

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**ESTUDIO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL QUESO
COLONIA Y EVALUACIÓN DE LA RETENCIÓN DE SÓLIDOS EN
TRES QUESERÍAS ARTESANALES**

Por

**Sonia COZZANO FERREIRA
Mauricio DELGADO GARBARINO**

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo (Orientación
Agrícola Lechera)**

**MONTEVIDEO
URUGUAY**

2003

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Jorge Bermúdez

DMTV Stella Reginensi

Ing. Agr. Andrés Ganzabal

Fecha:

Autores:

Sonia Cozzano Ferreira

Mauricio Delgado Garbarino

A mis padres Washington y Miquelina, a mis hermanos, Ricardo, Sara, Sergio, Carlitos y Jorge, cuñadas/o y sobrinos; a Gaby y su familia; a mis amigos/as; a la AeA; a todos ellos por el apoyo y estímulo continuo.

Sonia

A mi esposa Paola, mis padres Jorge y Raquel, hermanas y cuñados, Natalia y Pablo, Silvana y Diego, por su apoyo incondicional; y a todos los que me apoyaron de alguna u otra forma todos estos años.

Mauricio

AGRADECIMIENTOS

A los productores Jorge Viera, Héctor Madera y Víctor Chaquirián por permitirnos la realización de este trabajo.

A los queseros Mario, Oscar y Mario por recibirnos y compartir su lugar de trabajo.

A las intendencias de los Departamentos de Colonia y San José por la colaboración brindada.

A Shirley Furtado, Teresa Tombolini y Ana Miranda por su colaboración en las tareas de laboratorio.

A los funcionarios de Biblioteca de Facultad de Agronomía, especialmente a Miriam Fernández por la atención y preocupación en la búsqueda de material necesario.

A Jorge Bermúdez y Stella Reginensi por la confianza depositada en nosotros y su estímulo continuo.

A todos aquellas personas que colaboraron de alguna u otra manera en la realización de este trabajo.

A todos nuestros amigos con los que compartimos estos años de carrera.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	2
2.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL DE LA ACTIVIDAD	2
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL QUESO COLONIA EN URUGUAY.	4
2.2.1 Características generales del queso Colonia y de la materia prima	4
2.2.2 Presentación del Producto	6
2.2.3 Proceso de elaboración y aditivos utilizados	6
2.2.4 Coagulación y corte de la cuajada	8
2.2.5 Cocción y secado del grano.	8
2.2.6 Finalización de la cocción y “pesca” de la cuajada.	9
2.2.7 Moldeado	9
2.2.8 Prensado	10
2.2.9 Salado y Maduración.	10
2.3 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DE LA QUESERÍA ARTESANAL	11
2.3.1 Sala de elaboración y equipamiento.	11
2.3.2 Fuente de calor	12
2.3.3 Agitador	13
2.3.4 Sala de salado y Cámaras de maduración	13
2.4 COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA	14
2.4.1 Grasa de la leche	15
2.4.2 Proteínas de la leche.	17
2.4.3 Carbohidratos de la leche.	19
2.4.4 Minerales de la leche	20
2.4.5 Enzimas de la leche.	21
2.4.5.2 Oxidorreductasas	23
2.5 VARIACIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA	24
2.5.1 Factores Genéticos	24
2.5.2 Estado de lactancia	24
2.5.3 Número de lactancia	25
2.5.4 Sanidad	25
2.5.5 Manejo del ordeño	26
2.5.6 Manejo de la alimentación	26
2.6 RENDIMIENTO QUESERO	27
2.6.1 Fórmulas teóricas y empíricas.	27
2.6.2 Transformación de la materia prima en queso y Factores que afectan el rendimiento	30

3. OBJETIVOS	40
4. MATERIALES Y MÉTODOS	41
4.1 RUTINA DE TRABAJO EN LAS QUESERÍAS	42
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
5.1 RUTINA DE LA ELABORACIÓN DEL QUESO COLONIA EN LOS PRODUCTORES ESTUDIADOS.	47
5.1.1 <i>Preparación de la leche</i>	48
5.1.2 <i>Adición de fermentos y aditivos.</i>	48
5.1.3 <i>Corte</i>	50
5.1.4 <i>Agitación, Desuerado y cocción del grano.</i>	50
5.1.5 <i>Pesca, moldeado, prensado y salado</i>	51
5.2 VARIACIÓN DE TEMPERATURA, pH Y ACIDEZ EN TINA POR QUESERÍA	53
5.2.1 <i>Temperatura</i>	53
5.2.2 <i>pH.</i>	59
5.2.3 <i>Acidez titulable</i>	62
5.3 COMPOSICIÓN DE LA LECHE, SUERO, CUAJADA Y QUESO A SALIDA DE SALMUERA. .	63
5.4 ESTIMACIÓN DE LA RETENCIÓN DE SÓLIDOS Y RENDIMIENTO QUESERO.....	69
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
7. RESUMEN	73
8. BIBLIOGRAFÍA.....	75

TABLA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL QUESO COLONIA.....	5
CUADRO 2 ADITIVOS Y CANTIDADES RECOMENDADAS PARA ELABORAR EL QUESO COLONIA (CANTIDADES CADA 100L LECHE).....	6
CUADRO 3 COMPOSICIÓN DE LA LECHE CRUDA (%), EN LA MAYORÍA DE LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS (A) Y PROMEDIO PARA EL DPTO. DE COLONIA (B).....	14
CUADRO 4 COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA GRASA DE LA LECHE.....	16
CUADRO 5 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS CASEÍNAS DE LA LECHE.....	18
CUADRO 6 DISTRIBUCIÓN DE LOS MINERALES DE LA LECHE (%) ENTRE LA FASE COLOIDAL Y LA SOLUCIÓN.....	20
CUADRO 7 VARIACIÓN ESTACIONAL DE % DE PROTEÍNA Y GRASA DE LA LECHE.....	26
CUADRO 8 CRONOGRAMA DE VISITAS.....	41
CUADRO 9 MOMENTOS DE ANÁLISIS Y REGISTRO.....	43
CUADRO 10 ORDEN Y CANTIDADES DE PRODUCTOS INCORPORADOS A LA LECHE SEGÚN QUESERÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL QUESO COLONIA.....	49
CUADRO 11 RESUMEN DE LOS VALORES DE TEMPERATURA (°C) EN TINA POR QUESERÍA DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	57
CUADRO 12 RESUMEN DE LOS VALORES DE PH EN TINA POR QUESERÍA DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	61
CUADRO 13 COMPOSICIÓN DE LA LECHE EN % DE GRASA Y % DE PROTEÍNA DE LAS QUESERÍAS ESTUDIADAS.....	63
CUADRO 14 RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL SUERO POR QUESERÍA Y PARA LAS QUESERÍAS DEL ESTUDIO....	64
CUADRO 15 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GRASA Y PROTEÍNA EN CUAJADA Y QUESO POR QUESERÍA Y PARA EL TOTAL DE DATOS.....	65
CUADRO 16 RELACIÓN CASEÍNA /GRASA PROMEDIO ESTIMADA EN LA LECHE Y CONTENIDO PROMEDIO DE GRASA EN QUESO, POR QUESERÍA.....	66
CUADRO 17 CONTENIDO DE MATERIA GRASA EN QUESO Y CUAJADA EXPRESADO COMO % DEL EXTRACTO SECO TOTAL.....	67
CUADRO 18 RESUMEN DE LA COMPOSICIÓN ESTIMADA DEL QUESO COLONIA.....	68
CUADRO 19 ESTIMACIÓN DEL % DE RETENCIÓN DE GRASA Y PROTEÍNA EN EL QUESO.....	70
CUADRO 20 ESTIMACIÓN DE LA RETENCIÓN POTENCIAL DE SÓLIDOS Y KG DE QUESO CADA 100L DE LECHE PARA LAS TRES QUESERÍAS EN ESTUDIO.....	71
CUADRO 21 ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA RELATIVA PARA LAS TRES QUESERÍAS.....	71
FIGURA 1 DIAGRAMA DE ELABORACIÓN DEL QUESO COLONIA ARTESANAL.....	47
FIGURA 2 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE LA ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 1.....	54
FIGURA 3 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE LA ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 2.....	54
FIGURA 4 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE LA ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 3.....	55
FIGURA 5 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE EL TRANSURSO DE LA COCCIÓN (T ₃ A TN) EN LA QUESERÍA 1.....	56
FIGURA 7 EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE EL TRANSURSO DE LA COCCIÓN (T ₃ A TN) EN LA QUESERÍA 3.....	57
FIGURA 8 DESARROLLO DE PH EN LA ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 1.....	60
FIGURA 9 DESARROLLO DE PH EN LA ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 2.....	60
FIGURA 10 DESARROLLO DE PH EN LA ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 3.....	61
FIGURA 11 CONTENIDO DE GRASA EN QUESO (%) SEGÚN RELACIÓN CASEÍNA / GRASA EN LA LECHE.....	66

1. INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los alimentos más importantes para el hombre desde la domesticación de los animales y el comienzo de la agricultura para pastoreo. Por otra parte es el alimento más versátil presentándose en la dieta bajo diferentes formas entre las que se encuentra el queso.

El queso es el producto fresco o madurado que se obtiene mediante escurrimiento, después de la coagulación de la leche, crema, leche parcial o totalmente desnatada, suero de mantequilla o una combinación de alguno de todos estos productos (FAO, 1972).

En nuestro país la elaboración de queso comienza con la llegada de los primeros inmigrantes desde Europa a fines del 1800. Desde esa época la elaboración del queso se mantuvo como una actividad artesanal en la zona a pesar del advenimiento de las bases científicas establecidas a principios del siglo, lo que permitió la fabricación a escala industrial de este producto. El queso no debe ser considerado solamente como un alimento que concentra proteínas y grasas, sino que también es un alimento estimulante, dada las diferentes características sensoriales que presenta cada variedad. Por ello debe mantenerse la variabilidad que expresan las producciones artesanales dentro de ciertos rangos, sin que esto implique que el producto sea de baja calidad.

La coyuntura económica actual de la región, con mercados cada vez más competitivos, exigentes en calidad y diferenciación de los productos, determina que sea prioritario conocer las características del queso que se está produciendo, así como también, los rendimientos logrados en términos de cantidad. Los productores de queso artesanal que conforman el hoy “Grupo de los 30” surge del objetivo común de adaptar su producción a las demandas del mercado, aumentar la competitividad, y ofrecer un producto diferenciado de alta calidad. Estos productores han recibido desde sus orígenes el apoyo de distintas instituciones en cuanto a la capacitación permanente de los queseros en distintas áreas y apoyo en la transformación de la infraestructura de las queserías.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL DE LA ACTIVIDAD

La quesería artesanal es un subsector agropecuario claramente definido, con localización geográfica definida, concentrándose principalmente en la zona Este del departamento de Colonia, y zona oeste del departamento de San José. De acuerdo al censo general agropecuario del año 2000 existen 2161 queseros artesanales, en todo el país. Más de la mitad del total son pequeños productores, encontrándose en los departamentos de Colonia y San José 1353 explotaciones que representan el 62.6 %. Del total de productores agropecuarios del país (57131), el 11.5 % producen leche a nivel comercial, y de los mismos el 33 % elaboran quesos.

Las queserías artesanales se caracterizan por estar constituida por unidades económicas pequeñas con tecnologías y mercados específicos. Dentro de este sector podemos encontrar estratos diferenciados de acuerdo a la adopción de tecnologías, crecimiento de la empresa, y trabajo familiar o asalariado. Los productores visitados para la realización del trabajo se ubican en el estrato que se caracteriza por la fuerte adopción de tecnologías, con un constante afán por mejorar calidad y rendimiento de los productos elaborados, con una gran inversión en implementos e instalaciones, entre ellos quesería bien montada y cámaras de maduración. En cuanto a la capacitación de la mano de obra los queseros son egresados de la Escuela de Lechería de Colonia Suiza o al menos recibieron cursos de capacitación.

La mayoría de la producción de queso artesanal se vuelca en el mercado interno. La comercialización se realiza en ferias locales, o a través de acopiadores de la zona. Las ferias locales tienen una larga tradición y constituyen un modelo de mercado que en general no se repite para otros rubros. Existen también productores que venden directo al consumo. Alguno de los compradores son industrias que utilizan el queso como materia prima para elaborar quesos procesados (fundido). Actualmente, algunos productores tienen sus compradores fijos, los cuales van al establecimiento a levantar el producto, lo que les da cierta estabilidad en el precio. El precio que recibe el productor varía a lo largo del año y depende de la calidad del producto logrado. El margen de ganancia que recibe el productor, se conforma por el balance entre cantidad y calidad del queso. Esto significa que un mayor rendimiento no lleva a mayor ingreso económico, ya que puede tener baja calidad. Como se trata de una producción de marcada estacionalidad, en primavera al concentrarse la mayor producción, aumenta la oferta lo que hace disminuir el precio. Los productores de queso de mayor calidad sufren menos las variaciones estacionales de precio obtenido. Durante el verano el precio del producto cae explicado

por dos motivos: por un lado disminuye de forma importante del consumo interno, y por otro en esta época del año es común en gran parte de los productores observar problemas en la calidad del queso a causa de altas temperaturas, alimentación más fibrosa, etc.

El tiempo entre la elaboración y venta del producto es relativamente corto y su importancia se manifiesta en una rápida circulación del capital.

En todos los casos los productos son sometidos a controles bromatológicos de las Intendencias Departamentales. Por otro lado el LATU, ejerce un control de calidad y trabaja con los productores que integran el grupo de los 30, para mejorar y establecer los puntos críticos para lograr la mejor uniformidad del producto.

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL QUESO COLONIA EN URUGUAY.

“Se entiende por queso artesanal, al queso elaborado en condiciones artesanales, en forma individual, familiar o asociativa, exceptuando la producción masiva que implique instalaciones y procesos industriales” (Sanidad Animal, 1994). Según la legislación nacional vigente, “el queso artesanal debe elaborarse preferentemente con leche pasteurizada, utilizándose en este caso fermentos acidolácticos propios de la zona, preparados por el propio productor o por algún organismo o empresa competente”. Sin embargo, existe una excepción a pasteurizar la leche o realizar algún otro tratamiento térmico cuando los tiempos de maduración superen los 60 días y cuando por motivos inherentes a las características intrínsecas del producto, sea necesario el uso de leche cruda y/o menor tiempo de maduración. Si el tiempo de maduración es menor a los 60 días o no se utiliza leche pasteurizada deberán tener controles microbiológicos periódicos por un laboratorio oficial de reconocida competencia.

El queso Colonia es clasificado dentro de la categoría de pasta semidura o de mediana humedad. Este grupo, que incluye también a los quesos Gruyere, Gouda y Holanda, contiene entre 36.0 y 45.9 % de humedad.

De acuerdo al contenido de materia grasa en el extracto seco (MGES), los quesos se clasifican en: *Extragraso*, aquellos que contienen como mínimo 60 % MGES; *Grasos*, los que tienen entre 45 y 59.9% MGES; *Semigrasos*, los de 25 a 44.9 % MGES; *Magros*, de 10 a 24.9 % MGES y *Semidescremados*, los que tienen como máximo 10% de MG en extracto seco (Sanidad animal, 1994).

2.2.1 Características generales del queso Colonia y de la materia prima

El Cuadro 1, muestra la composición sugerida por distintos autores nacionales. Si bien aún no se cuenta con un marco legal que estipule la composición fisicoquímica puntual que distinga este queso como tal, se puede observar que existe similitud entre los rangos y valores manejados comúnmente.

Cuadro 1 Composición Química del queso Colonia.

	<i>Laborde</i> ¹	<i>Martegani</i> ²	<i>LATU</i> *
<i>Humedad (%)</i>	<i>38 a 40</i>	<i>45</i>	<i>38</i>
<i>Grasa(% MGES)</i>	<i>45</i>	<i>45</i>	<i>40</i>
<i>Proteína (%)</i>	<i>26 a 28</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Sal (%)</i>	<i>1 a 1.5</i>	<i>1.8</i>	<i>-</i>

*Citado por Martegani (1994)

Según Laborde (1979), este tipo de queso es el que tiene mayor exigencias en cuanto a calidad de la leche que se utiliza como materia prima. Se debe partir de leche limpia y fresca con una acidez máxima 17°D. Higienizada y termizada a no más de 63°C, y estandarizada a un tenor de 2.8 a 2.9% de materia grasa. El mismo autor, considera que cuando se habla de queso tipo Colonia, se debe tener en cuenta que por su origen, es un queso de pasta Suiza donde, “la principal característica es la presencia en su masa de ojos de tamaño regular, que pueden variar de diámetro de 1 a 2 cm, y un sabor que debe ser ligeramente dulzón”.

Martegani (1994) es más exigente en cuanto al límite máximo de acidez en leche para elaborar el queso (16°D), y plantea un rango de ajuste de la materia grasa más amplio (2.6 a 2.8%). La Escuela de Lechería de Colonia Suiza (Martínez, R.³), recomienda agregar 5% de agua limpia y fría a la leche al inicio de la elaboración y hasta un 10% si se trata de leches ácidas o provenientes de dos ordeños.

Laborde (1979) recomienda a la pasteurización lenta (63°C por 30 minutos) como único tratamiento permitido para elaborar un queso Colonia “característico”. Martegani (1994), recomienda pasteurizar la leche de forma lenta (63°C por 30 minutos) ó rápida (72°C- 20seg) indistintamente dependiendo del equipo disponible en la quesería.

El queso Colonia se define como queso semiduro con una masa que se distingue por:

- i) estar moderadamente cocida ii) por presentar ojos esféricos y brillantes de 6 a 8 mm de diámetro, los que se encuentran distribuidos uniformemente pero disminuyendo en cantidad y diámetro desde el centro del queso hacia la corteza; iii) de consistencia firme y elástica; iv) de sabor y aroma suave; y v) madurada por 30 días aproximadamente (Martegani, 1994).

¹ Jefe de Usina N°3 de CONAPROLE

² Prof. Escuela de Lechería de Colonia Suiza

³ Técnico Lechero, Escuela de Lechería de Colonia Suiza.

2.2.2 Presentación del Producto

Este queso se comercializa en hormas cilíndricas, de perfil y caras convexas. El peso de cada queso oscila entre los 6 y 8 Kg. según el molde utilizado en la quesería. La masa es de tonalidad amarilla. La corteza es natural, lisa y flexible. En general, no se pintan, aunque algunas queserías plastifican la horma de color rojo o transparente junto al agregado de sustancias antifúngicas.

2.2.3 Proceso de elaboración y aditivos utilizados

Una vez que se cuenta con la leche en las condiciones deseadas (tipificada, higienizada, termizada y calentada a 30-32 °C) comienza el agregado de aditivos en las cantidades (cada 100 L) que siguen:

Cuadro 2 Aditivos y cantidades recomendadas para elaborar el queso Colonia
(cantidades cada 100L leche)

Aditivos	<i>Laborde</i>	<i>Martegani</i>	<i>E de L *</i>
<i>Colorante (cc)</i>	<i>1 a 2</i>	<i>7 a 10</i>	<i>6 a 8</i>
<i>Cl₂Ca (gr)</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>50</i>
<i>Sal nitro (gr)</i>	<i>5 a 10</i>	<i>10</i>	<i>20</i>
<i>Fermento (%)</i>	<i>0.7 a 1</i>	<i>1</i>	

* E de L = Escuela de Lechería de Colonia Suiza

Como se observa en el Cuadro 2, se recomiendan los mismos aditivos, existiendo diferencias en las cantidades sugeridas de acuerdo a los diferentes autores. El orden en que se agregan los aditivos presenta variaciones. Mientras Laborde (1979), agrega todos los aditivos juntos, Martegani(1994), agrega primero cloruro de calcio el que se deja actuar por 10 minutos, luego incorpora el fermento láctico dejándolo madurar por 30 minutos, y por último sal nitro y colorante. Por su parte, Laborde (1979), recomienda que el cloruro de calcio sea agregado 10 minutos antes de cuajar para que pueda integrarse totalmente a la leche. La Escuela de lechería de Colonia Suiza (Martínez, R. S.F) recomienda primero el agregado de Colorante, luego la Sal Nitro disuelta en un poco de agua caliente y por último el fermento.

Los fermentos utilizados para elaborar este tipo de queso, merecen ser especialmente tratados puesto que ellos imparten las características que definen al queso Colonia. En los sistemas actuales de elaboración se adicionan bacterias ácido lácticas

(BAL) liofilizadas directamente a la tina, cuya principal función es la producción de ácido láctico por fermentación de la lactosa. Este ácido láctico es responsable del sabor del queso, textura de la cuajada, liberación de enzimas que intervienen en la maduración y de la eliminación de organismos patógenos. Las bacterias liofilizadas que existen en el ámbito comercial son *mesófilas* y *termófilas*. Las bacterias ***mesófilas*** presentan su óptimo de temperatura de crecimiento entre los 30 y 37°C, siendo las utilizadas *Lactococcus lactis subsp.lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides subsp.cremoris*. Las bacterias ***termófilas***, con un óptimo para su desarrollo de 50 a 55°C, se encuentran representadas por el *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*.

Lactococcus y *Streptococcus* son bacterias homofermentativas que en la fermentación de la lactosa rinden de 90% de ácido láctico, responsable del descenso del pH. Los *Leuconostoc* son bacterias heterofermentativas que dan lugar a 50 % de ácido láctico y compuestos como etanol, ácido acético y diacetilo, contribuyen a la formación del aroma. Las bacterias lácticas, capaces de metabolizar al citrato son *Lactococcus lactis spp.lactis* biovar *diacetylactis* y las sp *Leuconostoc*. Esta es una propiedad muy importante ya que los productos resultantes, como diacetilo y acetato son responsables del desarrollo de aroma de los quesos frescos y en menor grado también en los madurados. En los quesos tipo suizos como el Colonia, la acumulación de Co₂ producido en el ciclo del citrato es el responsable de la formación de los ojos característicos. En algunos casos también se utilizan *Propionibacterium*, las cuales producen compuestos aromáticos (propiónico y acético) responsables del sabor dulce y picante característico de los quesos suizos, y de la producción de gas.

En líneas generales se utiliza, un 85 a 90 % de bacterias acidificantes y el restante 10 a 15% son aromatizantes.

Martegani (1994), recomienda dos opciones en la composición del cultivo:

A) Acidificantes (*Streptococcus lactis* + *cremoris*) 90%.
Aromatizantes (*L. citrovorum*) 10%.

B) Acidificantes (*Streptococcus lactis* + *cremoris*) 85-90%.
Aromatizantes (*L. citrovorum* + *St diacetylactis*) 10 -15 %.

Martínez, R. (S.F), recomienda la mezcla de cultivos en proporción 75: 25, acidificante: aromatizante respectivamente y dejar madurar media hora antes de cuajar. Laborde (1979), también propone el uso de cultivos mixto estableciendo una base diferente de uso de cultivos *termófilos* que son clásicos en los quesos suizos *Streptococcus thermophilus* acompañados de un *Lactobacillus (bulgaricus o helveticus)*. En cuanto a la proporción a agregar recomienda que sea en relación inversa a la acidez de la leche. Es decir si la leche presenta menor acidez se usa más fermento, teniendo

presente un límite de acidez en la leche una vez agregado el fermento de 18 °D. (además de la flora nativa de la leche). Desde el momento del agregado del primer aditivo hasta el agregado del cuajo transcurren aproximadamente 35 minutos.

2.2.4 Coagulación y corte de la cuajada

Se recomienda el agregado de cuajo en cantidad suficiente para cuajar en 30 minutos. El cuajo debe ser de muy buena calidad, preferentemente en polvo, y con bajo contenido de pepsina (Laborde, 1979; Martegani, 1994). Asimismo, recomiendan que no se utilice cuajo microbiano puesto que este tipo de cuajo estimula la formación de ojos muy pequeños. La cantidad a utilizar depende del origen del cuajo (animal, vegetal, microbiano y genético) y la presentación comercial del producto. El cuajo se disuelve en agua fría antes de ser agregado a la tina.

El momento de corte debe ser determinado con la máxima precisión posible para evitar pérdidas de rendimiento y calidad del producto. Laborde (1979), menciona como indicador empírico del momento óptimo para cortar, cuando la cuajada se despega bien de las paredes de la tina y no se pega a la palma de la mano si se hace presión sobre la misma. El corte se hace con una lira hasta alcanzar un tamaño de grano de maíz y procurando alcanzar la mayor uniformidad de los mismos para evitar pérdidas de grasa y proteínas. Si el corte está bien hecho, el suero no contiene más de 0.5% de grasa (Laborde, 1979).

Luego de lograr el tamaño de grano adecuado, se realiza una agitación lenta para que el grano tome cierta firmeza previo a la cocción. El tiempo de agitado varia de 5 a 15 minutos.

2.2.5 Cocción y secado del grano.

El proceso de cocción se realiza calentando la cuajada en agitación hasta alcanzar los 42°C, se logra en aproximadamente 25 minutos dependiendo del equipo disponible en la quesería. Es importante que la temperatura de cocción no sobrepase los 42°C para no destruir al inóculo bacteriano. La temperatura máxima en proceso de cocción se debe alcanzar lentamente para lograr una buena sinéresis y secado de los granos. Sin embargo, Laborde (1979), recomienda que los primeros 15 minutos de cocción sean con

liberación de vapor suave hasta alcanzar los 42°C y luego más rápido hasta alcanzar los 47°C en un proceso que usa cepas *termófilas*.

Martegani (1994), aconseja el monitoreo de la acidez titulable en el suero para controlar el proceso en cuanto al desarrollo de la fermentación. De esta forma si la acidez al momento del corte supera los 11°D recomienda el lavado de la cuajada con agua caliente (65°C) previo a la cocción. Se agrega aproximadamente 7.5 % de agua por °D por encima de los 11°D. De este modo la cocción es mixta primero con el agua caliente y luego por medio de vapor (tina con doble pared) hasta alcanzar los 40°C

Una vez que se alcanza la temperatura de cocción, se continua con la agitación de los granos de cuajada hasta que estos alcancen el punto de “ grano seco”. Esto se verifica apretando firmemente en la mano un puñado de cuajada hasta que escurra bien. Debe mantenerse compacto al mantenerlo colgando entre los dedos y desgranarse sin que se rompan los granos si se lo amasa (Laborde, 1979). Esta operación tarda entre 30 y 40 minutos. Es muy importante la determinación correcta de secado del grano puesto que condiciona directamente la calidad del queso determinando el contenido de agua y ácido láctico en la masa de cuajada. Martegani (1994), recomienda el agregado de sal 10 minutos después de terminada la cocción a razón de 100 gr de sal cada 100L de leche.

2.2.6 Finalización de la cocción y “pesca” de la cuajada.

Antes de proceder a “pescar” la cuajada se debe dejar asentar la masa en el fondo de la tina durante 5 a 10 minutos. En este momento el suero debe tener una acidez de 11 a 12 °D (Martegani, 1994). La pesca debe realizarse de una sola vez, evitando disturbios en la cuajada.

2.2.7 Moldeado.

La cuajada pescada y escurrida, se coloca sobre la mesa de trabajo y se corta en trozos lo más uniformes posibles, evitando el picado y recortes de cuajada que determinarán quesos defectuosos. Dentro de los moldes previo a introducir la cuajada, se coloca la tela generalmente humedecida con el suero de la propia elaboración. Esta operación debe realizarse lo más rápidamente posible para evitar que la masa se enfríe antes del prensado.

2.2.8 Prensado.

En prensas mecánicas se requieren alrededor de 20 horas de prensado. En este período el queso debe invertirse al menos seis veces (Laborde, 1979). En cambio, Martegani (1994), recomienda que el prensado sea de alrededor de 4 horas. Divide al prensado en cuatro etapas de distinta duración y con presión de prensado en aumento. En cada etapa el queso es invertido y se enjuagan las telas con agua fría. La primera etapa dura 30 minutos y la presión en el queso es de 2 Kg, la 2ª y 3ª etapa tienen una duración de 60 minutos cada una y con un peso de 3 Kg y por último 60 minutos con 4Kg.

Se recomienda que la temperatura del lugar de prensado no supere los 20°C para evitar que continúe la formación de ácido láctico, lo que resulta en defectos de textura y dificulta la formación de ojos. El prensado se da por finalizado cuando se alcanza un pH de 5.2 o una acidez titulable de 60 - 70°D para entrar a salmuera. Martegani (1994), recomienda luego del prensado, que los quesos reposen en una cámara a 10°C hasta el día siguiente donde son llevados a salmuera.

2.2.9 Salado y Maduración.

El salado se realiza por inmersión en piletas, al igual que en otros quesos suizos. El efecto de salado modifica la acidez del queso, el contenido de humedad y disminuye la actividad de las bacterias lácticas (BAL). Además contribuye a la formación de la cáscara del queso y evita la proliferación de bacterias patógenas. La salmuera debe presentar una concentración de 20 a 21° be, un pH = 5.2 y una temperatura de 10 a 12°C. El tiempo de permanencia en la pileta de salado se estima en 6 a 8 horas por Kg de queso. Se recomienda que los quesos sean dados vuelta a la mitad del salado para lograr un salado parejo en ambas caras.

Una vez que se sacan de la salmuera se recomienda que los quesos sean aereados por 24 horas en un lugar fresco.

Posteriormente al proceso de salado los quesos son llevados a cámaras, 15 días en cámara fría con una temperatura entre 10 y 13°C. En este plazo los quesos deben darse vuelta diariamente colocándolos cada vez en tablas limpias y secas. Luego pasan por un plazo de 15 a 20 días a una cámara con 18 a 23 °C hasta completar la maduración (Laborde, 1979). En esta segunda fase se da la producción de gas de las bacterias lo que determina la formación de ojos, esto se evidencia por una curvatura en la cara superior del queso.

2.3 INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DE LA QUESERÍA ARTESANAL

Las plantas artesanales deben cubrir determinados requisitos higiénicos para obtener la habilitación de la manipulación de alimentos. Dicha habilitación esta a cargo de la Dirección de Sanidad animal del MGAP. Para lograr tal documentación se debe cumplir con la reglamentación, que incluyen desde ubicación geográfica de la quesería, hasta materiales utilizados para su construcción. A continuación se describen brevemente las construcciones y utensilios con los que cuenta una quesería:

2.3.1 Sala de elaboración y equipamiento.

Es el local principal de la quesería donde se realizan la mayoría de los procesos de elaboración que dan origen al queso. Normalmente se encuentra a continuación de la sala de ordeño. Debe ser de un tamaño adecuado como para permitir un trabajo cómodo del o los operarios. Debe permitir circular con comodidad alrededor de la tina para realizar todas las operaciones correctamente. En ella encontramos básicamente la tina, mesa de trabajo, prensa y los implementos para trabajar en la tina como lira, revolvedor, pala para cuchareo etc. Comúnmente a esta sala le siguen la sala de salmuera y las cámaras fría y caliente.

La tina es el recipiente que recibe la leche proveniente de la sala de ordeño a través de tuberías y donde será calentada a la temperatura de coagulación, y se desarrollarán todas las labores descriptas hasta el momento de la “pesca” de la cuajada. La tina al igual que el resto de los implementos es de acero inoxidable y normalmente de “tipo suizo” es decir cilíndricas y con fondo cóncavo. Las utilizadas para elaborar el queso Colonia en las queserías de referencia tienen capacidad para procesar 1200 L.

La Lira se utiliza para cortar la cuajada. Consta de mango, cuadro o bastidor y alambres verticales de acero inoxidable que son los que directamente realizan el corte en el tamaño de grano deseado, según la manipulación de cada quesero. El tamaño de la Lira debe ser acorde a la capacidad volumétrica de la tina y forma. Generalmente se recomienda que el bastidor sea algo mayor que el tamaño de la tina para que cuando ésta esté llena se pueda cortar la cuajada sin dificultad. Se deben evitar los mangos demasiado cortos porque se ejerce una fuerza considerable al cortar la cuajada y si es corto no permite hacer la suficiente palanca, por lo menos debe ser del mismo largo que el bastidor. El bastidor debe ser rígido pero no demasiado grueso para evitar romper la

cuajada a medida que la Lira avanza a lo largo y ancho de la tina de quesería en lugar de cortarla, lo cual implicaría grandes pérdidas de rendimiento quesero.

La mesa de trabajo es también de acero inoxidable y suele tener dos pisos, generalmente es de forma rectangular. Se utiliza para apoyar los moldes, colocar los paños, dar vuelta a los quesos. Es importante que este diseñada de forma que desagüe bien y que sea de fácil limpieza.

Las prensas pueden ser de diferentes tipos pero las más frecuentemente utilizadas en queserías artesanales son las accionadas por muelles o contrapeso. En este tipo de prensa los moldes se apilan verticalmente y la graduación de la intensidad del prensado se hace de forma empírica.

Los moldes son de acero inoxidable, hierro estañado, o plástico. Lo más comúnmente usado son los de acero inoxidable, los moldes para quesos prensado requieren tapas y el uso de paños para que el queso no toque el molde, además sirven para darle a la corteza su aspecto característico.

Los paños son de tela de algodón, cumplen una función fundamental en el prensado ya que permiten el pasaje del suero entre la cuajada y el molde. Sin paños el queso no prensa puesto que la cuajada se comprime contra el molde y no deja salir el suero por los pequeños orificios del molde.

2.3.2 Fuente de calor.

Generalmente la leche en la tina se calienta por fuego con un quemador que utiliza gas que se coloca por debajo de la tina. Existen también queserías artesanales que utilizan el sistema de calor indirecto, en que la tina consta de una doble pared que forma una cámara por la cual circula el agua caliente o vapor. El agua de circulación se calienta con una caldera la cual se alimenta con leña o gasoil y cuenta con termostato para regular la temperatura. Este tipo de tina con doble pared se utiliza también como pasteurizador, calentando la leche a 63 °C y manteniéndola así durante 30 minutos. La posterior disminución de la temperatura hasta la adecuada para coagulación, se logra por circulación de agua fría en la cámara y mojado directo de la pared externa con la ayuda de una manguera.

2.3.3 Agitador.

Consiste en una “paleta” de acero inoxidable, la cual es accionada por un motor eléctrico. Las funciones más destacables son: a) evitar que se “pegue” la cuajada a las paredes de la tina durante la cocción, b) lograr una distribución más homogénea de la temperatura evitando la estratificación, y c) favorecer la sinéresis y secado del grano.

En el proceso de elaboración se requieren una serie de utensilios como termómetro, titulador de acidez, cuchara y malla para “pesca”.

El termómetro se utiliza para el control de la temperatura durante el proceso de elaboración en la tina. Es muy importante que este provisto de algún protector contra golpes dado que durante el proceso se encuentra dentro de la tina en contacto directo con la leche. La ruptura del mismo dentro de la tina significa la pérdida total del producto en elaboración.

La cuchara de acero inoxidable, se utiliza para mover la cuajada después del primer corte (agitado en frío) para reducir el tamaño del grano y que el mismo tome cierta firmeza previa a la cocción.

El titulador de acidez en grados Dornic, permite al quesero tener una idea de la acidez de la leche con la que va a elaborar el queso y de la acidez del suero escurrido del prensado. Este instrumento tiene utilidad limitada como para corregir el proceso de elaboración en caso de notar alteraciones.

Malla plástica, se utiliza para la “pesca” de la cuajada una vez finalizada la cocción.

2.3.4 Sala de salado y Cámaras de maduración

Se trata de una habitación, con piletas resistentes al NaCl, donde se colocan los quesos posteriormente al prensado. Los quesos deben mantenerse totalmente sumergidos en la salmuera con la concentración adecuada para un correcto salado. La concentración de sal se mide mediante un densímetro disponible en la quesería.

Las cámaras son habitaciones de ambiente controlado (temperatura, humedad y ventilación) en donde solamente se encuentran estanterías generalmente de madera para almacenar los quesos correctamente y poderlos dar vuelta con comodidad. Para el queso Colonia se requieren dos cámaras una fría (10 a 13°C) y otra caliente (18 a 23°C).

2.4 COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA

En Uruguay, el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), en la Legislación Sanitaria Animal vigente, señala que la leche cruda es la producida por la secreción de la glándula mamaria de una o más hembras de varias especies (vacas, ovejas, cabras o búfalas), que no haya sido calentada a temperatura superior a los 40°C ni sometida a un tratamiento de temperatura equivalente. Para elaborar el queso Colonia se utiliza leche cruda de vaca mayoritariamente de la raza Holando, por lo cual se hará referencia a la composición y características fisicoquímicas de dicha raza.

El sistema de producción lechero en Uruguay es pastoril diferenciándose claramente de EEUU y Europa, donde los animales pasan gran parte del tiempo en establos recibiendo raciones estrictamente balanceadas. Esta diferencia en la base alimenticia es lo que determina que la producción y composición de la leche varíe según las condiciones climáticas imperantes en cada estación del año. En consecuencia y dado que la mayoría de las queserías artesanales no ajustan los % de grasa y proteína de la leche previamente a la elaboración, se condiciona la consistencia y la calidad del producto obtenido. La leche de la raza Holando, dominante en nuestros sistemas de producción, presenta más agua y menor concentración de sólidos que otras razas, lo cual influye directamente en el rendimiento quesero logrado.

La composición típica de la leche de vaca de la mayoría de los países latinoamericanos según Cunningham (2000) se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Composición de la leche cruda (%), en la mayoría de los países latinoamericanos (A) y promedio para el Dpto. de Colonia (B).

	A	B
Proteínas	3.1	3.2
Caseínas	2.4	-
Proteínas Lactoséricas	0.7	-
Grasa	3.4	3.5
Lactosa	4.7	4.7
Minerales	0.9	0.9
Sólidos Totales	12.1	12.3

Fuente: Cunningham (2000), PARMALAT (com. pers.)

Específicamente para el Departamento de Colonia, se cuenta con datos suministrados por PARMALAT (com.pers) como promedio de información disponible

para los años 2000 – 2002. Como se aprecia la información obtenida en ambos casos es similar y característica de la raza.

Los componentes proteína, grasa, minerales y lactosa constituyen el extracto seco de la leche, el resto es agua (87.7% aprox.). Las sales y la lactosa se encuentran en solución acuosa junto con las proteínas lactoséricas constituyendo la fase dispersante. Las proteínas caseínicas se encuentran en estado coloidal y la materia grasa en estado de emulsión. La leche según Cunningham (2000) es un suprasistema biológico muy complejo e intrínsecamente inestable, con sistemas dentro de otros sistemas, siendo todos ellos importantes para optimizar los rendimientos y la calidad en quesería. A continuación se realizará, una somera caracterización de cada uno de los componentes de la leche de relevancia, que tienen incidencia en el proceso de elaboración de queso y los factores que lo afectan.

El agua es el principal componente de la leche, constituyendo aproximadamente el 87% del total en volumen. Se encuentra en la leche bajo dos formas: libre y ligada a las proteínas. El agua libre es el solvente donde se encuentra en solución principalmente la lactosa y las sales de la leche, formando una solución verdadera (Dilanjan, 1984). A esta solución verdadera junto con las proteínas solubles se le conoce como lactosuero. Otra parte del agua se encuentra ligada a las micelas de caseína (3.4 a 3.7 g / g de proteína), por la atracción de fuerzas electrostáticas opuestas: los grupos polares hidrófilos de las micelas con carga negativa y los grupos polares positivos de las moléculas de agua (Riel, 1991).

2.4.1 Grasa de la leche.

La cantidad de grasa que contiene la leche es extremadamente variable, dependiendo principalmente de factores tales como, la raza, alimentación, período de lactancia en el que se encuentra el animal, etc.

Los lípidos de la leche se asocian formando grandes glóbulos esféricos que están rodeados por una rica capa de fosfolípidos, la membrana del glóbulo graso, cuya función principal es la de estabilizar los lípidos hidrófobos en el plasma acuoso de la leche. Esto permite que los glóbulos se encuentren en interacción con la fase acuosa de la leche.

El diámetro de estos glóbulos grasos varía según la especie, raza y período de lactación, aunque para leche bovina normalmente oscila entre 3 y 5 μm . En términos generales se puede definir al glóbulo graso como una compleja mezcla de lípidos, donde los triglicéridos son los lípidos principales constituyendo el 98 % de la grasa láctea (Varnam y Sutherland, 1995) En el Cuadro 4 se muestra la composición de la grasa de la leche.

Cuadro 4 Composición Porcentual de la Grasa de la Leche.

Lípido	% en peso
Triglicéridos	97-98
<i>Diglicéridos</i>	<i>0.3 - 0.6</i>
<i>Monoglicéridos</i>	<i>0.02 –0.04</i>
<i>Acido grasos libres</i>	<i>0.1 – 0.4</i>
<i>Esteroles libres</i>	<i>0.2 – 0.4</i>
<i>Ésteres de esteroles</i>	<i>Solo trazas</i>
<i>Fosfolípidos</i>	<i>0.1 – 1.0</i>
<i>Hidrocarburos</i>	<i>Solo trazas</i>

Fuente: Varnam y Sutherland, (1995).

Como se muestra en el Cuadro 4, además de triglicéridos, existen pequeñas cantidades de di- y monoglicéridos, ácidos grasos libres así como también cantidades menores de fosfolípidos, colesterol, ésteres de colesterol y cerebrosidos constituyendo en suma el 2 % restante. Las propiedades que posean los glicéridos, serán determinadas por el origen de los ácidos grasos y la cantidad relativa de cada uno de los ácidos grasos que contienen. Alrededor del 50% de los ácidos grasos componentes de los triglicéridos son de cadena corta (C4 – C14) y el restante 50% es de cadena larga (C14 – C20). Los ácidos grasos de cadena corta (C4 – C14) son sintetizados en la glándula mamaria. Los de cadena larga (más de 16C) se originan de la dieta o de la movilización de reservas corporales del animal. Existe un grupo de ácidos grasos de largo de cadena intermedia (C14 a C16), