una bebida con contenido alcohólico llamada rompopo.

3. Componentes para la elaboración de quesos con leche de cabra.

3.1. Leche.

Una de las materias primas es la leche, que debe ser evaluada con mucho cuidado, preferentemente deberá utilizarse leche fresca para poder recuperar la mayor cantidad de sólidos y de ese modo obtener mejores resultados. No se debe olvidar que para obtener un buen queso es necesario contar con leche de cabra de buena calidad. A continuación se enlistan algunas consideraciones (Park y Haenlein, 2007):

- a) La leche debe de estar libre de cualquier impureza visible.
- b) No debe presentar olores y colores extraños.
- c) Según el tipo de queso a elaborar, la acidez de la leche debe estar entre 17 a 23 °D (ver metodología para determinar acidez en leche, en anexo 1) o ligeramente mayor para la elaboración de quesos frescos (suave o de pasta dura). En el caso del queso de pasta láctica se admiten valores superiores a 24 °D. Una leche muy acida,

produce rendimientos menores, o no es posible su pasteurización porque se corta.

- d) Prueba del alcohol al 70 % negativa (ver metodología en anexo 2).
- e) La leche no debe contener sustancias como antibióticos, antisépticos y productos de limpieza.
- f) No debe de estar contaminada por otros microorganismos patógenos que podrían producir sabores y aromas diferentes al queso.

3.2. Pasteurización.

A la salida de la ubre sana, la leche contiene muy pocos microorganismos, pero después, a consecuencia del manejo, se va contaminando con los microorganismos predominantes en el medio ambiente, algunos de los cuales son perjudiciales. Teóricamente, se puede decir que la leche debería ser de calidad suficiente para permitir la producción de queso de primera sin pasteurizar, pero bajo condiciones reales la leche contiene siempre un alto número de microorganismos. Desde el punto de vista sanitario, higiénico y técnico,

se hace necesario pasteurizar la leche destinada a la producción de queso.

Es evidente que no se debe considerar la pasteurización como un método de sustitución de la higiene de producción y, en todo momento, se debe tener presente que para obtener productos de primera calidad es necesario contar con materia prima de buena calidad. La pasteurización es el medio para destruir las bacterias patógenas y las formas vegetativas de los microorganismos perjudiciales, así como la inactivación de enzimas de la leche mediante calor (UAMVZ-UAZ, 2005).

El efecto germicida, así como los cambios físico químico y sensorial de la leche, como resultado del calentamiento, dependen de la temperatura, a mayor temperatura menor tiempo, número inicial de microorganismos, pH de la leche y de la velocidad de la transmisión de calor. El calor elevado parece romper el equilibrio entre el contenido de calcio y fósforo solubles, el calcio y fósforo coloidales y, al mismo tiempo, posiblemente modifica las dimensiones de las micelas coloidales de la caseína, así como la capa de hidratación de las micelas. Por este motivo las temperaturas altas no son aconsejables para la pasteurización de la leche destinada a queso. Para equilibrar

las leches pasteurizadas afectadas por la acción del calor es útil emplear el CaCl_2 (cloruro de calcio). La pasteurización permite:

- a) Obtener quesos con sabor y aroma más puro, productos de más alta calidad que los tradicionales.
- b) Destruir el 100% de las bacterias patógenas y 99% de las bacterias no patógenas.
- c) Destruir las bacterias coliformes, las levaduras y la inactivación de las enzimas de la leche.
- d) Controlar más fácilmente los métodos de producción y la velocidad de maduración.
- e) Producir queso estandarizado todo el año (UAMVZ-UAZ, 2005).

3.3. Cultivos lácticos.

Antes de que se realizara la aplicación de la microbiología a la industria alimentaria, los productos lácteos se producían solamente por fermentaciones naturales condicionadas por el tipo de bacterias presentes en la leche y el medio ambiente. Con el uso de la pasteurización se volvió necesario sustituir las bacterias naturales en la leche por otras seleccionadas. Este tipo de bacterias reciben el nombre de cultivos, normalmente son bacterias que fermentan la lactosa con producción de ácido láctico y, generalmente, se usan mezclados con

bacterias que fermentan el ácido cítrico y citratos con producción de elementos aromáticos como el ácido acético y anhídrido carbónico que influyen en la calidad de los quesos (Parente y Cogan, 2004).

Estos cultivos participan en todas las fases de elaboración del queso y en su posterior maduración (Høier *et al.*, 2010). Se define al cultivo láctico como aquella población de células microbianas inocuas utilizadas para la fermentación de la leche. Estos cultivos se encuentran en presentación liofilizados congelados y se conocen como de aplicación directa (DVS, direct vat set). La función principal de las bacterias lácticas (cultivos) es la producción de ácido láctico a partir de la lactosa. El ácido láctico promueve la formación y desuerado de la cuajada y evita que crezcan en ésta microorganismos patógenos debido a que disminuye el pH entre 5.0 y 4.6 y le confiere sabor ácido. Además, las bacterias dan lugar a sustancias responsables del aroma y contribuyen a la maduración mediante la proteólisis (ruptura de proteínas) y la lipólisis (ruptura de las grasas) (Parente y Cogan, 2004). Los cultivos lácticos se clasifican esencialmente por su temperatura óptima de crecimiento en dos grupos:

- a) Mesófilos: Con rango óptimo de temperatura entre 20 y 34° C. Las cepas y el tipo de queso en que son utilizados se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Cultivos mesófilos utilizados en la elaboración de quesos.*

Cepas:	Tipo de queso
<i>Streptococcus cremoris.</i>	Quesos duros.
<i>Streptococcus lactis.</i>	Quesos blandos.
<i>Streptococcus lactis</i> <i>sbsp. Diacetylactis.</i>	Quesos blandos madurados.
<i>leuconostoc. spp.</i>	Quesos blandos.

b) Termófilos: Cuyo rango óptimo de temperatura oscila entre 37 y 45 °C. Se utilizan cuando la temperatura de calentamiento de la cuajada es elevada (45 a 54°C). las cepas y el tipo de quesos en que son utilizados se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Cultivos termófilos utilizados en la elaboración de quesos.*

Cepas:	Tipo de queso
<i>Streptococcus thermophilus.</i>	Quesos duros maduros
<i>Lactobacillus bulgaricus.</i>	Quesos duros y yogurt
<i>Lactobacillus helveticus.</i>	Quesos de pasta cocida
<i>Lactobacillus lactis.</i>	Quesos de pasta cocida

(Tomado de Høier *et al.*, 2010)

3.4. Cloruro de calcio.

La adición de cloruro de calcio es necesaria, debido a que en el proceso de pasteurización se pierde gran cantidad del calcio de la

leche, por este motivo se utiliza para reponer la pérdida ocurrida, y con el fin de reducir el tiempo de cuajado facilitando la coagulación, con ello se producirá una cuajada más firme y compacta. A su vez facilitará el corte y la manipulación mejorando el rendimiento, ya que retendrá mayor cantidad de grasa.

3.5. Cuajo.

Tradicionalmente, se ha utilizado cuajo animal para la elaboración de quesos, es decir la enzima renina extraída del estómago de los rumiantes lactantes (Harboe *et al.*, 2010). Las dificultades para contar con el cuajo animal, junto con el aumento de precio de las preparaciones comerciales del enzima, han favorecido el desarrollo de otros enzimas coagulantes, tanto de origen animal (quimosinas bovinas, porcinas, ovinas y caprinas) (Fox *et al.*, 2000), como de origen microbiano (proteasas fúngicas, etc.) o vegetal (flores de *Cynara cardunculus* (Harboe *et al.*, 2010).

La quimosina o renina tiene como función coagular la leche en el estómago de los lactantes. El cuajo se puede considerar como un preparado enzimático funcional que es eficaz y naturalmente adaptado a los fines de la quesería (Crabbe, 2004), que actúa sobre los enlaces peptídicos de las proteínas hidrolizándolas (precipitándolas). Se

encuentra en distintas presentaciones: líquido, polvo o pastillas y se le añade en las cantidades adecuadas. El cuajo debe mezclarse con agua antes de aplicarlo a la leche en una relación 1:40 (un ml de cuajo por 40 ml de agua limpia). Una fuerza de cuajo de 10,000, por ejemplo, significa que un volumen de cuajo, coagula 10,000 volúmenes de leche en 45 minutos a una temperatura de 35 °C.

3.6. Sal.

Es importante conocer la proporción de sal yodada fina que debe contener el queso. Se considera que la proporción de sal debe ser de 1.0 % a 2.5 % del peso de la cuajada. Cuando se usan bajos porcentajes de sal se produce con mayor facilidad la multiplicación de ciertas bacterias ya que la sal actúa como conservante. Esto se verá con más detalle para cada tipo de queso.

3.7. Equipo para elaborar quesos de cabra.

- a) Tina rectangular doble fondo con capacidad para 150 litros
- b) Prensa tipo holandés.
- c) Molino monofásico.
- d) Equipo para medir acidez.
- e) Moldes de diferentes capacidades.

- f) Tela de malla fina.
- g) Mesa de trabajo.
- h) Termómetro.
- i) Bolsas tela fina.
- j) Cuchillo de corte filoso.
- k) Equipo de refrigeración.
- l) Juego de liras (horizontal y vertical) de 21 x 71 cm.
- m) Agitador manual de 1 m de largo. Pala con perforaciones.
- n) Botes de diferente capacidad.



Figura 4. Vista externa e interna del taller de procesamiento de leche de caprino, perteneciente al Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.



Figura 5. Equipo para establecer un taller de lácteos.

3.8. Aspectos higiénicos y sanitarios.

En la elaboración de un buen queso, es de gran importancia la metodología utilizada, los cuidados prestados en cada etapa del

proceso, la calidad de insumos, la calidad de la leche y la experiencia del quesero. Pero todo esto puede quedar relegado a un segundo término si no se le presta máxima importancia a la higiene con la cual se trabaja. El tema de la higiene, requiere una particular atención dado que sin ella, se puede asegurar que todos los esfuerzos para elaborar un buen queso van a fracasar.

El trabajo en condiciones higiénicas permitirá en primer lugar la obtención de un producto inocuo, seguro para el consumidor, pero además evitará la producción de defectos tales como fermentaciones anómalas que pueden llegar incluso a terminar en un producto difícil de comercializar. Higiene significa no sólo limpiar o eliminar la suciedad visible, sino realizar un proceso más profundo que garantice la desinfección de los utensilios utilizados en la elaboración del queso.

Al organizar un sistema de higiene y sanitización en el taller quesero se debe pensar en los siguientes objetivos: destruir las bacterias, levaduras y hongos perjudiciales, proteger los productos elaborados frente a la contaminación incluyendo cuerpos extraños y sustancias tóxicas y finalmente, prevenir la multiplicación de bacterias perjudiciales. Para lograr lo anterior se debe iniciar con la higiene del personal que participa en el proceso de elaboración del queso, seguido

de la limpieza y desinfección de los equipos y utensilios (Castañeda *et al.*, 2005).

La vestimenta de trabajo debe mantenerse limpia. El uso del color blanco facilita este objetivo dado que la suciedad se hace visible con mayor facilidad. En esta vestimenta se debe evitar el uso de bolsillos superiores. El cabello debe mantenerse limpio y ser cubierto con cofia o gorra. Son buenos hábitos de trabajo: no usar anillos o elementos que puedan caer dentro de los quesos (relojes, aretes, pulseras, etc.), no fumar y no consumir alimentos ni bebidas dentro del área de producción. La higiene de las manos y brazos es de suma importancia que están en contacto directo con la materia prima durante todo el proceso. La forma de lavado es muy importante y deben respetarse la siguiente serie de pasos. Por ejemplo: enjuagarse las manos y los brazos hasta el codo, enjabonarse cuidadosamente hasta el codo poniendo especial atención a la zona entre los dedos y palmas de las manos, cepillarse las uñas, estas deben mantenerse cortas, enjuagarse con abundante agua para retirar todo el jabón (Castañeda *et al.*, 2005).

El material y equipo que se emplea en la elaboración de queso como lo son **botes, agitadores, liras, coladeras, moldes, mantas, jarras, cuchillos, tina doble fondo, molino y prensa**. Se lava y

desinfectad como se indica en los siguientes procesos (UAMVZ-UAZ, 2005):

- 1) Enjuagar con agua fría.
- 2) Remover sustancias pegadas (grasas y residuos de cuajada) con un cepillo o estropajo.
- 3) Enjuagar con agua fría.
- 4) Tallar con cepillo y detergente para grasa.
- 5) Enjuagar con agua caliente.
- 6) Volver a enjuagar con agua fría.
- 7) Desinfectar con cloro diluido (10 mililitros de cloro por litro de agua) y dejar escurrir.

Termómetros: Se lavan después de cada uso con agua y detergente y luego se mantiene en un frasco con cloro (10 ml por 100 mililitros de agua). Los termómetros se deben revisar cada 8 días y de ser necesario se calibran. Se deben de evitar los termómetros de mercurio.

Las mantas se lavan de la siguiente forma:

- 1) Se tallan los residuos de queso que puedan tener las mantas.
- 2) Se enjuagan con agua fría.
- 3) Se tallan con un cepillo y un detergente para grasa.

- 4) Se enjuagan con agua fría.
- 5) Se colocan en un recipiente con agua y cloro (10 ml por litro de agua) y reposar por dos minutos.
- 6) Exprimir y escurrir.

Los pisos, lavamanos, fregaderos y lo que corresponde a un metro de paredes se lavan diario de la siguiente forma:

- 1) Barrer y limpiar con cepillo.
- 2) Enjuagar con agua.
- 3) Tallar con cepillo y detergente.
- 4) Enjuagar con agua.
- 5) agregar un desinfectante.
- 6) Secar el exceso de agua con un jalador. El uso de trapeadores está restringido en el área de elaboración de quesos.

4. Tecnologías para elaborar quesos de cabra.

4.1. Consideraciones.

Según Park y Guo, 2006, la elaboración de quesos de cabra tiene algunos pasos en común:

1. Filtrado de la leche.
2. Pasteurizado.
3. Adición de aditivos.
4. Acidificación y maduración para quesos de pasta láctica y para los quesos de pasta semidura y dura.
5. Adición de cuajo.
6. Coagulación de la leche.
7. Corte de la cuajada.
8. Agitación y desuerado.
9. Salado.
10. Moldeado y prensado.
11. Maduración.
12. Envasado.

4.1.1. Filtrado de la leche.

Consiste en separar de la leche aquellos residuos sólidos que resultaron durante el proceso de ordeño. Para llevar a cabo esta operación se deben usar filtros de papel desechable o tela de lienzo muy limpia. Los corrales, filtros y recipientes deben estar limpios para evitar contaminación.

4.1.2. Pasteurizado.

Generalmente para la elaboración de quesos de cabra a pequeña escala, se utiliza la pasteurización lenta que consiste en elevar la temperatura de la leche de cabra a 62.8 °C por 30 minutos. En queserías de mayor tamaño se utiliza la pasteurización rápida (71.7 °C/15 segundos) o ultrarápida (88 °C/un segundo) (Park y Haenlein, 2007). En todos los casos el calentamiento debe efectuarse por intercambio de calor (baño maría).

Con la pasteurización se eliminan patógenos como los productores de la fiebre tifoidea, brucelosis y tuberculosis. Además, permite que los cultivos lácticos que se le agregan a la leche, se puedan desarrollar teniendo la menor competencia posible de los

organismos naturales de la leche bronca. Después del pasteurizado se procede a enfriar la leche a 42 °C para la adición de aditivos.

4.1.3. Adición de aditivos.

Al pasteurizar, el calcio de las micelas de la leche se precipita. Se recomienda incorporar a la leche de 0.01 a 0.03% de cloruro de calcio (1 a 3 gr/10 lt de leche), con el objetivo de que haya suficiente calcio soluble para facilitar la coagulación y mejorar el tiempo de la misma. Se recomienda agregarlo disuelto en agua pura y a una temperatura de la leche de 40 a 42 °C (McMahon y Brown, 1984).

4.1.4. Acidificación y maduración de la leche.

La acidificación es una de las operaciones básicas en la elaboración de muchos si no es que todos los quesos. Dependiendo del queso que se desea elaborar, se logra mediante el uso de cultivos seleccionados (Fox y McSweeney, 2004). Antes de la adición del cultivo la acidez titulable de la leche es de 0.16 a 0.18 % de ácido láctico (16 a 18 °D) y un pH de 6.6 a 6.8. Después de la adición del cultivo, los microorganismos requieren cierto tiempo para equilibrarse a su entorno (fase de latencia), por lo que solo se registra un pequeño aumento de la acidez dentro de los primeros treinta minutos, a partir de

este tiempo comienza la fase de adaptación y crecimiento en la cual los microorganismos convierten la lactosa de la leche en ácido láctico de manera sostenida, ya que los microorganismos se reproducen de manera exponencial; sin embargo, se observa poco cambio en el pH, debido a la capacidad amortiguadora de la leche que le confiere el calcio contenido en ella (Clark y Agarwal, 2007). La acidificación láctica produce un cuajado lento a una temperatura de 18 a 23 °C (Fox y McSweeney, 2004).

4.1.5. Adición del cuajo.

La adición del cuajo a la leche es un punto de considerable importancia en la elaboración de queso. La firmeza y la textura de la cuajada dependerán, fundamentalmente de la cantidad de cuajo utilizado, de la temperatura y de la acidez de la leche. Para la producción de quesos en el presente manual se utilizara un cuajo de fuerza 1:10000.

- Para los quesos de pasta blanda (ranchero y panela), la coagulación debe durar de 30 a 50 min, para ello adicionar de 1.0 a 1.5 ml de cuajo por cada 10 litros de leche, previamente disuelto en 40 - 60 ml (Figura 6) de agua a una temperatura entre 30 a 32 °C.

- Para los quesos de pasta dura (tipo Manchego y tipo Cheddar), la coagulación es más rápida y se utilizan cantidades mayores de cuajo. Para diez litros de leche adicionar de 2.0 a 2.5 ml de cuajo disuelto en 80 a 100 ml de agua pura y de 17 a 18 °D de acidez.
- Para los quesos de pasta láctica se adiciona de 0.1 a 0.3 ml de cuajo por cada diez litros de leche. El cuajo se debe agregar después de verificar que existe un aumento en la acidez de la leche de cuando menos 5 °D, 40 minutos después de haber agregado los cultivos lácticos y a una temperatura entre 25 y 30 °C, para permitir el desarrollo de los cultivos lácticos.

4.1.6. Coagulación.

Consiste en una serie de modificaciones fisicoquímicas de la caseína, que conducen a la formación de un coágulo (cuajada). Tiene lugar debido a la acción conjunta de la acidificación por las bacterias lácticas (coagulación láctica) y de la actividad del cuajo (coagulación enzimática). El resultado final de la coagulación es la formación de la cuajada.



Figura 6. Adición de cuajo. a) diluir el cuajo en una proporción 1:40 (40 ml de agua limpia (de garrafón) por 1 ml de cuajo, b) y c), incorporación de cuajo diluido en forma de ocho, agitar al momento de estar incorporando.

4.1.6.1. Coagulación enzimática.

Se produce cuando se añade cuajo a la leche. Existen tres fases en la coagulación enzimática que son: proteólisis enzimática, agregación y gelación (Horne y Banks, 2004). El cuajo es una enzima proteolítico que actúa desestabilizando a la caseína, lo que da lugar a la formación de un “gel” o coágulo que engloba al suero y los glóbulos grasos en su interior. Igualmente, su actividad proteolítica conduce a la formación de compuestos que serán utilizados por las bacterias del cultivo para su multiplicación. Dentro de los factores que afectan la coagulación se encuentra el pH, que si bien no afecta la coagulación de

manera directa, si tiene influencia sobre la agregación y gelación de la caseína, dando como resultado una cuajada más frágil (textura cremosa) y mayor tiempo de coagulación (Janhøl y Qvist, 2010). Las temperaturas bajas ($< 8\text{ }^{\circ}\text{C}$) dificultan la proteólisis de la caseína, como consecuencia la coagulación ocurre en temperaturas templadas (20 a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$) (McMahon y Brown, 1984).

En los quesos de coagulación fundamentalmente enzimática se añaden cantidades de cuajo muy superiores y se coagula a temperatura más elevada (30 a 35°C) para acelerar la formación de la cuajada (Fox *et al.*, 2000). En estos quesos, los cultivos no deben desarrollarse de inmediato a fin de que no se acidifique la leche sensiblemente durante la coagulación y durante las operaciones del desuerado. La coagulación enzimática permite obtener quesos con más calcio.

4.1.6.2. Coagulación ácido láctica.

Es realizada por las bacterias lácticas presentes en las leches broncas o procedentes del cultivo, que transforman la lactosa en ácido láctico haciendo descender el pH de la leche a valores de 4.5, lo que produce la alteración de la caseína hasta la formación de un coágulo. En los quesos frescos, de coagulación fundamentalmente láctica, se

utilizan pequeñas cantidades de cuajo y se opera a temperaturas bajas para evitar la actividad óptima de la enzima. En este caso, el cuajo se emplea más bien para facilitar el desuerado, que por su acción coagulante o por su capacidad proteolítica a lo largo de la maduración.

La leche deberá contener los cultivos lácticos necesarios para asegurar la acidificación. La coagulación de la caseína se logra cuando la acidez de la leche llega entre 50 y 60 °D (de 5 a 6 gramos de ácido láctico por litro). Es necesario señalar que, con una coagulación ácida, únicamente se pueden elaborar quesos frescos (Schulz-Collins y Senge, 2004). Este proceso se describe con más detalle en el apartado de quesos de pasta láctica.

Finalmente, en los quesos de coagulación mixta se emplea una cantidad de cuajo considerable a una temperatura que permita el desarrollo óptimo de los cultivos lácticos (28-32°C) y que al mismo tiempo garantice al cuajo unas condiciones de acción bastante favorables.

4.1.7. Corte de la cuajada.

El corte de la cuajada se realiza normalmente, ya sea en un tiempo predeterminado después de la adición del cuajo o mediante un

proceso simple de verificación de la formación de la cuajada, consiste en el corte de la cuajada con un cuchillo y evaluar visualmente las superficies y el tipo de la división del gel que forma la leche después de la adición del cuajo: el corte debe ser limpio y sin adherencias (Figura 7) (Janhøl y Qvist, 2010).

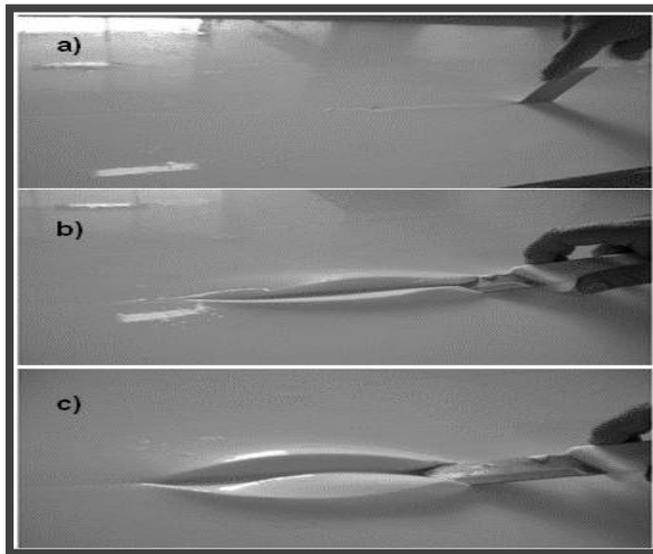


Figura 7. Proceso de verificación de coagulación. a) corte de la cuajada con un cuchillo, b) girar el cuchillo, c) inspeccionar los bordes de la cuajada cortada, deben ser limpios, sin adherencias y de consistencia firme.

El corte consiste en la división de la cuajada en porciones con objeto de aumentar la superficie de desuerado y, por tanto, de favorecer la evacuación del suero. Según el tipo de queso, el cortado es más o menos intenso, desde un simple cortado en los quesos de pasta blanda a un corte en pequeños cubos en los de pasta más dura. Por tanto, existe para cada tipo de queso una dimensión óptima del grano (Johnson y Law, 2010). El corte de la cuajada se efectúa utilizando unos instrumentos denominados liras (Figura 8).

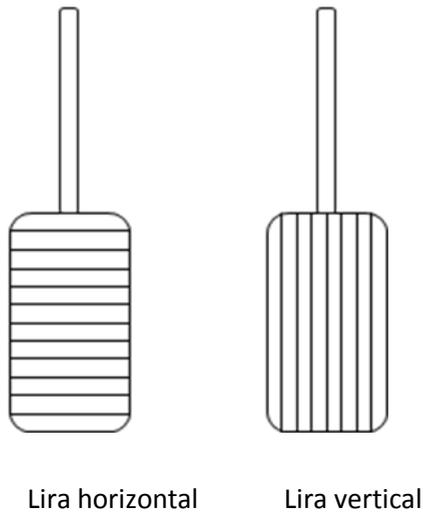


Figura 8. Liras para corte de cuajada.

La lira (Figura 8) es un marco cuadrado o rectangular en forma de paleta, donde internamente están dispuestos hilos de alambre que cortan la cuajada (Clark y Agarwal, 2007).

El cortado de la cuajada debe realizarse lentamente con el fin de no deshacer del coágulo, pues de lo contrario se formarían granos irregulares que desuerarían con dificultad (Dejmek y Waistra, 2004).

Se utilizan dos liras, una donde los hilos que cortan están colocados horizontalmente y la otra donde éstos estén colocados verticalmente (Figura 8). La lira horizontal se introduce por una de las orillas de la tina que contiene la cuajada y con todo cuidado y movimientos precisos, se recorre a lo largo (Figura 9), se repite la operación con la lira vertical y finalmente con la misma un corte transversal al corte anterior, se repasa de extremo a extremo por lo ancho, la idea es tener “cubitos” de cuajada de aproximadamente 1 cm³.

4.1.8. Agitado y desuerado.

Tiene por objeto acelerar la salida del suero contenido dentro del gel formado durante la coagulación de la leche (Dejmek y Waistra, 2004), así, como dar consistencia y textura a los granos de cuajada.



Figura 9. Corte de la cuajada (modificado de Clark y Agarwal, 2007).

Se efectúa con ayuda de agitadores, que al igual que las liras, pueden ser manuales o mecánicos. Según el tipo de queso a elaborar, es el número de agitaciones; así, como el tiempo de agitado y de reposo entre estos. Por regla general se debe agitar o batir la cuajada por lo menos dos veces. El primer agitado se inicia a los 10 minutos

después del corte de la cuajada y tiene como finalidad darle consistencia al grano de cuajada. Se realiza de forma suave para favorecer el choque de los granos de cuajada (Figura 10) y conforme avanza el agitado se le aplica más velocidad, el grano disminuye de volumen y se torna consistente por la pérdida de suero. El tiempo de agitación varía entre 8 y 10 minutos y se deja reposar 10 minutos antes del segundo agitado.



Figura 10. El primer agitado de la cuajada se inicia 10 minutos después de cortada. Se observan los cubos formados por las liras.

El segundo agitado tiene como finalidad darle textura a los granos (Figura 11), es un poco más fuerte que la anterior y el tiempo de agitado y reposo es similar al anterior.

El desuerado puede ser natural, como el queso tipo panela y los de pasta láctica. El desuerado natural es la salida del suero de la cuajada por simple gravedad, cuando ésta se apoya sobre un material que permita el paso del suero y sin que ocurran intervenciones como en el corte, prensado o cocimiento, que fuercen al suero a salir de la cuajada.



Figura 11. Consistencia del grano de la cuajada después del segundo agitado.

4.1.9. Salado.

Tradicionalmente el salado con cloruro de sodio de los alimentos es una forma para preservarlos. En la elaboración de quesos se realiza con el fin de regular el desarrollo microbiano, tanto suprimiendo bacterias indeseables como controlando el crecimiento de las deseables, contribuye también al desuerado y pérdida de humedad del queso y contribuye a los cambios físicos, solubilidad y probablemente la conformación de la proteínas que le dan la textura al queso (Johnson y Law, 2010).

Existen tres métodos de salado en quesos: 1).- Adición directa de la sal sobre los trozos de cuajada y su posterior mezclado, a este método se le conoce como salado en seco (como en el queso tipo Cheddar). Una variante de este salado es el que se utiliza en los quesos tipo panela donde el salado se da en la superficie del queso. 2).- Sal que se frota sobre la superficie del queso moldeado (como en los quesos azules). 3).- Inmersión del queso en una salmuera de agua o suero y sal con una concentración de 15 hasta 30 % por volumen de agua o suero (queso Camembert) (Fox *et al.*, 2000).

El salado en seco es utilizado principalmente en el queso tipo Cheddar y en los frescos. Cuando la sal se agrega sobre los trozos de

la cuajada o la cuajada completa, los gránulos de sal se disuelven por la humedad de la cuajada y esta difunde lentamente hacia el interior de la cuajada. Para este tipo de salado se utilizan valores del 1.5 % hasta 6 % de sal por kg de cuajada (Guinee y Fox, 2004). En México, el salado de los quesos se da directamente en la cuajada antes de moldear y prensar, en concentraciones que van desde el 1 al 3 % del peso de la cuajada.

El salado en salmuera se basa en el principio de la presión osmótica, donde la sal se mueve de altas concentraciones (salmuera) a una zona de menos concentración (queso) (Guinee y Fox, 2004). Los quesos se mantienen sumergidos en un baño de salmuera durante un período variable (de 6 a 72 horas en algunos tipos), dándose la vuelta a los quesos periódicamente. En Centroamérica utilizan salmuera al 30 % (300 gr de sal por 1 lt de agua o suero). Los quesos ya prensados permanecen en la salmuera dependiendo de su tamaño: para los de un kilo de 6 a 8 horas, de 1.5 a 2.0 kg de 8 a 10 horas y para los de 20 kg hasta 24 horas. Este tipo de salado se aplica a los quesos de pasta semidura y dura y que serán madurados. Este salado forma una corteza rápida, debido a la salida del suero y la entrada de sal a la cara externa del queso. Otros países agregan esta salmuera al 18 % (180 gr de sal/1 lt de agua) directamente a la tina de trabajo, desuerada hasta

el nivel de la cuajada, agitan y dejan reposar 10 min, esta concentración es para los quesos maduros. Un litro de esta salmuera es suficiente para 50 lt de leche. Para los quesos frescos se utiliza una salmuera de 30 a 36 % para 50 lt de leche. El salado modifica el gusto del queso, complementa el desuerado y ayuda a formar corteza (Sánchez, 2005).

La fase final del desuerado en numerosos procedimientos de elaboración consiste en la realización de otras dos operaciones que además, de completar el desuerado, confieren al queso su forma definitiva; dichas operaciones son el moldeado y el prensado.

4.1.10. Moldeado y prensado.

El moldeado consiste en la colocación de bloques o granos de cuajada en moldes, cuya forma y tamaño varían con cada tipo de queso. El propósito principal del moldeado es que la cuajada forme una masa continua (Fox *et al.*, 2000). El moldeado se debe realizar rápidamente para evitar que los granos de cuajada se enfríen y no se aglutinen debidamente produciendo huecos en el queso. Los moldes y las telas empleadas deben permitir la salida de suero. En el caso de la cuajada no se requieren moldes, solo paños de tela que envuelven a la cuajada y que le dan una forma característica. Para los quesos frescos

de pasta blanda como el panela se utilizan cestos de plástico grado alimenticio con diferentes capacidades, para el rancho molido son aros de acero inoxidable o plástico, los de pasta láctica debido a su fragilidad no admiten formatos de gran tamaño y por lo regular se utilizan aros para su moldeo. En los quesos de pasta semi-dura y dura, se emplean moldes redondos de acero inoxidable y plástico de diferentes capacidades.

Los quesos de pasta blanda no se prensan, se moldean por su propio peso, o solo una ligera presión con los dedos. De acuerdo con la cantidad de humedad que se desee retener en el queso, se puede aplicar un peso a la cuajada de una a diez veces superior al de ésta y con un tiempo variable de 3 a 48 horas. A mayor peso o mayor tiempo, menor será la humedad del producto y más duro será el queso.

El prensado no debe ser brusco, debe ir de suave a más intenso. Los quesos de pasta semi-dura y dura se envuelven en un paño, doblando los extremos sobre la cara superior del queso, se coloca encima la tapa y sobre esta se aplica el peso mediante prensa mecánica o algo de peso conocido, se aplica un peso de 3-4 kilos por queso de cuajada para los semi-duros y de 5 a 6 para los duros. Luego de un periodo de tiempo que puede variar de 30 minutos a tres horas, se saca el queso del molde, se le quita la tela húmeda, se exprime para

sacar el suero y se envuelve nuevamente, pero colocando el queso en posición invertida. Después se coloca nuevamente la tapa y se aplica peso encima del queso y se prensa por segunda vez por un intervalo de tiempo que puede variar de tres a doce horas según el peso.

4.1.11. Maduración.

Es la última fase de la elaboración del queso. La cuajada, antes de iniciarse la maduración, presenta una capacidad, volumen y forma ya determinadas. Suele ser ácida en razón de la presencia de ácido láctico. En el caso de los quesos frescos y de coagulación ácido láctica esta etapa no se lleva a cabo ya que por el proceso de elaboración y contenido de humedad favorecen el crecimiento de microorganismos no deseables en el proceso de maduración. El queso tipo Cheddar tiene una maduración más o menos pronunciada. La maduración es un fenómeno complejo, durante la cual el sabor y aroma del queso se desarrolla (McSweeney, 2004).

Esta práctica también recibe el nombre de curación, el tiempo de maduración varía según el tipo de queso y puede durar de tres semanas hasta dos años en la cual la duración esta inversamente relacionada con el contenido de humedad del queso (Fox *et al.*, 2000).

Durante la maduración se produce una compleja acción catabólica que lleva cambios bioquímicos por los siguientes agentes (Fox y McSweeney2004):

- **Agente coagulante.** El cuajo es un enzima proteolítico que no sólo interviene en la formación del coágulo, sino también en su evolución posterior. Su participación dependerá de la tecnología de elaboración de cada variedad, según las diferentes variedades de cuajo utilizadas y retenidas en la cuajada.
- **Enzimas propias de la leche.** La leche contiene cerca de 60 enzimas, entre las que se incluyen: proteasas y lipasas, así como otros sistemas enzimáticos. Su papel en la maduración es limitado, ya que su concentración es baja y en algunos casos son termosensibles y presentan un pH óptimo de actividad alejado del pH de la cuajada (Fox *et al.*, 2000).
- **Tipo de cultivo utilizado, microflora secundaria y sus enzimas.** Los microorganismos están presentes en el queso, ya sea porque fueron añadidos deliberadamente u asociados naturalmente a los ingredientes utilizados en la elaboración del queso o sobrevivientes del proceso de pasteurización. Los microorganismos intervienen en la maduración liberando a la

cuajada sus enzimas exocelulares y, tras su lisis o ruptura mediante sus enzimas intracelulares. La flora microbiana se encuentra en constante evolución, formándose distintos grupos microbianos a lo largo de la maduración del queso. Para fines prácticos, se dividen como se menciona anteriormente, los primeros son los responsables de producir el ácido láctico en la elaboración del queso y de brindar las condiciones para que sucedan los cambios concernientes a la maduración. Los segundos se subdividen en benéficos, que se añaden al queso después de su elaboración ya sea en forma superficial o al interior del queso y tienen un papel sinérgico con los del cultivo primario ya que son los responsables en gran medida del sabor y aroma del queso ya madurado: y nocivos que se presentan en los quesos por malas prácticas de producción o de contaminación, el crecimiento de estos es indeseable, ya que generan sabores y aromas desagradables al queso (Beresford y William, 2004).

Se producen dos tipos de maduración, la externa que va de afuera hacia adentro y que corresponde a la formación de corteza: y la maduración interna que se produce en la cuajada del queso debido a la

transformación de lactosa en ácido láctico. Los quesos blandos, con un alto contenido en agua, sufren períodos cortos de maduración.

Entre los factores que controlan el crecimiento de microorganismos en el queso, se pueden señalar el contenido de humedad, el pH, la temperatura, y la concentración de sal y oxígeno (Fox *et al.*, 2000):

- Los microorganismos requieren agua para crecer, la disponibilidad de ésta determina la velocidad de los microorganismos y de los cambios en el queso.
- El pH controla el tipo de fermentaciones y la velocidad de las reacciones enzimáticas. Las bacterias dañinas necesitan un ambiente neutro para desarrollarse; sin embargo, el tipo de microorganismos benéficos como el de los cultivos se desarrollan bien en ambientes ácidos y pueden crecer a pH de 4.0, por lo que un pH bajo es una estrategia de conservación.
- La temperatura a la que son madurados los quesos esta dictaminada por dos requisitos opuestos, por un lado, se necesita controlar el crecimiento de microorganismos contaminantes y potencialmente patógenos y por el otro, la necesidad de promover las reacciones de maduración y el

crecimiento de los cultivos secundarios. Temperaturas altas promueven maduraciones rápidas, desarrollo de microorganismos benéficos; pero también, el de los no deseables que arruinan al queso. Generalmente la temperatura de maduración de los quesos tipo Cheddar es de 6 a 8 °C y para los de pasta blandos de maduración superficial es de 10 a 15 °C (Fox *et al.*, 2000; Law, 2010).

- El contenido de oxígeno de la cámara de maduración es vital para los quesos de maduración superficial. Los microorganismos aerobios requieren de ventilación forzada para mantener en niveles adecuados el oxígeno.

4.1.11.1. Cambios bioquímicos responsables de la maduración del queso.

Los cambios que ocurren durante la maduración se agrupan en tres categorías: 1) Glucólisis de la lactosa residual y catabolismo del lactato, 2) Lipólisis y catabolismo de los ácidos grasos libres y 3) Proteólisis y catabolismo de aminoácidos (McSweeney, 2004).

Glucólisis: Durante la elaboración del queso, cerca del 98 % de la lactosa de la leche es removida con el suero en forma de lactosa o

lactato, y solo de 1 a 1.5 % se queda en el queso (McSweeney y Fox, 2004). La lactosa es reducida (glucólisis) a lactato fundamentalmente por las bacterias lácticas adicionadas en forma de cultivo. Este lactato sufre cambios (catálisis), por la acción de los microorganismos presentes según el cultivo añadido, que lo llevan a formar ojos en el caso de quesos Suizos. Por otro lado, sirve como fuente de alimento para los microorganismos que se utilizan en los quesos de maduración superficial como el Camembert (McSweeney, 2004; McSweeney y Fox, 2004).

Proteólisis: De los cambios que sufre el queso durante el proceso de maduración la proteólisis es la más compleja. Las caseínas son las principales proteínas que conforma al queso, sobre las cuales el cuajo, los cultivos y las enzimas propias de la leche, actúan degradándolas (proteólisis) (Fox *et al.*, 2000). Como resultado de la proteólisis se acumulan una gran variedad de productos en el queso durante la maduración, que le dan textura y consistencia. Por otra parte, este proceso no es siempre uniforme en toda la masa del queso, pudiendo ser más intenso en la superficie que en el interior (por ejemplo, en quesos blandos madurados superficialmente) (Ribeiro y Ribeiro, 2010).

Lipólisis: Es la degradación (hidrólisis) de las grasas contenidas en el queso en ácidos grasos de menor tamaño, actividad que realizan enzimas (lipasas), que vienen junto con el cuajo, o son subproductos de la actividad de los microorganismos añadidos (Collins *et al.*, 2004). El efecto de estas enzimas es pequeño, pero tienen mucha influencia en el olor del queso. La degradación de las grasas, proporciona olores desde rancios hasta frutales u olor a cabra (Law, 2010).

4.1.11.2. Sistemas de maduración del queso:

Básicamente, pueden distinguirse dos sistemas de maduración:

- **Los quesos duros:** Maduran en condiciones que eviten el crecimiento superficial de microorganismos y disminuyan la actividad de los microorganismos y enzimas del interior. La maduración ha de ser un proceso lento y uniforme en toda la masa del queso y no debe afectar el tamaño.
- **Los quesos blandos:** Se mantienen en condiciones que favorezcan el crecimiento de microorganismos en su superficie, tanto mohos (*Penicillium camemberti* en queso Camembert), como bacterias. Las enzimas producidas por estos microorganismos se difundirán hacia

el interior del queso, progresando la maduración en esta dirección. La forma plana y el tamaño relativamente pequeño de estos quesos favorecerán dicho proceso. Un sistema intermedio sería el utilizado en los quesos madurados internamente por mohos (quesos azules). Al inicio, los microorganismos y sus enzimas son responsables de cambios en el interior del queso. Posteriormente se favorece la penetración de aire al interior del queso, introduciéndose de forma natural o mediante inoculación.

Generalmente, el tamaño y forma del queso están ligados al tipo de maduración que experimenta y a las condiciones de temperatura y humedad a las que se mantiene. Los quesos duros maduran lentamente, de varios meses hasta de dos años, a temperaturas de 4 a 14°C y humedad relativa baja (86 a 88%) para evitar el desarrollo de mohos, pero suficiente para impedir una evaporación excesiva. Algunas variedades se revisten de parafina, emulsiones plásticas o películas especiales que excluyan el aire, con lo que se impide el crecimiento de los mohos y la pérdida de humedad. Cuando se requiere el desarrollo superficial de microorganismos, se aumenta la superficie en relación con la masa del queso, se sala en salmuera con el fin de controlar la flora y se madura de 15 a 20° y humedad relativa de 90 a 95%.

4.1.12. Envasado.

Los objetivos que se buscan al envasar los quesos son los siguientes:

1. Proteger el queso contra contaminación física, química y microbiana. La microbiana es de mayor preocupación y se puede prevenir cubriendo el queso con ceras o envasado al vacío con películas de baja permeabilidad al oxígeno, con esta práctica también se reducen las pérdidas por deterioro.
2. Reducir la pérdida de humedad superficial de los quesos.
3. Evitar la deformación física de los quesos, especialmente los de pasta suave.
4. Para permitir el etiquetado de los productos.

4.2. Elaboración de quesos con leche de cabra.

4.2.1. Quesos frescos.

El queso fresco de cabra tiene multitud de propiedades benéficas para la salud, está cargado de vitaminas y minerales, es un buen aporte de proteínas y tiene muy bajo contenido graso. Es de fácil digestión, por lo que resulta un alimento idóneo para personas con problemas digestivos, niños y ancianos. En México predominan tres tipos de quesos que entran en esta clasificación: cuajada, rancho y panela. El proceso de elaboración es similar (Figura 12), con algunas variaciones sobre el trabajo de la cuajada.

Estas variaciones se dan después del agitado (Figura 12), en el caso del tipo rancho después del desuerado se procede a moler la cuajada con un molino eléctrico o manual y se sala a razón de 25 gr por kg de cuajada, en el caso del tipo cuajada o boyo se moldea en mantas en forma redonda y se ejerce un ligero prensado. En el tipo panela la cuajada tibia se coloca en moldes tipo cesto o canasta, se ejerce una ligera presión con los dedos y se deja desuerar por gravedad por espacio de 24 horas, el salado se realiza sobre la superficie del queso mientras se desuera.



Figura 12. Proceso básico de elaboración de tres tipos de quesos frescos en México.

4.2.1.1. Queso tipo cuajada o boyo.

Este tipo de queso fresco de cabra es una de las tantas variedades de queso existentes, sus características son de un queso que no es madurado y de alta humedad, además es versátil en la hora de consumirlo, es decir que va bien con muchas preparaciones culinarias. Principalmente se destina a consumo directo. Es la forma común de consumo por parte de los productores de cabras que utilizan leche sin pasteurizar.

El proceso de elaboración inicia con la recepción de la leche, se procede a filtrar y se le realizan dos pruebas que se consideran de rutina la primera para determinar la acidez (anexo 1) y la segunda para comprobar si la leche resistirá la pasteurización (anexo 2). En el diagrama de flujo 1, se ilustra la técnica para la elaboración de la cuajada o boyo, se mencionan las etapas de elaboración, así como algunas recomendaciones. A continuación se presenta el material necesario para la elaboración de cuajada, así como los ingredientes y su diagrama de la técnica de elaboración.

- **Material requerido para la elaboración de cuajada o boyo.**

1. Tina doble fondo.

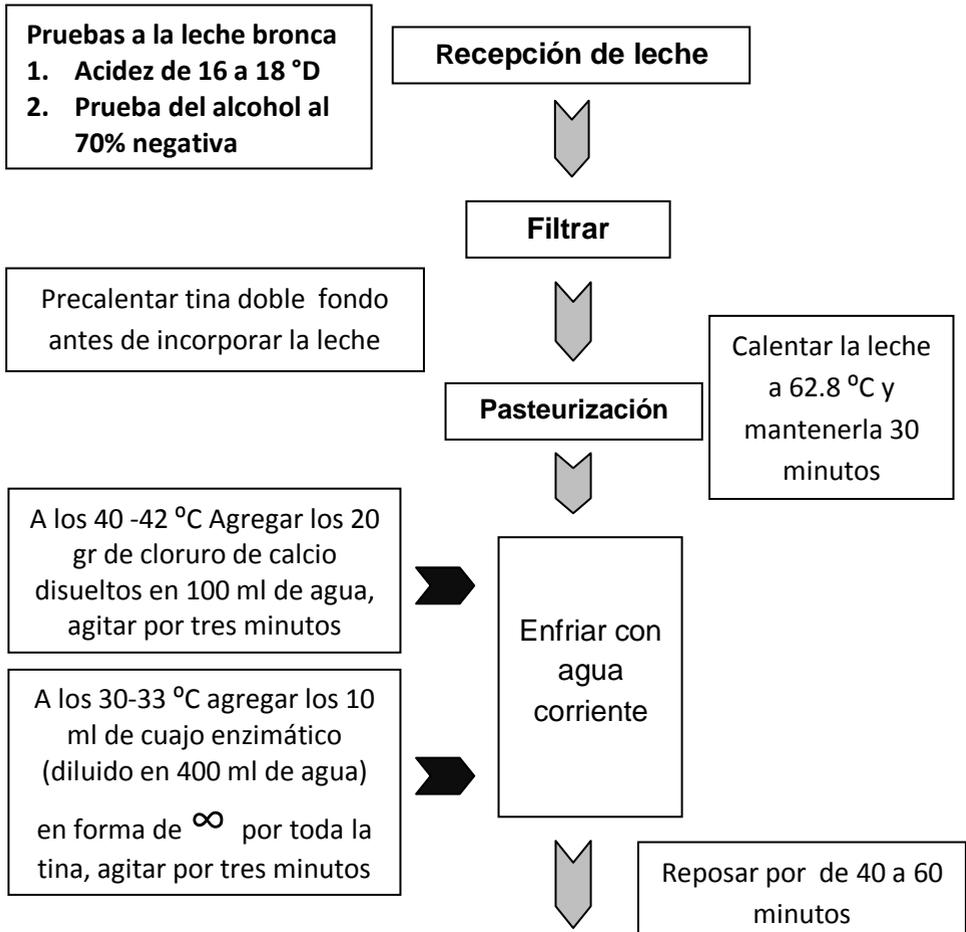
2. Liras.
3. Colador con filtro de papel o manta.
4. Mesa de trabajo.
5. Cuchillo.
6. Mantas.
7. Pipetas volumétricas de 10 ml.
8. Termómetro
9. Equipo para determinar acidez.
10. Prensa tipo holandés.
11. Báscula o cubetas para medir la cantidad de leche a procesar.

El cuadro 10 muestra los ingredientes necesarios para elaborar queso tipo cuajada o boyo.

Cuadro 10. Ingredientes para elaborar cuajada de leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	100 lt
Aditivos (cloruro de calcio).	20 gr
Cuajo enzimático.	10 ml
Agua pura.	500 ml
Sal.	187.5 gr

Diagrama 1, técnica para la elaboración de la cuajada o boyo.



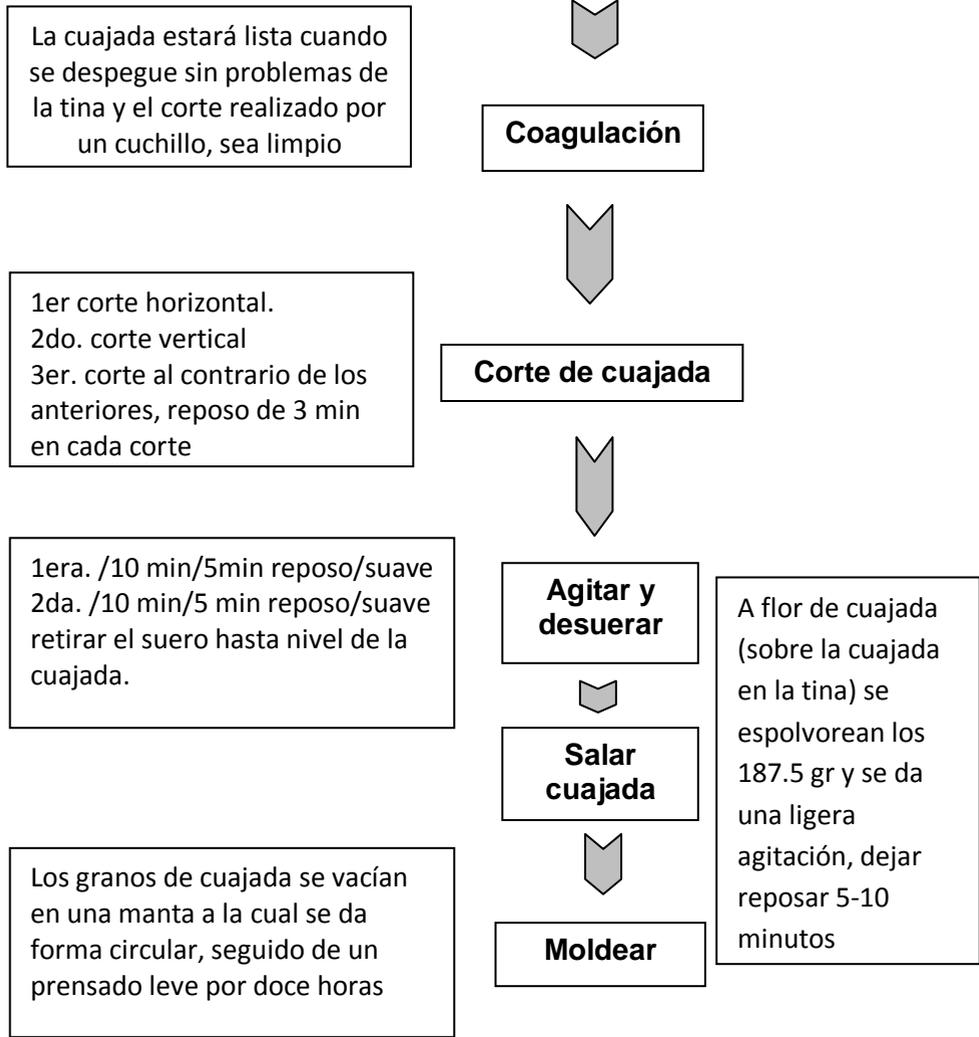




Figura 13. Cuajadas en manta después de un leve prensado.

..

4.2.1.2. Queso tipo rancho.

El queso fresco rancho, es un queso de pasta blanda, elaborado con leche pasteurizada de cabra, y de coagulación con cuajo enzimático. Prácticamente se elabora en todo el país, tiene una vida de anaquel máxima de 10 días. Para su elaboración se requiere de leche de buena calidad, porque de ella dependen el sabor, el aroma, su textura y en general sus características alimenticias. Se caracteriza por ser un queso molido y un agradable sabor salado. Este queso contiene cerca de 46 a 57% de humedad, 18 a 29% de grasa, 17 a 21% de proteína, 2.5 % de sal y un pH \geq 6.1. A continuación se enlista el material, ingredientes y diagrama para elaborar queso tipo rancho.

▪ **Material requerido para la elaboración del queso tipo rancho.**

1. Tina doble fondo.
2. Liras.
3. Colador con filtro de papel o manta.
4. Mesa de trabajo.
5. Aros de metal o PVC como molde.

6. Cuchillo.
7. Pipetas volumétricas de 10 ml.
8. Termómetro.
9. Equipo para determinar acidez.
10. Molino eléctrico o manual.
11. Báscula o cubetas para medir la cantidad de leche a procesar.

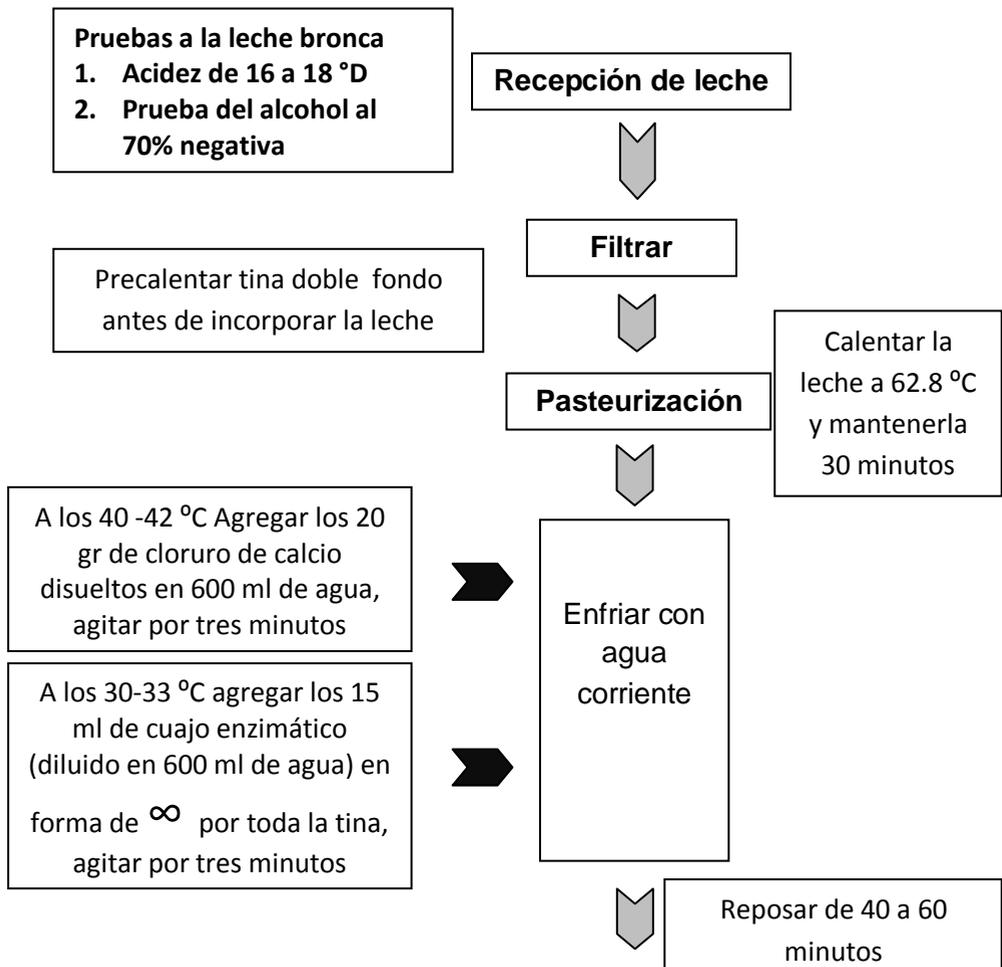
Los ingredientes requeridos para la elaboración de queso tipo ranchero se muestran en el cuadro 11 y como se puede apreciar se requiere leche de cabra, cloruro de calcio, cuajo enzimático, agua y sal.

Cuadro 11. Ingredientes para elaborar queso ranchero con leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	100 lt
Aditivos (cloruro de calcio).	20 gr
Cuajo enzimático.	15 ml
Agua pura.	700 ml
Sal.	250 gr

En el diagrama 2, se muestra la técnica de elaboración del queso tipo ranchero, se mencionan las etapas y algunas recomendaciones.

Diagrama 2, técnica para la elaboración de queso tipo rancho.



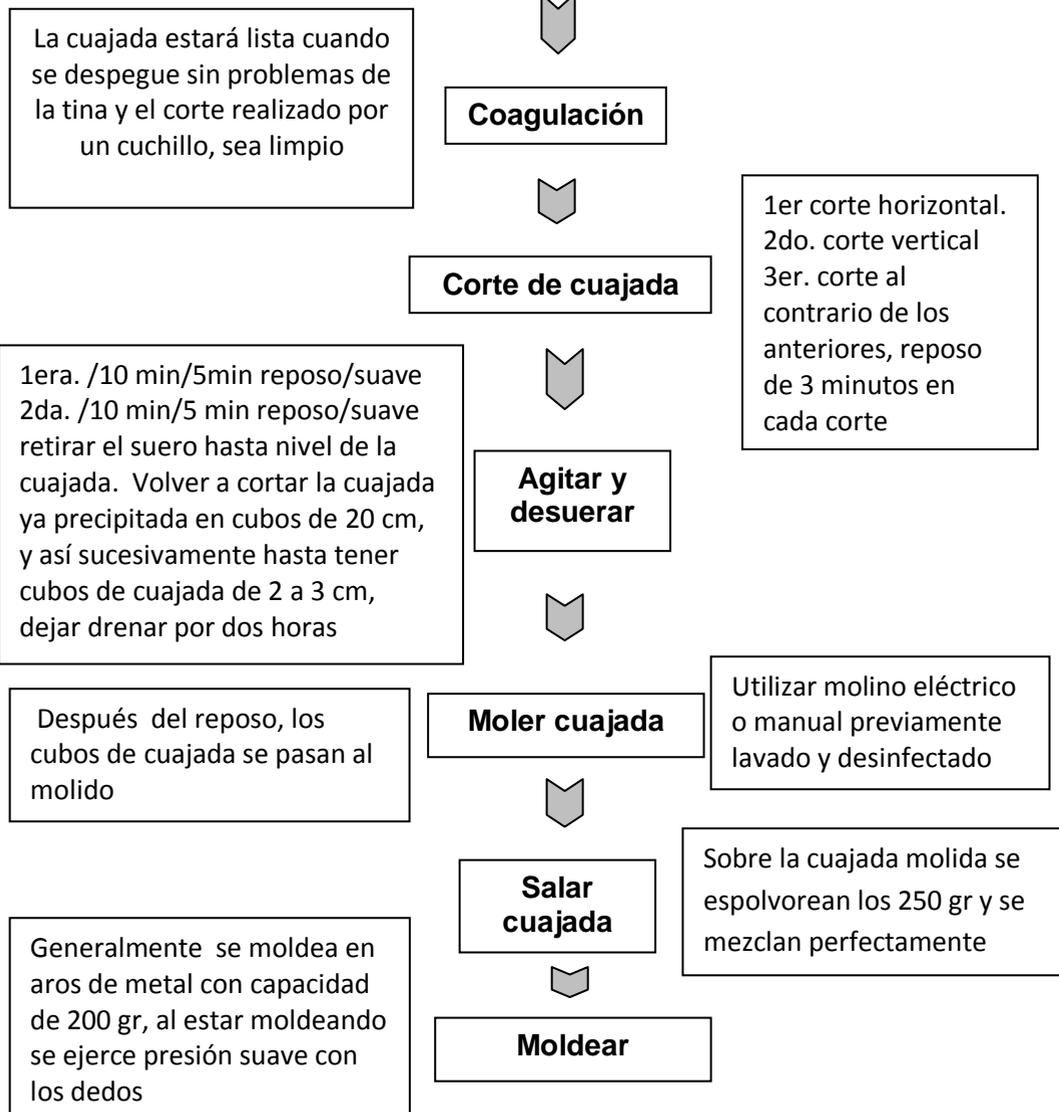




Figura 14. Queso ranchero terminado, después de un ligero prensado con los dedos.

4.2.1.3. Queso tipo panela.

Es un queso de pasta firme, de color blanco intenso, con textura suave pero firme al corte, con sabor agradable y un delicado salado que lo hace agradable al paladar. Es un queso que tiene de 55 a 58 % de humedad, y un 40% de materia grasa. Por su bajo contenido de sal se recomienda para personas con problemas de hipertensión.

Para elaborar este tipo de queso, se realizan dos agitadas suaves en temperaturas de trabajo entre 32 a 37° C, se debe mantener esta temperatura, durante el proceso de moldeo, para facilitar el desuerado y darle la forma final al producto. Se utilizan moldes especiales (Figura 16), con la única peculiaridad de poseer gran cantidad de agujeros para facilitar la salida del suero. A continuación se enlista el material, ingredientes y diagrama para elaborar queso panela con leche de cabra.

Material requerido para elaborar queso panela con leche de cabra.

1. Tina doble fondo.
2. Liras.
3. Colador con filtro de papel o manta.
4. Mesa de trabajo.

5. Moldes para queso panela (Figura 16).
6. Cuchillo.
7. Pipetas volumétricas de 10 ml.
8. Termómetro.
9. Equipo para determinar acidez.
10. Báscula o cubetas para medir la cantidad de leche a procesar.

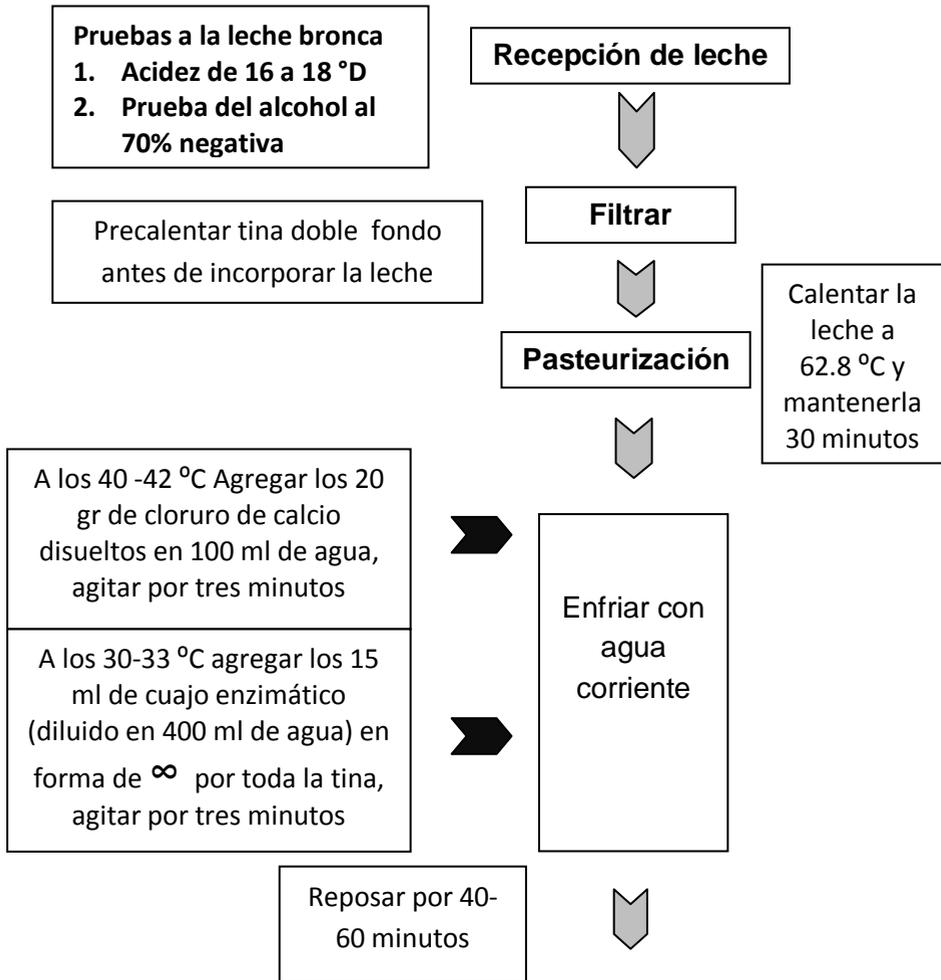
En el cuadro 12 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar queso panela.

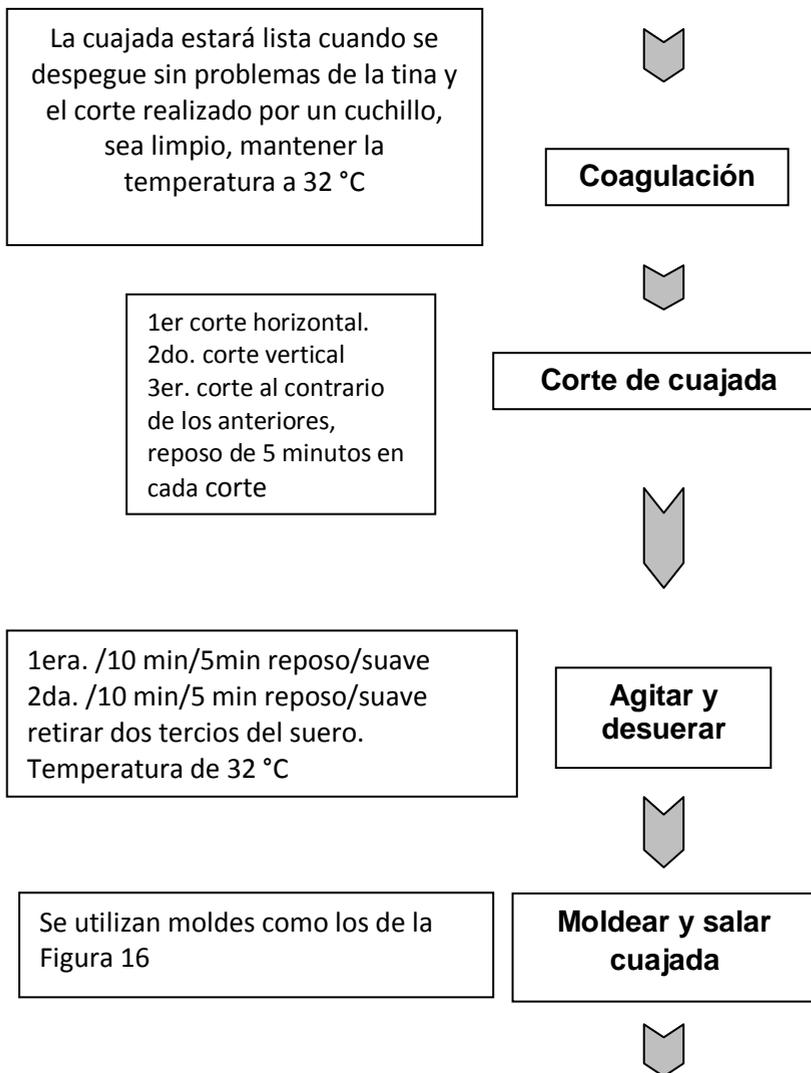
Cuadro 12. Ingredientes para elaborar queso panela de leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	100 lt
Aditivos (cloruro de calcio).	20 gr
Cuajo enzimático.	10 ml
Agua pura.	500 ml
Sal.	250

En el diagrama 3, se muestra la técnica de elaboración del queso tipo panela, se mencionan las etapas y algunas recomendaciones.

Diagrama 3, técnica para la elaboración del queso panela con leche de cabra.







El moldeo es esencial en este tipo de queso, ya que no se utiliza prensado, el drenado del suero es con el peso de la propia cuajada.

- a) Llenar los moldes tipo cesto con la cuajada reposar (3 minutos), salar cara expuesta
- b) 1er volteo todavía tibia la cuajada
- c) Salar cara expuesta (dejar reposar 10 min)
- d) 2do volteo, reposar una hora
- e) Opcional otro volteo, después de éste refrigerar

Figura 15. Proceso de moldeo de queso panela con leche de cabra, se describe paso por paso.



Figura 16. Moldes para queso panela.



Figura 17. Queso panela terminado. Se debe mantener en refrigeración de 4 a 6 °C y tiene una vida máxima de anaquel de 15 días.

4.2.2. Quesos de coagulación ácido láctica.

Son quesos frescos no madurados, los cuales son elaborados por la coagulación de leche, utilizando ácidos orgánicos como el láctico, acético y cítrico, una combinación de ácido láctico formado por cultivos y cuajo o la combinación de un ácido orgánico y calor (Figura 18). Este tipo de quesos está listo para su consumo inmediatamente después de su producción. Se caracterizan por su alto contenido de humedad. Muestra de ello, son los quesos frescos de pasta láctica tipo francés (queso crema), y el queso Cotagge. (Schulz-Collins y Senge, 2004). Probablemente los quesos de coagulación ácida fueron los primeros elaborados por el hombre, ya que el principio básico de su

elaboración se basa en la acidificación natural que tiene la leche bronca en presencia de ciertas bacterias y temperatura. Con el desarrollo de la microbiología y la industrialización de los procesos, se llegó al conocimiento de cultivos específicos para este fin (Fox *et al.*, 2000).

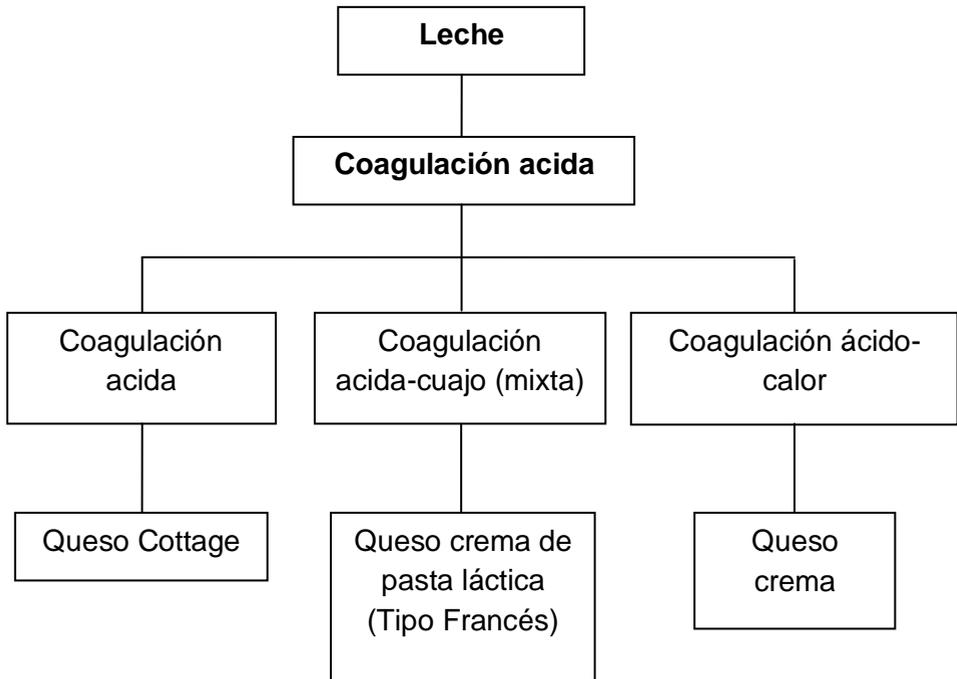


Figura 18. Quesos frescos de coagulación ácida (modificado de Schulz-Collins y Senge, 2004).

La Figura 18, muestra tres tipos de quesos de coagulación acida. El queso cottague se obtiene mediante la coagulación de la leche mediante la adición de cultivos lácticos, que provocan la formación de cuajada de la leche al disminuir su acidez a valores de 45 a 50 °D, Es un queso de consistencia granulosa.

Para la elaboración del queso crema se utiliza una combinación de temperatura alta (82° C) y un ácido orgánico (láctico, cítrico o acético). El ácido orgánico se añade a la leche a 82° C en valores de 0.2 %, es decir 2 gramos de ácido láctico diluido en 40 ml de agua para 10 lt de leche. Segundos después de agregar el ácido los sólidos de la leche precipitan formando una cuajada de aspecto disperso. Está cuajada se recoge en mantas y se deja desuerar por 24 horas. Periodo tras el cual se amasa, se sala a razón de 0.8 % (8 gr de sal por kilo de cuajada) y se envasa. Este es el tipo de queso que encontramos en las tiendas como queso crema, es de consistencia firme y que se puede untar.

El proceso de elaboración del queso crema de pasta láctica involucra la adición de un cultivo láctico y una cantidad relativamente pequeña de cuajo a la leche. En estas condiciones, la leche es sometida a un proceso lento de acidificación que resulta en la formación de un gel a un pH entre 4.6 y 4.8. La acidificación puede ser

realizada por cultivos termófilos o bien por mesófilos (ver el apartado de componentes para la elaboración de quesos). Sin embargo, al utilizar termófilos tienden a proporcionar sabores muy ácidos similares al del yogurt, mientras que los mesófilos generan una amplia gama de sabores muy sutiles. Las desventajas son los largos períodos necesarios para lograr la acidificación y el hecho de que el período requerido nunca es completamente predecible. Aun así, los cultivos de tipo mesófilos, son los más utilizados para elaborar este tipo de quesos (Schulz-Collins y Senge, 2004; Bot *et al.*, 2007).

4.2.2.1. Queso crema de pasta láctica.

Es un queso fresco obtenido por coagulación mixta, es decir una coagulación ácido láctica con una mínima aplicación de cuajo. Tiene el 50% de grasa, de consistencia suave y pastosa sin ser demasiado seca y granulosa, fácil de untar, de sabor dulce y ácido, con un pH entre 4.6 y 4.8 (Zeng, 2004). En la elaboración de este tipo de quesos se puede utilizar leche hasta con 25° D de acidez, siempre y cuando resulte negativa a la prueba del alcohol al 70 %. Si resulta positiva, probablemente la leche se cortara durante el proceso de pasteurización. Previamente se menciona que para la elaboración de este tipo de queso se requieren cultivos lácticos de tipo mesófilo.

Existen en el mercado varias marcas. El cultivo comercial viene en polvo en sobres de 50 gramos y se utiliza un sobre por cada 1000 lts de leche. Para evitar contaminación del contenido, se debe mantener sellado y en el congelador. Pero qué pasa cuando vamos a procesar solo 100 lt, se recomienda realizar el cálculo de gramos que se a utilizar (5 gr/100 lt) sacar del sobre y dejar atemperar el cultivo por 30 minutos. Posteriormente se puede incubar en una dilución 1:40, es decir 40 ml de leche por gramo de cultivo. Se debe cuidar que al momento de agitar la leche con el cultivo no genere espuma. El material, los ingredientes y el diagrama 4, con la técnica de elaboración se muestran a continuación.

Material requerido para la elaboración del queso crema de pasta láctica.

1. Tina doble fondo.
2. Colador con filtro de papel o manta.
3. Mesa de trabajo.
4. Moldes y coladores para desuerar.
5. Termómetro.
6. Equipo para determinar acidez.

En el cuadro 13 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar queso crema de pasta láctica, no variar las cantidades.

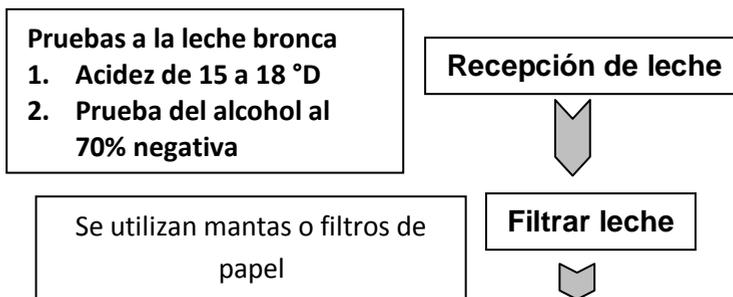
Cuadro 13. Ingredientes para elaborar queso crema de pasta láctica de leche de cabra.

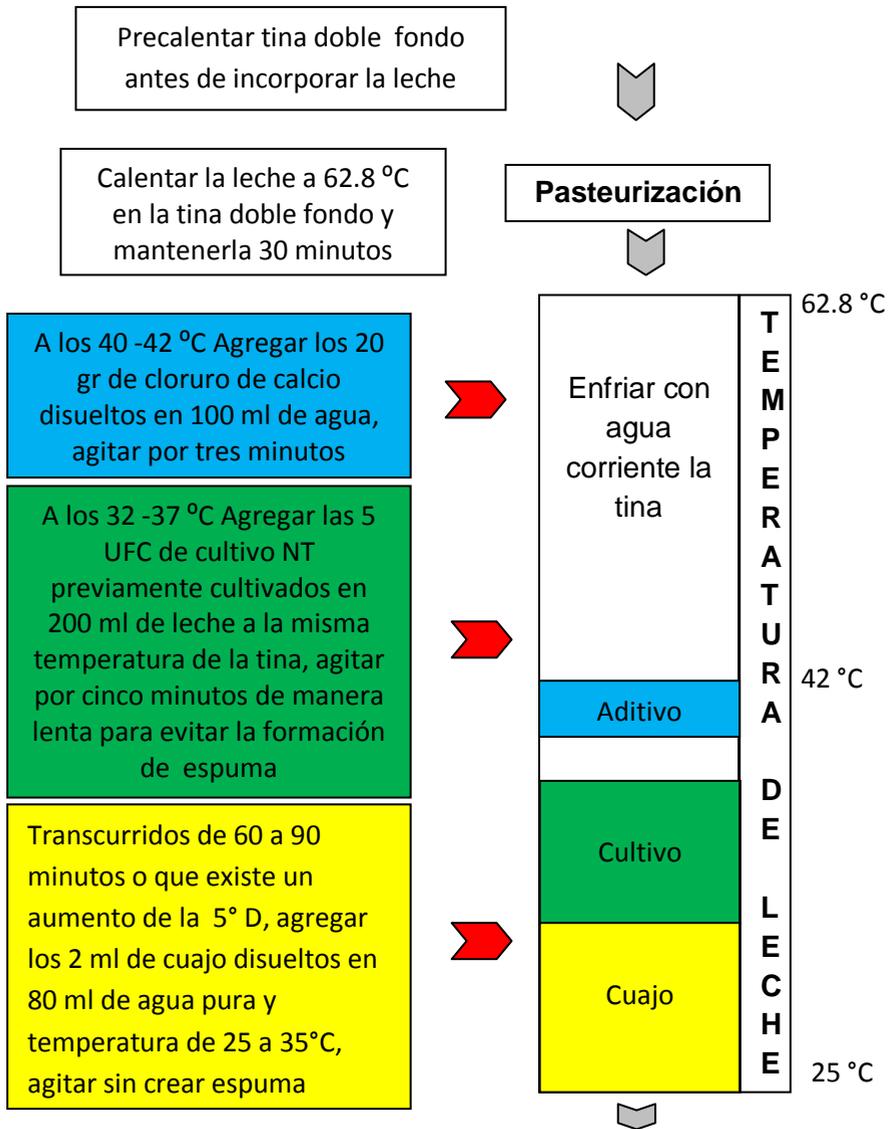
Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	100 lt
Aditivos (cloruro de calcio).	20 gr
Cultivo directo NT (mesófilos)	5 UFC o 5 gr
Cuajo enzimático.	1-2 ml
Agua pura.	500 ml
Sal.	200 gr

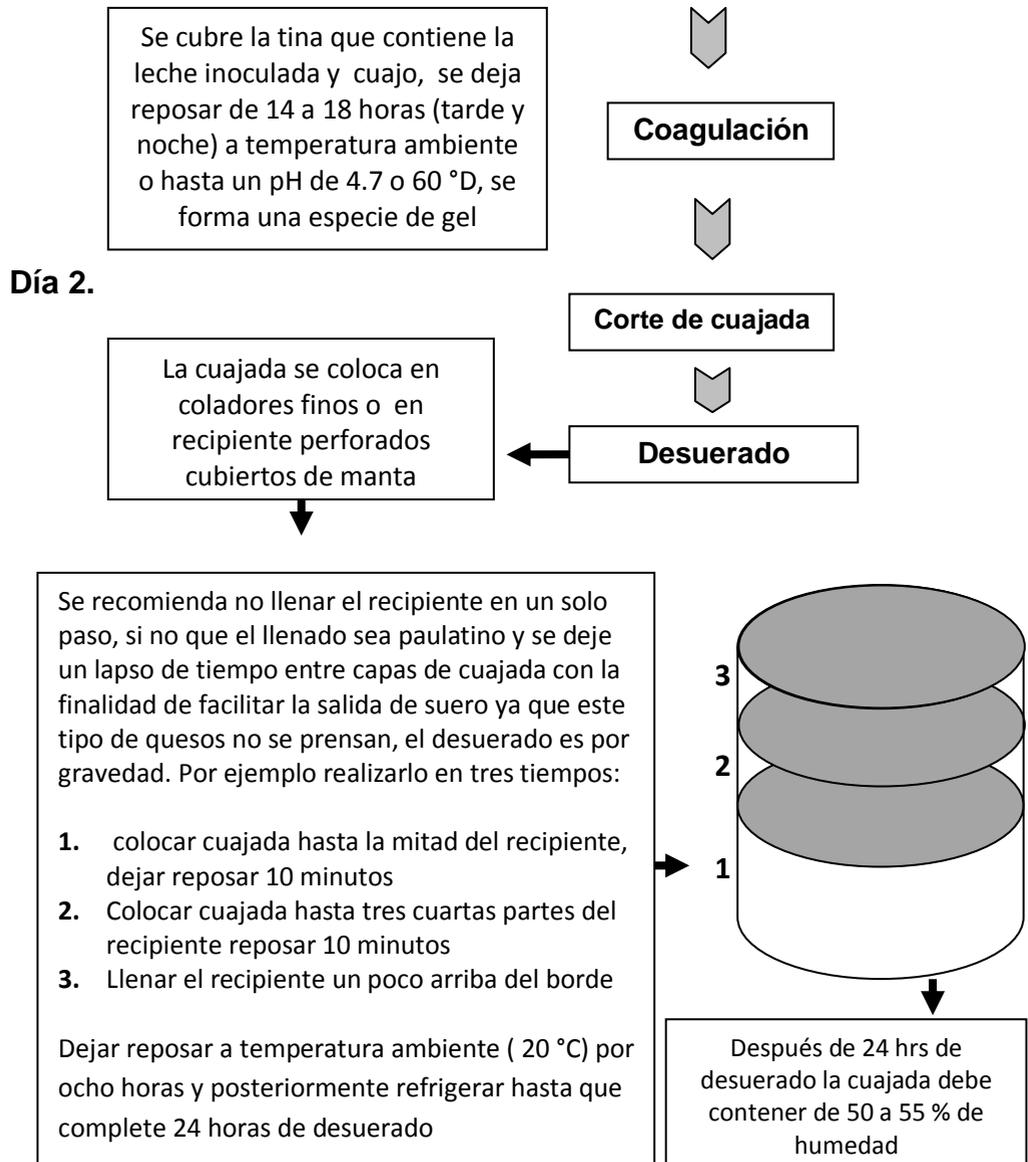
En el Diagrama 4, se describe la técnica para la elaboración del queso crema de pasta láctica con leche de cabra, se mencionan las etapas y algunas recomendaciones que se deben seguir. El proceso implica tres días de elaboración. Las flechas gruesas rojas indican que se debe agregar a la leche.

Diagrama 4, técnica para elaborar queso crema de pasta láctica.

Día 1.







Día 3.

En la mesa de trabajo limpia, desinfectada y libre de humedad se coloca toda la pasta o cuajada y se le agrega sal a razón de 1.3% (13 gr por kg de cuajada), se amasa vigorosamente por 15 minutos y se deja reposar cinco minutos (Figura 19)

Salado y amasado

Una vez salado, se puede mezclar con especias, ajo, ajonjolí, cenizas, chipotle (Figura 20), etc. Se moldea en presentaciones de 150 a 250 gramos



Figura 19. Amasado y reposo de queso crema de pasta láctica.

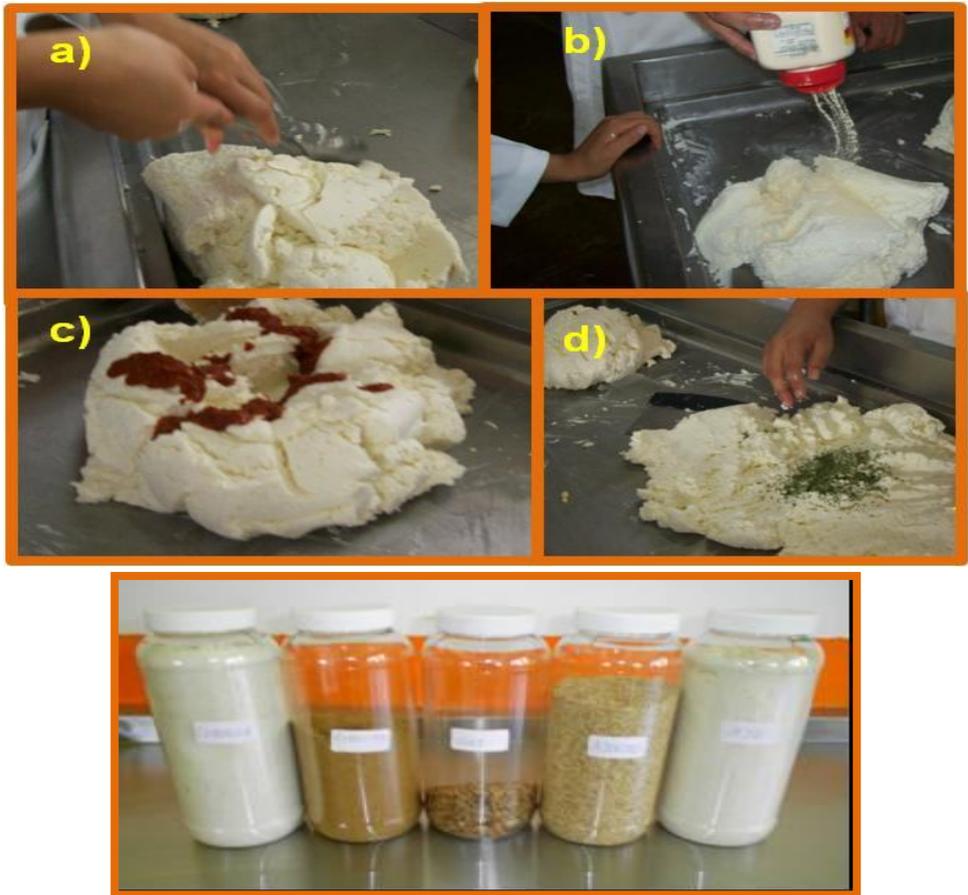


Figura 20. Mezclado de la pasta láctica con: a) sal (natural), b) ajo, c) chipotle y d) especias (mezcla de pimienta, comino y orégano).



Figura 21. Quesos crema de pasta láctica moldeados listos para su comercialización. Este tipo de queso es el que mejor le va a las características a la leche de cabra.

4.2.3. Queso tipo Cheddar.

El queso Cheddar se origino en la villa de Cheddar en Somerset, Inglaterra en el siglo XIX (Clark y Agarwal, 2007). Este tipo de queso probablemente surgió por el proceso de acidificación natural de la cuajada, pero que debido a las pobres condiciones sanitarias de la época produjo quesos con formación de gas y mal sabor (Lawrence *et al.*, 2004).

Los quesos Cheddar son de textura firme, cerosa y con un sabor en general suave (Fox *et al.*, 2000). Estricta y legalmente hablando el queso Cheddar no puede ser elaborado con leche de cabra, porque el término “Cheddar” tiene su origen en un queso elaborado de leche de vaca. Sin embargo, el queso Cheddar puede ser y ha sido elaborado con esta leche, aunque en su elaboración se tienen problemas para alcanzar el nivel de humedad, textura y firmeza a su similar de leche de vaca; problemas, debido principalmente a que la cuajada de leche de cabra es más suave y a la baja cantidad de alfa caseínas que son las que confieren firmeza a la cuajada. El proceso de elaboración del queso Cheddar de cabra es una modificación del procedimiento original para leche de vaca (Park y Gou, 2006).

El queso tipo Cheddar elaborado a partir de leche de cabra, se clasifica como un queso semi-duro, que va de un color casi blanco a ligeramente amarillento con un 39% de humedad y 50 % de grasa (Clark y Agarwal, 2007).

La técnica de elaboración de este tipo de queso incluye la pasteurización de la leche, adición de aditivos (cloruro de calcio) y cultivos lácticos. En el caso del cultivo se tiene que señalar que se utilizan cultivos mesófilos de aplicación directa de las especies *lactococcus lactis* subespecie *cremoris* o *lactococcus lactis* subespecie *lactis* o la mezcla de ellos (Park y Gou, 2006; Clark y Agarwal, 2007), adición del cuajo a temperaturas de 30 a 32 °C. Después de verificada la coagulación se procede al cortado de la cuajada y se dan al menos tres agitaciones con la finalidad de obtener granos de cuajada del tamaño de un arroz. Al mismo tiempo de la agitación se da un calentamiento (cocimiento) de los granos de cuajada.

El cocimiento permite que los granos de cuajada se contraigan y liberen suero; además, aumenta la velocidad de reacción, especialmente del crecimiento y metabolismo bacteriano. El aumento de la temperatura en el cocimiento de la cuajada (Figura 22) debe ser de manera gradual y lenta, se considera que un incremento de 2 °C cada cinco minutos es un rango aceptable y debe mantenerse hasta

alcanzar los 39 °C, la cuajada se debe agitar de manera continua. La velocidad de agitado al igual que la temperatura es suave al principio y se puede ir incrementando conforme la cuajada vaya tomando firmeza, una agitación muy rápida puede producir que la cuajada se rompa y como consecuencia una reducción en el rendimiento. La temperatura de 39 °C se debe mantener al menos 30 minutos en el caso de leche de cabra, lo que permitirá tener quesos más secos (Clark y Agarwal, 2007).

El objetivo de la elaboración de queso tipo Cheddar es que el ácido láctico se desarrolle lentamente durante la maduración de la leche y cocimiento de la cuajada: al final del proceso de cocimiento la acidez de la cuajada debe rondar un pH de 6.0. Después del cocimiento y terminadas las agitaciones, los granos de la cuajada se fusionan por gravedad en un bloque sólido y precipitan (Lawrence *et al.*, 2004).

Se procede a retirar dos terceras partes del suero y se inicia el proceso de cheddarizar (Figura 23). Este proceso consiste en cortar el gran bloque de cuajada tibia, en bloques de menor tamaño (20 o 30 cm), darles vuelta y apilarlos unos encima de otros y se retira todo el suero. La operación tiene como objetivo el aumento en la acidez de la cuajada y la salida del suero por efecto del prensado entre los bloques.

Los bloques se colocan en el centro de la tina para facilitar el desuerado y debe existir separación entre pilas de bloques. Después de 10 a 15 minutos de reposo, los bloques se cortan a la mitad (10-15 cm) y se repite el proceso descrito anteriormente para dejarlos nuevamente en reposo. Este proceso de cortar, apilar y reposo se repite hasta obtener trozos de cuajada de 2 a 3 cm³ de tamaño.

Durante todo el proceso la cuajada se mantener caliente (Lawrence *et al.*, 2004; Clark y Agarwal, 2007). El producto final de la chedarización es una cuajada comprimida, homogénea y elástica con un pH de 5.1 y de 45 a 50 °D (Park y Gou, 2006). El desarrollo de la acidez durante la cocción y chedarización es un factor fundamental en la calidad del queso, ya que esta determina el sabor, textura, la humedad y el pH final. En este sentido, el cuerpo del queso cambia de: tipo goma (pH 5.4) a plástico (pH 5.3) a tipo Cheddar (pH de 5.1 a 5.0) (Clark y Agarwal, 2007). Al tener cubos de cuajada de 2 a 3 cm³ de tamaño se aplica sal de manera directa.

La cantidad de sal se aplica a razón de 2.5 % (25 gr) por kg de cuajada. Este valor se estima con un rendimiento promedio de 1 kg de cuajada por 8 lt de leche. La cantidad total de sal se divide en tres partes y se aplica como sigue: la primera parte sobre la cuajada, revolver y, se deja reposar cinco minutos; la segunda parte sobre la

cuajada, se revuelve y se deja reposar cinco minutos, la ultima parte se aplica igual sobre la cuajada y se deja reposar.

Después del salado, los cubos de cuajada tibia se colocan en moldes redondos con manta se presiona ligeramente con los dedos, se coloca la tapa de los moldes y se procede al prensado que es ligero al inicio y se va incrementando el peso conforme avanza el tiempo (mas detalles del prensado en el procedimiento de elaboración de este tipo de queso) (Park y Gou, 2006). El material, los ingredientes y el diagrama 5, con la técnica de elaboración se muestran a continuación.

Material requerido para la elaboración del queso tipo Cheddar con leche de cabra.

1. Tina doble fondo.
2. Colador con filtro de papel o manta.
3. Liras.
4. Mesa de trabajo.
5. Moldes redondos de 1 kg.
6. Cuchillo.
7. Pipetas volumétricas de 10 ml.
8. Termómetro.
9. Equipo para determinar acidez.

10. Báscula o cubetas para medir la cantidad de leche a procesar.

En el cuadro 14 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar queso tipo Cheddar, se mencionan los cultivos de tipo mesófilos requeridos.

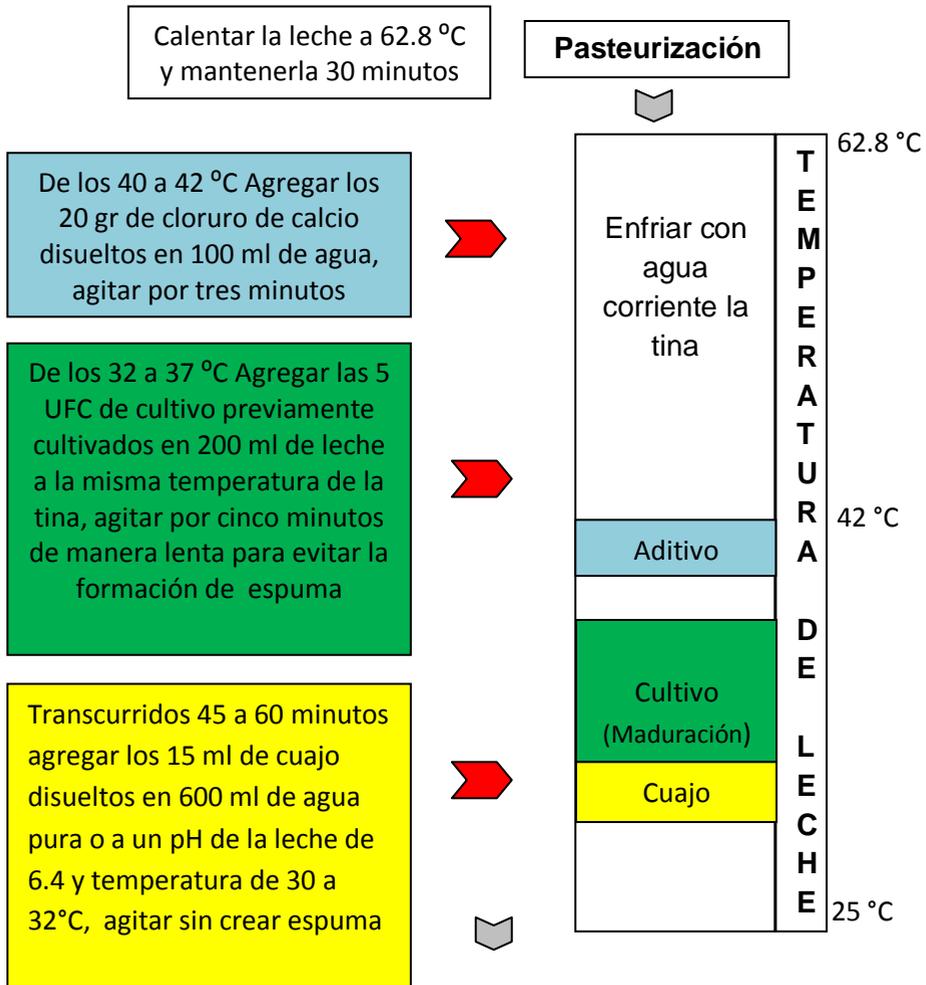
Cuadro 14. Ingredientes para elaborar Queso tipo Cheddar con leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	100 lt
Aditivos (cloruro de calcio).	20 gr
Cultivo directo (mesófilo) especies <i>lactococcus lactis</i> subespecie <i>cremoris</i> o <i>lactococcus</i> <i>lactis</i> subespecie <i>lactis</i>	5 UFC o 5 gr
Cuajo enzimático.	15 ml
Agua pura.	800 ml
Sal.	376gr

En el Diagrama 5, se describe la técnica para la elaboración del queso tipo Cheddar con leche de cabra, se mencionan las etapas y algunas recomendaciones que se deben seguir. Se recomienda estar atentos a la temperatura y acidez de la cuajada en todo momento.

Diagrama 5, técnica para elaborar queso tipo Cheddar.

Se inicia con la filtración de la leche y al mismo tiempo realizar las pruebas de rutina y precalentar la tina.



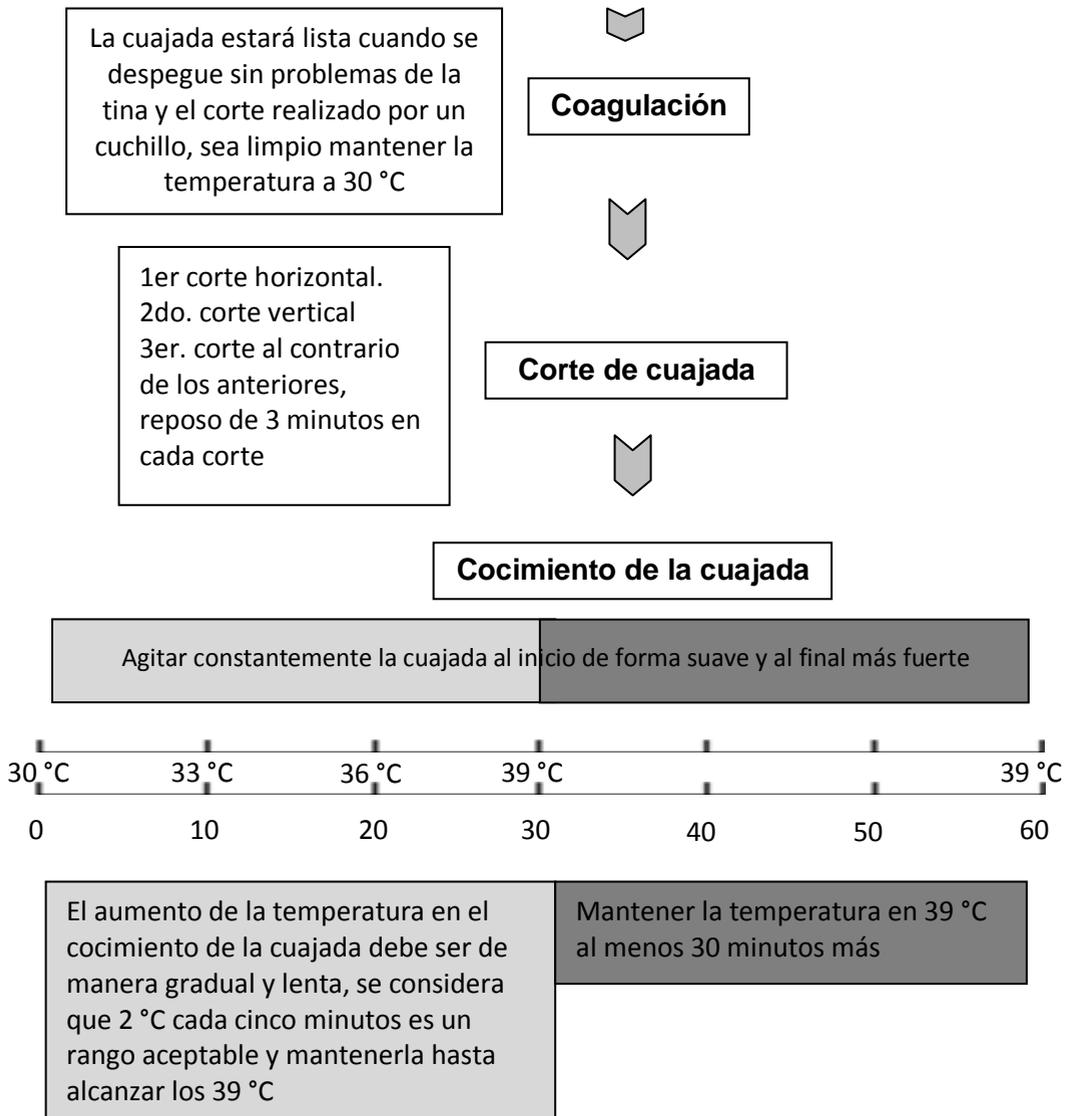


Figura 22. Relación temperatura-tiempo en el cocimiento de la cuajada.

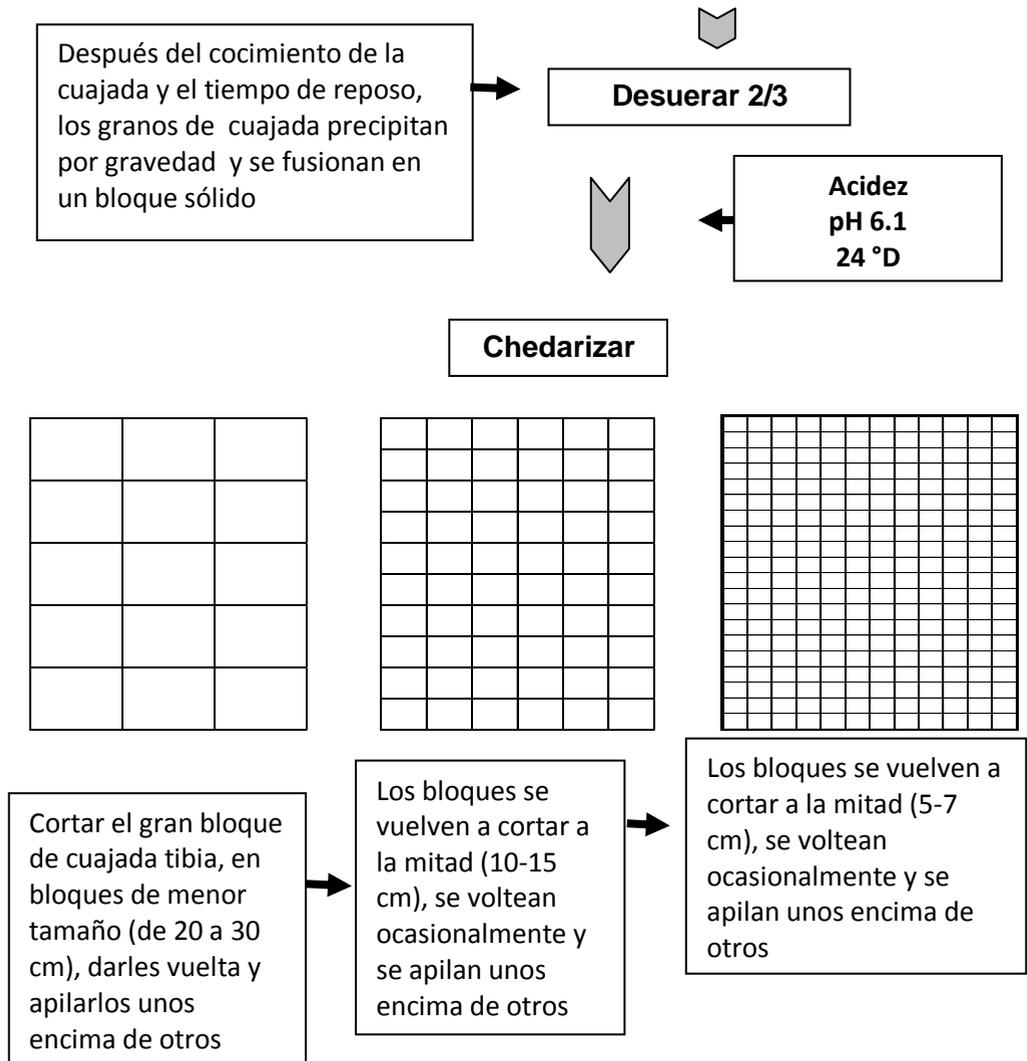
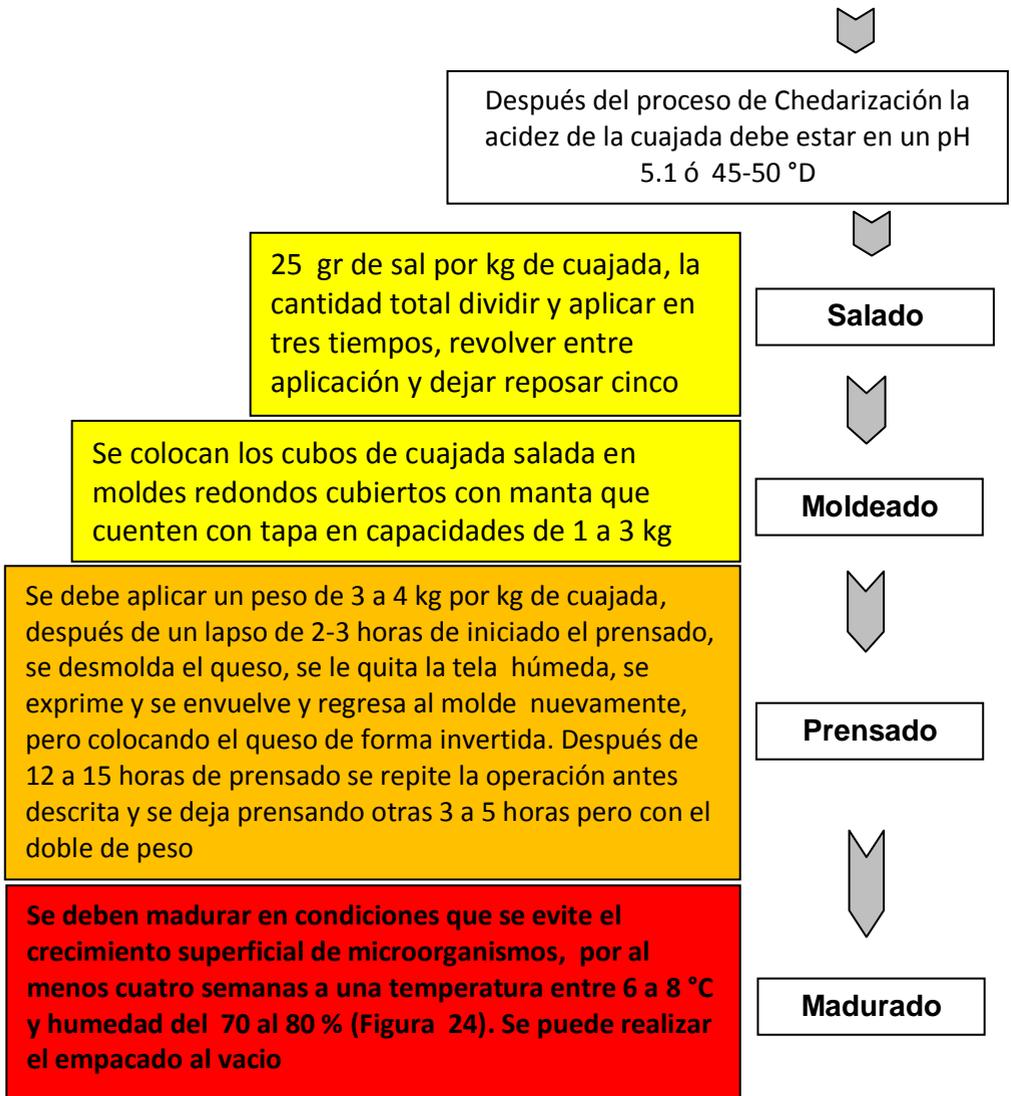


Figura 23. Representación esquemática del proceso de Chedarización.



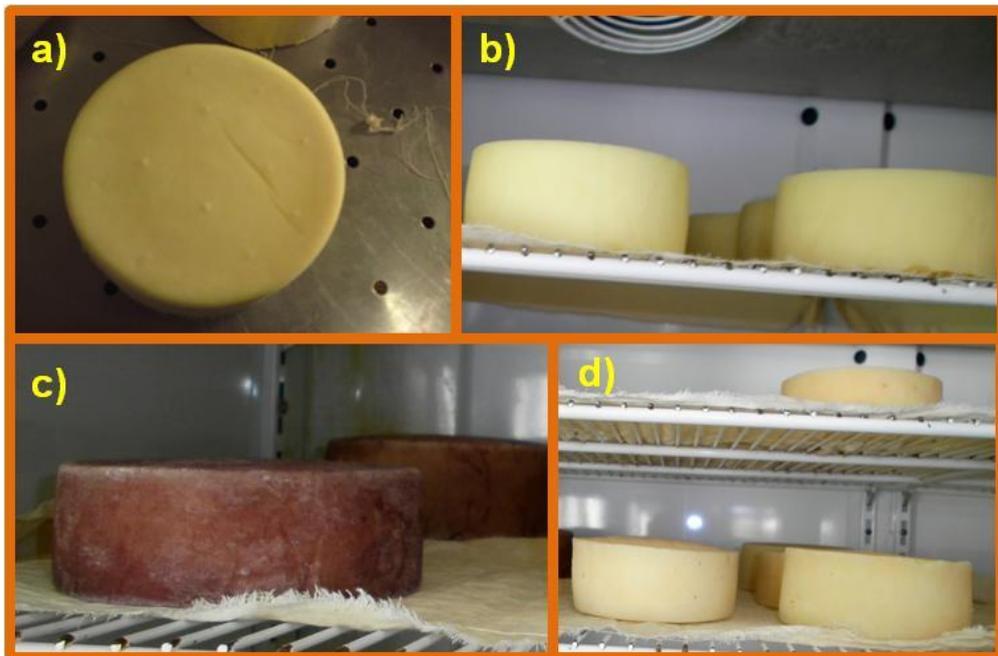


Figura 24. Chesos tipo Cheddar en diferentes fases de maduración, a) minutos de desmoldado, b) quesos con 75 días de maduración, c) queso tipo Cheddar sumergido en vino tinto con 75 de maduración y c) queso con 120 días de maduración.

5. Yogurt con leche de cabra.

El yogurt, como todo alimento lácteo, se ha convertido en parte esencial en la alimentación de las personas y es precisamente por eso que cada día la industria láctea innova la cartera de tipos de yogur, la cual está en constante renovación para poder satisfacer los gustos de todos los segmentos de mercado.

El yogurt de leche de cabra se elabora de manera similar al de leche de vaca; sin embargo, la elaboración de yogurt a partir de leche de cabra, presenta una serie de dificultades como la obtención de una cuajada débil, falta de consistencia y viscosidad del gel obtenido. Estas dificultades se atribuyen a las características propias de la leche de cabra. (Park y Haenlein, 2010). El yogurt se elabora mediante el crecimiento simbiótico de dos tipos de bacterias: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus*. Estas bacterias no sobreviven el pasaje ni colonizan el intestino; por lo que, se han agregado otras bacterias como *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacteria* que si soportan esta situación y que recientemente son muy populares debido a su potencial beneficio terapéutico (Park y Gou, 2006).

Varias técnicas se han empleado para mejorar la textura y consistencia del yogurt, entre las que se incluyen el aumento de la cantidad de sólidos totales. El método más común y económico es la adición de leche de vaca descremada en polvo, que aumenta los sólidos al disolverla. La adición de leche en polvo aumenta los sólidos totales de la leche de cabra hasta un 15%, se aplica la regla que entre mayor sean los sólidos en la leche, mayor y mejor es la consistencia y viscosidad del yogurt (Park y Haenlein, 2010).

Desde los años 70, se propone al yogur como un producto que puede mejorar la intolerancia a la lactosa. Ahora, uno de sus efectos probióticos mas consistentes y reproducibles es la disminución de los síntomas asociados con la mala digestión de la lactosa (De Vrese *et al.*, 1992).

5.1. Técnica de elaboración del yogurt.

La técnica de elaboración del yogurt con leche de cabra incluye (Park y Gou, 2006; Park y Haenlein, 2007):

- a) Preparación de la leche (filtrado),
- b) Mezcla de otros ingredientes,
- c) Tratamiento térmico de la mezcla (pasteurizado),

- d) Enfriamiento de la mezcla,
 - e) Inoculación,
 - f) Incubación,
 - g) Enfriamiento de la mezcla incubada y,
 - h) Agitado, incorporación de otros ingredientes y envasado.
- a) **Preparación de la leche.** Tiene el propósito de eliminar impurezas que están presentes en ella.
- b) **Agregar otros ingredientes.** En este paso primero se agrega azúcar en cantidades del 9 al 12 % (Pannel y Schoenfuss, 2007), luego leche de vaca descremada en polvo en valores del 1 al 2 % (10 a 20 gr de leche en polvo por litro de leche de cabra (Park y Gou, 2006). Se pueden agregar también edulcorantes y estabilizadores, ayudan a formar un gel más firme e incrementan la capacidad del yogurt a resistir los procesos posteriores como la refrigeración y los pequeños cambios de temperatura que se presentan al manipular el producto terminado (Pannel y Schoenfuss, 2007). El resultado es una mezcla de leche de cabra, azúcar y leche en polvo principalmente.

- c) **Tratamiento térmico de la mezcla.** La temperatura y tiempo de pasteurización son diferentes a los utilizados para la leche de vaca, en la pasteurización rápida se eleva la temperatura a 90 °C por 10 minutos, en la pasteurización lenta se requieren de 80 a 85 °C por 30 minutos (Park y Gou, 2006). Un calentamiento insuficiente dará lugar a una estructura débil al gel después de la incubación; mientras, que un calentamiento excesivo puede producir una disminución de la viscosidad y a una textura granulosa (Pannel y Schoenfuss, 2007).
- d) **Enfriamiento de la mezcla.** Bajar la temperatura de la mezcla a 46 °C y mantenerla por 5 a 10 minutos.
- e) **Inoculación.** La mezcla se inocula con cultivos de *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a una temperatura de 42 a 45 °C. Estos cultivos, se encuentran disponibles en el mercado como una mezcla en forma liofilizada de aplicación directa, vienen en sobres en diferente presentación (UFC), se recomienda el uso de estos cultivos para tener una mejor calidad de producto (Park y Gou, 2006), se puede utilizar yogurt natural comercial como inoculante en proporción de hasta 3 % pero presenta el inconveniente de ocasionar una acidez muy pronunciada en el producto final. Es importante no aplicar cultivo

que fue directamente sacado del sobre, se recomienda sacar la cantidad a utilizar y dejar atemperar por 30 minutos. Posteriormente se incuba en una dilución 1:40, es decir 40 ml de leche por gramo de cultivo.

- f) **Incubación.** Mantener la mezcla inoculada de 42 a 45 °C por espacio de 3 a 5 horas, o hasta que se forme un gel. Durante la incubación, los cultivos se desarrollan de manera sinérgica, *Lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus* es el primero en iniciar el proceso, produce aminoácidos que promueven el crecimiento del *Streptococcus*, que a su vez produce ácido láctico que promueve el crecimiento del *Lactobacillus* (Park y Gou, 2006; Pannel y Schoenfuss, 2007).
- g) **Enfriamiento de la mezcla incubada.** Se debe enfriar hasta 7.2 °C en máximo una hora. La razón de este paso es detener la actividad de los microorganismos y evitar una acidez excesiva. Esta práctica se puede realizar por intercambio de calor con agua fría, con hielos o colocar el recipiente que contiene la mezcla en el refrigerador.
- h) **Agitado (batido), incorporación de otros ingredientes y envasado.** Después del enfriamiento, se agita la mezcla de

manera lenta pero firme, evitando la formación de burbujas o espuma. El producto debe tener textura y viscosidad agradables, sin manifestar presencia de suero. En este momento ya tenemos un yogurt natural. Para darle otro sabor se pueden agregar sabores naturales o artificiales; así, como frutas, mermeladas o bases para yogurt que hayan tenido un tratamiento térmico previo para garantizar la inocuidad de producto. Las frutas se pueden agregar en proporciones de 3 y hasta 10 %, según el gusto de los consumidores. El plástico es el material de envasado predilecto para el yogurt; aunque, puede ser cualquier material que permita un cierre hermético, que proteja al yogurt de la pérdida de humedad.

A continuación se enlistan el material, los ingredientes y el diagrama 6, con la técnica de elaboración de yogurt.

Material requerido para la elaboración de yogurt con leche de cabra.

1. 2 ollas de acero inoxidable o de peltre (la primera con capacidad de 25 litros y la otra de 40-50 litros o más), para el calentamiento de la leche en Baño María.
2. Estufa.

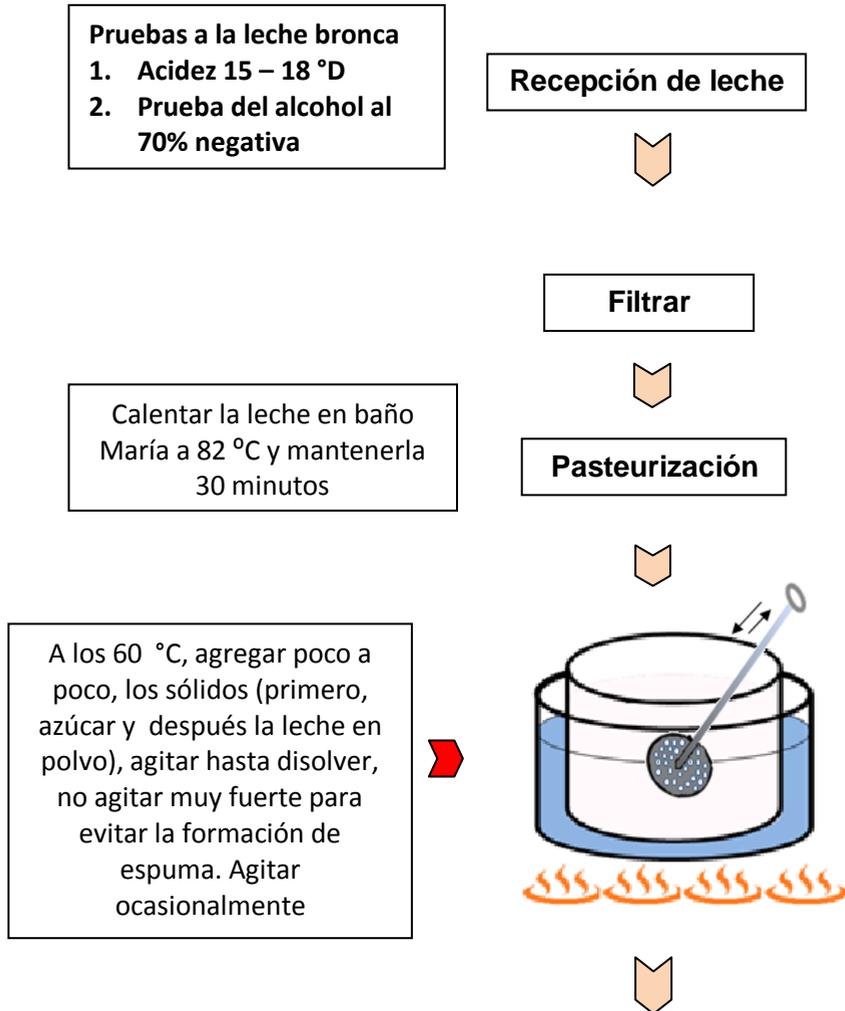
3. Agitador.
4. Refrigerador.
5. Termómetro.
6. Equipo para determinar acidez.
7. Báscula o cubetas para medir la cantidad de leche a procesar.

En el cuadro 15 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar yogurt con leche de cabra, se menciona el tipo de cultivo requerido y las cantidades para procesar 20 lt de leche.

Cuadro 15. Ingredientes para elaborar yogurt con leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	20 lt
Cultivo directo para Yogurt (<i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp <i>bulgaricus</i> y <i>Streptococcus</i> <i>thermophilus</i>)	1 UFC o 1.0 gr, si se tienen presentaciones de sobres para 1000 lt
Azúcar.	1800 gr
Leche en polvo.	250 gr
Mermelada o base para yogurt del sabor que prefiera.	180 gr

Diagrama 6, técnica para elaborar yogurt con leche de cabra.





Transcurridos los 30 minutos a 82°C, enfriar rápidamente a 45 °C, mediante el cambio del agua caliente por agua fría

Preparación del inoculo

En 40 ml de leche a 42 °C se agrega 1 gr de cultivo (**mezcla de *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus***) y se mantiene a esta temperatura de 15 a 30 minutos



Inoculación



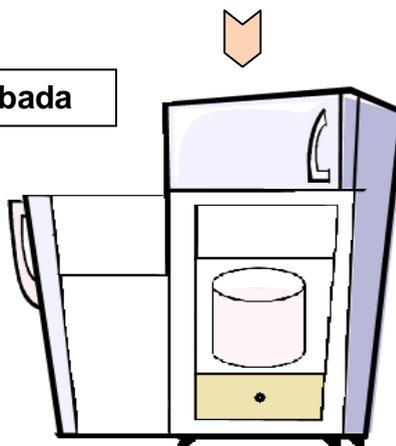
Incubación

Verter el inoculo en la leche a 42 °C mantener la mezcla inoculada entre 42 y 45 °C por espacio de 3 a 5 horas, o hasta que se forme un gel, que ocurre generalmente a un pH de 4.5. **Mantener tapada la olla**

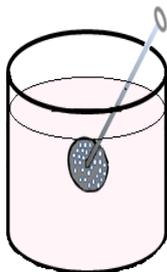


Enfriamiento de la mezcla incubada

Se debe enfriar hasta 7.2 °C en máximo una hora, dejar reposar de 1 a 2 horas

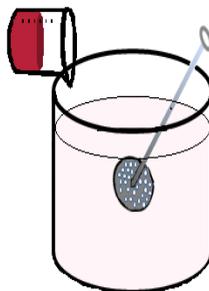


Agitado



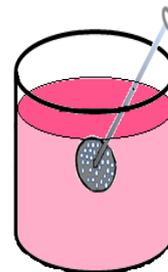
Después del enfriamiento, se agita la mezcla de manera lenta pero firme, no deben de quedar rastro de suero después del agitado

Otros ingredientes



Agregar los 180 gr de base para yogurt o mermelada del sabor preferido

Agitado



Agitar el yogurt, para incorporar la base de yogurt o mermelada



Envasado

**Conservar en
refrigeración a 4 °C**



Figura 25. Yogurt terminado, se muestran varios sabores (fresa, piña-coco y nuez), después del proceso de elaboración se debe mantener en refrigeración.

6. Dulces con leche de cabra.

6.1. Cajeta de leche de cabra.

La Norma Oficial Mexicana NMX-F-480-1985 define a la Cajeta de Leche como el producto elaborado con leche de cabra o vaca o la mezcla de éstas, adicionada de azúcares, aditivos e ingredientes permitidos por la Secretaría de Salud, procesado en caliente hasta obtener la viscosidad y color necesario que caracteriza al producto.

La cajeta es un producto dulce lácteo común en México, el cual se obtiene de la concentración de la leche y el azúcar. La cajeta es a base de leche de cabra. En 2010 fue nombrada "El postre del Bicentenario Mexicano". Desde la época virreinal en la Nueva España se elaboraban dulces de leche quemada basados en la tradición Ibérica, con el incremento de los rebaños caprinos en la región de Bajío y en particular en la "Muy noble y leal Ciudad de Celaya de la Purísima Concepción" el empleo de la leche de cabra se sustituyó en las recetas originales que se basaban en la leche de vaca dando como resultado una receta y un dulce diferente que adquirió el nombre de "cajeta" debido a las cajas de madera en las que originalmente era almacenado el dulce.

En la actualidad se bien se sigue envasando en estos recipientes, los recipientes de vidrio y plásticos son los más utilizados. Existen diferentes tipos de cajeta: Cajeta quemada: es la presentación tradicional de la cajeta (se logra al mantener la leche y azúcar a fuego lento). Envinada: la cajeta adquiere un sabor envinado debido a que se le añade alcohol en su preparación. Cajeta de vainilla: en la preparación del dulce se agrega vainilla para un sabor de endulzamiento ligero y diferente.

Además de leche y azúcar actualmente se agregan glucosa y bicarbonato de sodio. La glucosa es un derivado vegetal, fácilmente digerible, tiene la apariencia de una miel solo que no presenta ese color amarillento característico. Murillo, (2008) mencionan que la glucosa añadida a la cajeta, ayuda en el acomodo de las redes cristalinas de la sacarosa, lo que permite controlar la cristalización de ésta, defecto que puede ocurrir en la elaboración de la cajeta. De igual manera, esta materia prima es útil porque en bajas cantidades ayuda a mejorar el brillo y el tiempo de anaquel del producto terminado. El bicarbonato de sodio, es un ingrediente que se utiliza en bajas cantidades con el fin de evitar la coagulación de las proteínas de la leche, durante el proceso de elaboración el agua de la leche se va evaporando y el ácido láctico se

va concentrando lo que podría llevar a disminuciones importantes de pH y causar la precipitación de las proteínas.

Cuando se elabora cajeta, como sucede con otros productos alimenticios, se trabaja con leche que contiene elementos que reaccionan de distinta manera al modificar alguna de las etapas del método de producción. Esto significa que se deben respetar el proceso, el peso de los ingredientes, así también el tiempo de los distintos procesos. Para eso es necesario contar con herramientas básicas que permitirán cumplir de manera correcta con todos los pasos a seguir.

Material requerido para la elaboración de cajeta con leche de cabra.

1. Olla de acero inoxidable, de peltre o de cobre.
2. Estufa.
3. Agitador (cuchara grande).
4. Termómetro.
5. Báscula.
6. Refractómetro.

En el cuadro 16 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar cajeta con leche de cabra, se enlistan cantidades para procesar 20 lt de leche.

Cuadro 16. Ingredientes para elaborar Cajeta de leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	20 lt
Azúcar estándar	8 kg (200 gr/lt)
Bicarbonato de sodio.	30 gr (0.75 gr/lt)
Glucosa.	6 kg (150 gr/lt)

Técnica para elaborar cajeta con leche de cabra.

Recepción de la leche. Filtrar (colar) la leche para retirar impurezas (pelos, basura, etc.). Realizar pruebas de rutina a la leche, debe tener una acidez entre 16 y 18 °D y negativa a la prueba del alcohol al 70 %. El uso de leche con acidez elevada produciría un producto de textura arenosa y áspera. Asimismo una acidez excesiva impide que el producto terminado adquiera su color característico, ya que las reacciones de coloración son retardadas por la elevada acidez. Se pone a fuego lento y se agrega el bicarbonato de sodio (este se disuelve previamente en 250 ml leche), se deja hervir (al primer hervor

se cuentan 10 minutos), pasados los 10 minutos se agrega el azúcar lentamente, después de disuelta el azúcar perfectamente, se agrega la glucosa lentamente sin dejar de agitar. **NO DETENER LA AGITACIÓN** mientras la mezcla se encuentra en la olla o recipiente. Esto evitará problemas tales como que el dulce se quemé, se corte o que se formen grumos.

Es de fundamental importancia determinar el momento en que debe darse por terminado la evaporación (cocción). Si se pasa del punto, se reducen los rendimientos y se perjudican las características de la cajeta. Por lo contrario, la falta de concentración o una cocción escasa produce un producto fluido, sin la consistencia esperada. Normalmente se emplean pruebas empíricas para determinar el punto exacto.

Una de ellas consiste en dejar caer una gota de la mezcla en un vaso con agua para ver si llega al fondo sin disolverse, si la gota llega íntegra al fondo retirar del fuego, si lo seguir la cocción unos minutos más. Estas observaciones empíricas se hacen a modo de orientación y ya en las cercanías del punto final se debería controlar con un instrumento llamado refractómetro. La cajeta estará lista cuando tenga de 76 a 78° Bx (grados brix). Las características de la cajeta en su gran mayoría se desarrollan durante el proceso de calentamiento y

evaporación, siendo la textura y el color las más importantes. El color de la cajeta es el resultado de tres tipos de reacciones como la reacción de Maillard, reacción de caramelización y reacciones de oxidación que dadas las condiciones de pH (a pH inferiores a 6.1 la viscosidad de la cajeta disminuye, mientras que a valores mayores la viscosidad aumenta; además si la leche presenta valores de pH abajo de 4.7 la caseína de la leche precipitaría y por ende provocaría que la cajeta se coagule) y temperatura propias del proceso de elaboración se llevan a cabo en el sistema (García, 1999).



Figura 26. Cajeta con leche de cabra.

6.2. Jamoncillo de leche de cabra.

Es un dulce tradicional principalmente en Nuevo León, Sinaloa, Sonora y el Estado de México, hecho a base leche y azúcar. Su apariencia es café claro y puede estar mezclado y/o adornado con nuez. Su presentación puede ser en forma de barra o en pequeñas piezas redondas, conocidos como jamoncillos. Según el proyecto de norma: PROY-NOM-243-SSA 1-2005 se define al jamoncillo, como dulce a base de leche, de baja humedad (menos del 12%) o endurecidos. A continuación se enlistan el material, los ingredientes y la técnica para elaborar jamoncillo con leche de cabra

Material requerido para la elaboración de jamoncillo con leche de cabra.

1. Olla de acero inoxidable, de peltre o de cobre.
2. Estufa.
3. Agitador (cuchara grande).
4. Termómetro.
5. Báscula.
6. Refractómetro.

En el cuadro 17 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar jamoncillo con leche de cabra, se enlistan las cantidades de ingredientes para procesar 10 lt de leche.

Cuadro 17. Ingredientes para elaborar jamoncillo de leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	10 lt
Azúcar estándar	3 kg
Bicarbonato de sodio.	17 gr
Canela	3 gr (trozos) no molida

Técnica para elaborar jamoncillo con leche de cabra.

La leche que se utiliza en la elaboración de jamoncillo tiene que ser neutralizada por lo cual se utiliza el bicarbonato de sodio. De la cantidad total de la leche, se separa un cuarto de litro, en la que disuelven los 17 gr de bicarbonato, paso seguido se incorpora al total de la leche y se agita. Se lleva la leche al fuego con la canela (envuelta en tuzor), cuando rompa el hervor, se le adiciona el azúcar sin dejar de agitar. **NO DETENER LA AGITACIÓN** mientras la mezcla se encuentra en la olla o recipiente. El jamoncillo estará listo cuando alcance los 82 – 84 ° Brix, una forma empírica de determinar el punto, es que se vea en fondo de la olla al estar agitando. Se retira del fuego sin dejar de

agitar y se vierte en una tabla con papel encerado. Se divide en cuadritos, tubos, bolitas o la forma que se desee. Si gusta puede ponerse un poco de nuez como adorno en mitades o almendra.

6.3. Rompopo con leche de cabra.

La norma oficial mexicana NMX-V-023-1983 establece la siguiente definición, el rompopo es el producto obtenido por la cocción de mezcla de leche fresca y entera de vaca, o cualquier otra leche; yema fresca; deshidratada o congelada, azúcar, almidones o féculas y saborizantes naturales o artificiales autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia; posteriormente alcoholizado con alcohol etílico potable o una bebida alcohólica destilada y colorantes naturales o artificiales. El rompopo tiene un contenido alcohólico de 10 a 15% (v/v). Alejo y Sosa, (2005) mencionan que el color suele ser amarillo, pero depende de los ingredientes adicionados como el piñón (que lo vuelve rosado), pepita de calabaza (verde), nuez, cacahuete o café (de color café).

Tradicionalmente se ha considerado como un producto creado en los conventos virreinales de Puebla, México, hay quienes creen que nació en la casa de Pedro González artesano del pueblo de Cómala, Colima. Su creación también es adjudicada a las monjas agustinas de

Santa Mónica, en Puebla. Por ser considerada una bebida dulce, acostumbra ser tomada después de una comida. A continuación se enlistan el material, los ingredientes y la técnica para elaborar rompopo con leche de cabra

Material requerido para la elaboración de rompopo con leche de cabra.

1. Olla de acero inoxidable, de peltre o de cobre.
2. Estufa.
3. Agitador (cuchara grande de madera).
4. Termómetro.
5. Equipo para determinar acidez.
6. Báscula.
7. Refractómetro.

En el cuadro 18 se muestran los ingredientes necesarios para elaborar rompopo con leche de cabra, se enlistan las cantidades de ingredientes para procesar 3 lt de leche.

Cuadro 18. Ingredientes para elaborar rompopo con leche de cabra.

Ingrediente.	Cantidad.
Leche de cabra.	3 lt
Azúcar estándar	500 gr
Bicarbonato de sodio.	1.5 gr
Canela.	3.0 gr en trozo no molida
Esencia de vainilla	5 ml
Yemas de huevo	9 yemas
Alcohol etílico del 96 ° G.L	170.7 ml
Colorante Amarillo huevo	

Técnica para elaborar rompopo con leche de cabra.

Medir y filtrar la leche de cabra, de la cantidad de la leche, se separa un cuarto de litro, en la que se disuelve el 1.5 gr de bicarbonato de sodio, se incorpora al total de la leche y se pone a fuego alto, se adiciona el azúcar y la canela (envuelta en tuzor), al alcanzar los 90 °C se deja hervir 45 min, terminado este tiempo se le agregan las yemas (disueltas en leche fría) poco a poco a través de un colador sin dejar de mover. Al terminar de adicionar las yemas se deja hervir hasta alcanzar de 38-40 °Bx (aprox. 5-10 min), se retira del fuego y se enfría a 60°C moviendo constantemente para que no forme nata, finalmente se adiciona los 170.7 ml de alcohol, para que el rompopo tenga un contenido final de 14° alcohol (v/v). El rompopo es un producto muy

tradicional en México, y aun así, no hay suficiente información técnica de los aspectos fisicoquímicos que definan la calidad de esta bebida (Alejo y Sosa, 2005).

7. Evaluación organoléptica, rendimiento y productividad de quesos con leche de cabra.

7.1. Evaluación organoléptica.

La evaluación organoléptica (sensorial) se refiere a un conjunto de técnicas que buscan describir cualitativamente las características o atributos de un alimento o alimentos en particular. Cada atributo se califica en una escala lineal. En el caso de los quesos, este tipo de evaluación se utiliza principalmente como una herramienta para el desarrollo de nuevos productos o en su caso como una herramienta de control de calidad (Guinne y O'Callaghan, 2010).

Las características sensoriales de los quesos son propiedades que se perciben por los sentidos humanos. Estas propiedades describen el sabor, aroma, apariencia y textura del queso y que son percibidas por los consumidores al observar, manipular, oler y degustar el producto (Delahunty y Drake, 2004).

Para ello, se recurre a paneles que evalúan los quesos empleando diferentes fichas técnicas estructuradas según criterios previamente definidos. Así, se procede a valorar cada producto, obteniendo al final una puntuación que permite establecer

comparaciones cualitativas con quesos similares, de la misma empresa o incluso de diferente procedencia.

El Cuadro 19, presenta los resultados de una evaluación organoléptica realizada en la UAMVZ-UAZ. La prueba se realizó con 14 personas que actuaron como degustadores a los cuales se les pidió que calificaran 6 quesos diferentes utilizando una escala de cinco valores, con los que calificaron de menor a mayor el grado de aceptación. Los indicadores utilizados fueron aroma, sabor, textura, apariencia y palatabilidad. Los quesos evaluados fueron de tres tipos: Panela, fresco (Ranchero) y tipo Francés (queso crema de pasta láctica), elaborados cada uno de ellos con leche de cabra y vaca, lo que produjo seis tipos de quesos. No se utilizó ninguna distinción entre ellos. Los valores numéricos fueron sumados. La comparación entre quesos producidos con leche de caprino y de bovino no mostraron diferencias significativas en ninguno de los indicadores (atributos) valorados, tanto entre origen de la leche y tipos de queso (Ruiz, 2008). En el caso del queso panela tuvo la misma aceptación, sin importar si fue elaborado con leche de cabra o vaca (262 vs 260 puntos), para los otros tipos de queso (ranchero y queso crema) existió una mejor aceptación para los quesos con leche de cabra.

Cuadro 19. Evaluación organoléptica de tres tipos de queso producidos con leche de cabra y vaca.

Origen leche	Tipo de queso	Olor	Sabor	Textura	Palatabilidad	Apariencia	Suma
Bovino	Panela	50	50	55	56	51	262
Bovino	Fresco	50	50	52	49	53	254
Bovino	Pasta láctica	46	53	53	51	49	252
Caprino	Panela	51	52	57	49	51	260
Caprino	Fresco	52	56	56	52	55	271
Caprino	Pasta láctica	50	51	55	53	54	263

7.2. Rendimiento por tipo de queso.

El rendimiento puede ser expresado de varias maneras, la más aceptada es la cantidad de kilos de queso por cada 100 kg de leche aunque para términos prácticos también se admite la cantidad de litros de leche para obtener un kg de queso.

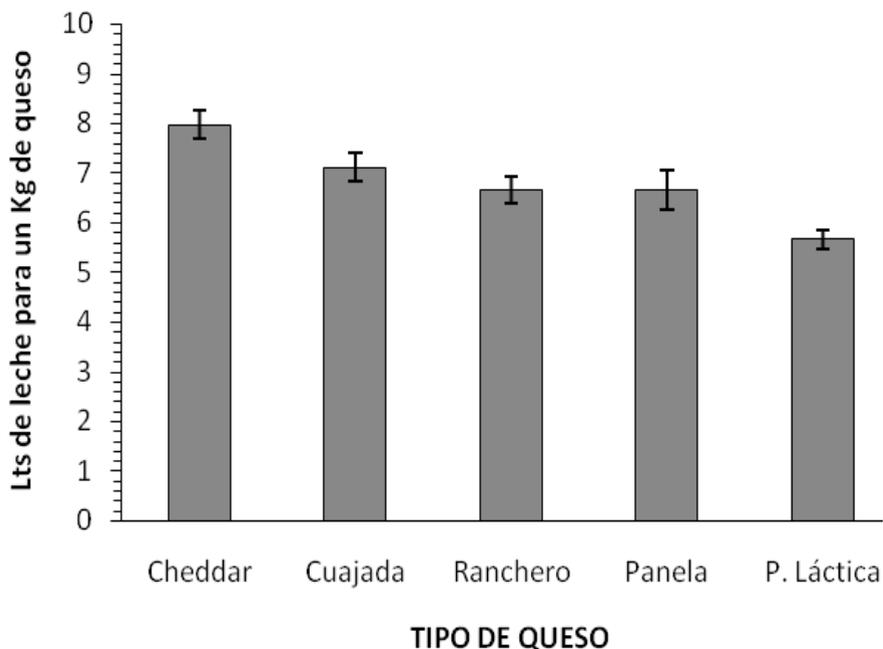


Figura 27. Rendimiento de cinco diferentes tipos de queso elaborados con leche de cabra (Datos sin publicar, INIFAP-Zacatecas).

El conocer el rendimiento quesero es importante ya que permite medir la eficiencia del producto, determinar la viabilidad económica de un queso en particular o la posibilidad de evaluar procesos de elaboración. Sin embargo, el rendimiento está influenciado por varios factores entre los que se tienen: la raza, la etapa de lactancia, la nutrición, número de lactancia y la salud animal. Por otro

lado, el rendimiento también puede ser alterado por las intervenciones tecnológicas, como es el manejo de la leche post-ordeño, los aditivos utilizados, el cuajo, la temperatura de coagulación, la velocidad, tiempo y temperatura de agitado, la presión o peso de prensado y por último la humedad y temperatura de maduración (Fox *et al.*, 2000).

El rendimiento de quesos elaborados en el taller de lácteos de cabra del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP se ilustra en la Figura 27. Destaca por su rendimiento el queso de pasta láctica, para un kg de este queso se requieren 5.66 ± 0.19 lts de leche. El queso con menor rendimiento es el tipo Cheddar se utilizan 7.96 ± 0.29 lts de leche por kg de queso. Los quesos Panela, Ranchero y Cuajada tienen similar rendimiento, demandan 6.64 ± 0.40 , 6.66 ± 0.26 y 7.11 ± 0.29 lts de leche/kg de queso, respectivamente.

7.3. Productividad por tipo de queso.

La productividad puede definirse como la relación entre lo que se produce (ingresos) y lo que se gasta en producirlos (egresos). Cualquier relación por arriba de uno se considera productiva. Para determinar la productividad del queso, se tiene que conocer el rendimiento de cada tipo y posteriormente calcular el costo de producción. Los costos de producción en este caso representan los

egresos, por consiguiente estos varían en función del tipo de queso que se pretenda producir. En el Cuadro 20, se presenta el costo de producción por cada tipo de queso. Se manejan cifras para 100 litros de leche.

Cuadro 20. Costo de producción por tipo de queso.

Concepto	Tipo de queso				
	Pasta láctica	Cheddar	Panela	Ranchero	Cuajada
Leche	450	450	450	450	450
Protección	7	7	7	7	7
Gas	20	25	15	15	15
Cultivo	15	15			
condimentos	30				
Aditivos y otros	14	14	14	14	14
Equipo	50	50	50	30	30
Electricidad	50	50	50	50	30
Sueldo	150	150	150	150	150
TOTAL	786	761	736	716	696

(Datos sin publicar, INIFAP-Zacatecas)

En los costos de producción se considera el concepto de leche que representa entre el 57 (Cheddar) y 65 % (Cuajada) del costo total, el restante 47 y 35 % lo representan los conceptos de: protección (se considera cubre boca, cofia, botas y mandil), gas para la pasteurización de la leche, cultivo, condimentos, aditivos y otros (cloruro de calcio, sal), el costo de recuperación del equipo a dos años, electricidad para

la refrigeración de los productos terminados y por último se considera el sueldo de un trabajador que será el encargado de elaborar los quesos (cuadro 20). Los costos de elaboración del queso de pasta láctica son mayores debido a que su elaboración se incluye condimentos tales como nuez, ajonjolí, ajo, cebolla, hierbas de olor, los cuales incrementan ligeramente el costo de producción.

En el Cuadro 21, se presenta el número de litros de leche para producir un kg de queso, así como, el precio que tiene en el mercado, el ingreso total por venta de los quesos, los egresos (costo de producción y por último las ganancias netas que genera cada tipo de queso. Dicha ganancia fluctúa de \$147.9 en la cuajada a \$980.8 para el queso crema de pasta láctica. La variación de ingreso depende del tipo de queso que se elabore. Sin incluir los subproductos, en promedio se podría obtener una ganancia de \$332.00, lo que representaría ganancias de seis salarios mínimos por día.

El tipo de queso que resultó más productivo es el tipo de queso pasta láctica, el cual produjo una relación beneficio-costos de 2.2, que representa al queso más rentable. En comparación con los tipos de queso que tradicionalmente se producen en las comunidades rurales, el tipo de queso rancharo y cuajada, estos producen una relación beneficio costo de 1.2, lo cual, aunque genera un beneficio adicional,

no se equipara con las ventajas que puede proporcionar los quesos de tipo pasta láctica.

Asimismo, en términos del valor agregado equivalente a las relaciones beneficio-costo, para los quesos tradicionales, rancho y cuajada, solo se obtiene un promedio de 1.7 pesos por litro de leche, en cambio con el queso tipo láctico, es posible obtener hasta 9.8 pesos adicionales por litro de leche utilizada en la producción de queso de cabra.

Cuadro 21. Productividad de cada tipo de queso elaborado con leche de cabra y valor por litro de leche utilizado.

Tipo de queso	Rendimiento	Precio (kg)	Ingreso (100 lt)	Egreso (100 lt)	Ganancia	Beneficio /costo	Valor agregado (\$/l)
Cheddar	8.0	75.0	942.2	761.0	181.2	1.2	1.8
Cuajada	7.1	60.0	843.9	696.0	147.9	1.2	1.5
Rancho	6.7	60.0	900.9	716.0	184.9	1.3	1.8
Panela	6.6	60.0	903.6	736.0	167.6	1.2	1.7
Pasta láctica	5.7	100.0	1766.8	786.0	960.8	2.2	9.8
Promedio.	6.8	71.0	1071.40	739.0	332.48	1.44	3.3

8. Conclusiones.

El procesamiento de la leche de cabra, puede llegar a ser una oportunidad para mejorar los ingresos de los productores de cabras al dar valor agregado a la producción. El valor puede ser mediante la elaboración de quesos, ya que el queso de cabra es fácilmente aceptado por el consumidor y es un camino tecnológico que asegura la aceptación del producto como parte de la dieta de productores y consumidores, lo que asegura su adopción y consecución de valor agregado.

La elaboración de quesos de cabra es una opción productiva y se presenta como una posibilidad a los productores caprinos, ya que a través de la adopción de tecnologías como la presente, se pretende mejorar la rentabilidad de las unidades de producción pecuaria del estado de Zacatecas y a la vez, promover el cambio tecnológico de otras opciones tecnológicas por medio del incremento de la demanda de producto lácteo.

Además de las posibles ganancias, se pretende motivar el incremento de la producción de leche de cabra a través de la demanda de este producto. Dicho incremento deberá ir asociado a un mayor uso de tecnología y prácticas sanitarias del manejo del hato.

8. Literatura citada.

- Alejo L.D., Sosa, M.M.E. 2005. Relación entre la Percepción Sensorial y las Propiedades Físicas de Rompopes Comerciales. VII Congreso Nacional de ciencias de los alimentos y III Foro de ciencia y tecnología de alimentos. Guanajuato, Gto. RESPYN. Edicion Especial No. 13. p. 432-436.
- Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M.J., Juárez, M. 1999. Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain, and trans fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 82:878-884.
- Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., Meza-Herrera, C.A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9:1-14.
- Ambrosoli, R., Di Stasio, L., Mazzocco, P. 1988. Content of α_{s1} casein and coagulation properties in goat milk. *Journal of Dairy Science*. 71:24-28.
- Beresford, T., Williams, A. 2004. The microbiology of cheese ripening. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 287-317.
- Bot, A., Kleinherenbrink F.A.M., Mellema, M., Magnani, Ch.K. 2007. Cream cheese as an acidified protein-stabilized emulsion gel.

In: Handbook of Food Products Manufacturing. Volume I, Food manufacturing: Background. Hui, Y.H., Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, U.S.A. p. 651-673.

Castañeda, R., Ogara, M., Storani, E., Fiora, J., Roberts, L., Bermejo, A., González, M., Aguzin, F., Gatti, P., Speranza, J., Feilbogen, E., Glaz, D., Aguilar, L. 2005. Manual para la eficiencia de la PyME quesera. Proyecto: Incremento de la eficiencia energética y productiva en la PyME Argentina. Buenos Aires, Arg. p. 205.

Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. Journal of Dairy Science. 86:1751-1770.

Clark, S., Agarwal, S. 2007. Cheddar and related hard cheeses. In: Handbook of Food Products Manufacturing. Volume I, Food manufacturing: Background. Hui, Y.H., Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, U.S.A. p. 566-594.

Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G. 2004. Lipolysis and Catabolism of fatty acids in cheese. . In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 371-389.

- Crabbe, M.J.C. 2004. Rennets: General and molecular aspects. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 19-45.
- Dejmek, P., Waistra, P. 2004. The syneresis of rennet-coagulated curd. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 71-103.
- Delahunty, C.M., Drake, M.A. 2004. Sensory Character of cheese and its evaluation. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 455-487.
- De Vrese, M., Keller, B. Barth, C. A. 1992. Enhancement of intestinal hydrolysis of lactose by microbial β -galactosidase (EC 3.2.1.23) of kefir. *British Journal of Nutrition*. 67:67-75.
- Dubeuf, J.P., Morand-Fehr, P., Rubino, R. 2004. Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Ruminant Research*. 51:165-173.
- FIRA, Boletín informativo. 1999. Oportunidades de desarrollo de la industria de la leche y carne de cabra en México. Num. 213. Volumen XXXII. Noviembre de 1999.

- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. 2000. Fundamentals of cheese science. Aspen publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, U.S.A. p. 1-657.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. 2004. Cheese: An Overview. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 1-18.
- García M.R. 1999. Evaluación de las características de textura y color en cajeta de leche de vaca. Tesis Profesional. Depto. de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 82.
- Greppi, G.F., Roncada, P., Fortin, R. 2008. Protein components of goat's milk. In: Dairy Goats Feeding and Nutrition. Cannas, A., Pulina, G., eds. CAB International 2008. Cambridge, MA, U.S.A. p. 71 – 94.
- Guinee, T.P., Fox, P.F. 2004. Salt in Cheese: Physical, chemical and biological aspects. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 207-259.
- Guinee, T.P., O'Callaghan, D.J. 2010. Control and prediction of quality characteristics in the manufacture and ripening of cheese. In:

- Technology of cheesemaking, second edition. Law, B.A., Tamine, A.Y., Eds. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom. p.
- Haenlein, G.F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 51:155-163.
- Harboe, M., Broe, M.L., Qvist, K.B. 2010. The production, action and application of rennet and coagulants. In: *Technology of cheesemaking, second edition*. Law, B.A., Tamine, A.Y., Eds. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom. p. 98-129.
- Høier, E., Janzen, T., Rattray, F., Sørensen, K., Børtning, M.W., Brockmann, E., Johansen, E. 2010. The Production, application and action of lactic cheese starter cultures. In: *Technology of cheesemaking, second edition*. Law, B.A., Tamine, A.Y., Eds. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom. p. 166-192.
- Horne, D.S., Banks, J.M. 2004. Rennet-induced coagulation of milk. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect*. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 46-70.
- Jandal, J.M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 22:177-185.
- Janhøj, T., Qvist, K.B. 2010. The formation of cheese curd. In: *Technology of cheesemaking, second edition*. Law, B.A.,

- Tamine, A.Y., Eds. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom. p. 130-165.
- Johnson, M., Law, B.A. 2010. The origins, development and basic operation of cheesemaking technology. In: Technology of cheesemaking, second edition. Law, B.A., Tamine, A.Y., Eds. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom. p. 67-97.
- Law, B.A. 2010. Cheese-ripening and cheese flavor technology. In: Technology of cheesemaking, second edition. Law, B.A., Tamine, A.Y., Eds. John Wiley & Sons Ltd. United Kingdom. p. 231-259.
- Lawrence, R.C., Gilles, J., Creamer, L.K., Crow, V.L., Heap, H.A., Honoré, C.G., Johnston, K.A., Samal, P.K. 2004. Cheddar cheese and related dry-salted cheese varieties. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 2: Major Cheese Groups. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 71-102.
- Lucas, A., Rock, E., Chamba, J., Verdier-Metz, I., Brachet, P., Coulon, J. 2006. Respective effects of milk composition and the cheese-making process on cheese compositional variability in components of nutritional interest. *Lait*. 86:21-41.
- McMahon, D.J., Brown, R.J. 1984. Enzymic coagulation of casein micelles: a review. *Journal of Dairy Science*. 67:919-929.

- McSweeney, P.L.H. 2004. Biochemistry of cheese ripening introduction and overview. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 346-360.
- McSweeney, P.L.H., Fox, P.F. 2004. Metabolism of residual lactose and of lactate and citrate. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 361-371.
- Murillo, R.L. 2008. Desarrollo y caracterización sensorial y físico-química de un dulce de leche sin grasa y sin azúcar elaborado a nivel de laboratorio. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Costa Rica. p. 131.
- Norma Mexicana NMX-F-480-1985, Alimentos para uso humano. Alimentos regionales. Cajeta de leche. Foods for humans. Regional foods. Milk cajeta. Normas Mexicanas. Dirección general de normas.
- Norma Mexicana NMX-V-023-1983, Bebidas alcohólicas. Rompope. Alcoholic beverages rompope. Normas Mexicanas. Dirección general de normas.

- Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.
- Norma Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, Yogurt. Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.
- Pannell, L., Schoenfuss, T.C. 2007. Yogurt. In: Handbook of Food Products Manufacturing. Volume II: Food products manufacturing. Hui, Y.H., Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, U.S. p. 648-676.
- Parente, E., Cogan, T.M., 2004. Starter cultures: General Aspect. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 1: General aspect. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 123-147.
- Park, Y.W., Guo, M.R. 2006. Goat Milk Products: Processing Technology, Types and Consumption Trends. In: Handbooks of Milk of Non-Bovine Mammals. Park, Y.M., Haenlein, G.F.W., Eds. Blackwell Publishers. Ames, Iowa, U.S. p. 59-106.
- Park, Y.M., Haenlein, G.F.W. 2007. Goat Milk, Its Products and Nutrition. In: Handbook of Food Products Manufacturing. Volume II, Food products manufacturing. Hui, Y.H., Ed. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, U.S. p. 449-488.

- Park, Y.M. 2007. Rheological characteristic of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68:73-87.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. 2007. Physico-chemical Characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68:88-113.
- Park, Y.W., Haenlein, G.F.W., 2010. Milk production. In: *Goat Science and Production*. Solaiman, S.G. Ed., Blackwell Publishing. Ames, Iowa, U.S. p. 275-292.
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-243-SSA1-2005, Productos y servicios. Leche formula láctea. Producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias, métodos de prueba.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Ruminant Research*. 79:57-72.
- Ribeiro, A.C., Ribeiro, S.D.A. 2010. Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*. 89:225-233.
- Rodriguez, V. A., Cravero, B.F., Alonso, A. 2008. Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas. 28:109-115, dez.
- Ruiz, R.J.I. 2008. Elaboración y caracterización de tipos de queso de cabra para proporcionar valor agregado a la producción de leche en el Municipio de Panuco, Zacatecas. Tesis.

Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Maestría en Producción Animal en Zonas Áridas. El Cordovel, Zacatecas, México. p. 85.

Sánchez, C. 2005. Generalidades de los productos lácteos con énfasis en quesos. En: Manual de producción de caprinos y ovinos. Dickson, U.L., Muñoz, M.G., Eds. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado de Lara. Barquisimeto, Venezuela. p. 262-284.

Sanz, C.L. 2007. Caracterización de la leche de cabra frente a la de vaca. Estudio de su valor nutritivo e inmunológico. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Facultad de Farmacia. Granada, España. p. 205.

Schulz-Collins, D., Senge, B. 2004. Acid- and acid/rennet-curd cheeses part A: Quark, cream cheese and related varieties. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, third edition, volume 2: Major Cheese Groups. Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P., Eds. Elsevier Ltd. San Diego, California, U.S.A. p. 299-328.

Slačanac, V., Bozanic, R., Hardi, J., Rezessyné Szabó, J., Lučan, M., Krstanovič, V. 2010. Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. International Journal of Dairy Technology. 63:1-19.

- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C.G. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*. 89:110-124.
- Swaisgood, H.E. 1993. Symposium: genetic perspectives on milk proteins: comparative studies and nomenclature. Review and Update of casein chemistry. *Journal of Dairy Science*. 76:3054-3061.
- UAMVZ-UAZ (Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas). 2005. Manual de procedimientos del taller de procesos lácteos.
- Zeng, S. 2004. Goat milk cheese manufacturing. Proc 19th annual Goat Field day. Langston University, Langston, OK. p. 47-56.

Anexo 1. Metodología para determinar acidez en leche.

En muchos casos estas pruebas se basan en la reacción del ácido láctico con una base de normalidad conocida, la cual es una reacción de neutralización. Se considera que el ácido láctico presente en la leche es proporcional al contenido de bacterias, ya que la mayoría de microorganismos presentes en la leche fermenta la lactosa formando ácido láctico, siendo por lo tanto una prueba rápida para conocer la contaminación de la leche. La acidez normalmente se determina por métodos volumétricos. Ésta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulante, el titulado y el indicador:

Material empleado:

Buretas de 25 ml. (de preferencia automática)

Pipeta de volumétrica graduada de 9 ml.

Frasco gotero.

Vaso de precipitado de 100 ml.

Reactivos:

Hidróxido de sodio de 0.1 Normal (titulante)

Indicador de fenolftaleína al 1 % (indicador)

Bureta automática de 25 ml.



Procedimiento:

1.- Agregar 9 ml de leche en el vaso de precipitado.



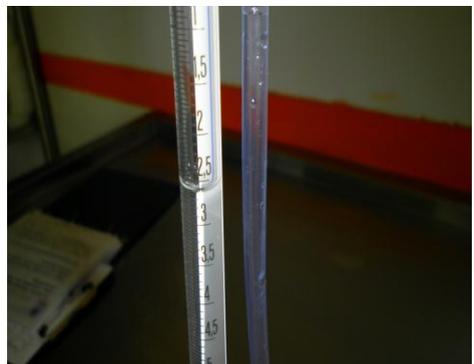
2.- Adicionar tres gotas de fenolftaleína (Indicador)



3.- Iniciar el titulado (dejar caer gota a gota el agente titulante (Bureta) sobre el que se a determinar la acidez (muestra de leche). Hasta obtener un ligero color rosa (en el caso de la fenolftaleína) que dure 30 segundos cuando mínimo. Si es muy oscuro, la titulación ha fracasado.



4.- Medir la cantidad de agente titulante gastado (gasto de bureta). El gasto en ml se multiplica por 10 y obtenemos la acidez en grados Dornick. Por ejemplo, en la bureta marca un gasto de 1.7 ml, este valor se multiplica por diez y se obtiene una acidez en leche de 17 grados Dornick (°D).



La interpretación de resultados se realiza en base de los siguientes enunciados:

- a) Leches de buena calidad: de 16 a 20 grados Dornic ($^{\circ}$ D) o 0.16 a 0.20 % de ácido láctico.
- b) Leches alcalinas ó patológicas: menores de 15 grados Dornic.o 0.15 % de ácido láctico.
- c) Leches de 26 a 28 grados Dornic o de 0.26 a 0.28 % de ácido láctico, las leches coagulan con la ebullición.
- d) Leches de 70 a 80 grados Dornic o de 0.70 a 0.80 % de ácido láctico, las leches coagulan a temperatura ambiente.

Anexo 2. Prueba de alcohol.

La prueba del alcohol es clave a nivel de recepción de leche, tanto en las industrias como en los pequeños talleres, se realiza con la finalidad de detectar la termoestabilidad de la leche bronca. Si la muestra es inestable se produce la coagulación de la leche, por lo que no es apta para su industrialización.

Material

3ml de leche.

3ml alcohol al 68-70%.

Pipeta graduada.

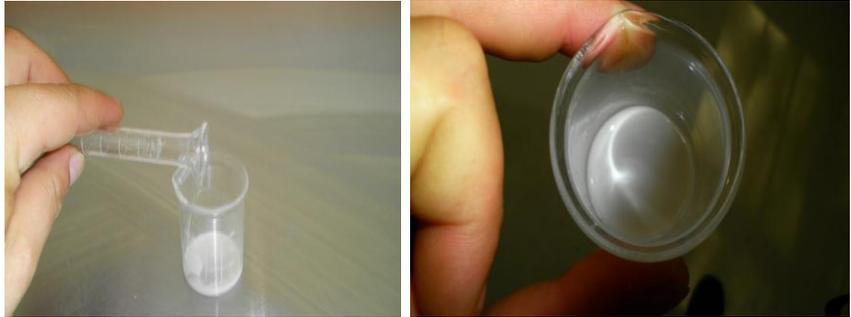
Vaso de precipitado.



Procedimiento

Poner 3 ml de leche bronca en el vaso de precipitado y agregar 3 ml de alcohol al 70%, mezclar y observar.





Los resultados se reportan como positivo o negativo.

La formación de grumos es una reacción positiva e indica que la suspensión coloidal de la leche se encuentra afectada, por lo que no resistirá el proceso térmico de pasteurización.

REVISIÓN TÉCNICA

Dr. Mario H. Esqueda Coronado

M.C. Regina Carrillo Romo

DISEÑO DE PORTADA

M.C. Juan Carlos López García

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias

Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Comisión Editorial y Vocal: Dr. Alfonso Serna Pérez

Vocal: Dr. Mario Domingo Amador Ramírez

Vocal. Dr. Guillermo Medina García

Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2011 en la Imprenta Mejía, Calle Luis Moya No. 622
C.P. 98500, Calera de V.R., Zac. México
Tel. (478) 98 5 22 13

Su tiraje constó de 500 ejemplares

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

DIRECTORIO

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez

Director de Coord. y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

M.C. Ma. Dolores Alvarado Nava	Valor Agregado
Dr. Mario Domingo Amador Ramírez	Sanidad Vegetal
I.T.A. Juan José Figueroa González	Frijol
M.C. Manuel de Jesús Flores Nájera	Caprinos y Ovinos
Dr. Miguel Ángel Flores Ortiz	Pastizales y Forrajes
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Forrajes
M.C. Juan Carlos López García	Caprinos y Ovinos
Dr. Guillermo Medina García	Modelaje
M.C. Enrique Medina Martínez	Maíz y Frijol
M.C. Valentín Melero Meraz	Frutales
Dr. Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Vegetal
M.C. Nadiezhda Ramírez Cabral	Modelaje
Ing. Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
Dr. Luis Roberto Reveles Torres	Recursos genéticos
M.C. Francisco Rubio Aguirre	Pastizales y Forrajes
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez	Bioenergéticos
M.C. Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía
Dr. Alfonso Serna Pérez	Suelo y Agua
Ing. Miguel Servin Palestina	Suelo y Agua
Dr. Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Vegetal
Ing. Ma. Guadalupe Zacatenco González	Frutales Caducifolios
M.C. Román Zandate Hernández	Frijol
Dr. Jorge A. Zegbe Dominguez	Frutales Caducifolios



Vivir Mejor

www.gobiernofederal.gob.mx

www.sagarpa.gob.mx

www.inifap.gob.mx



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias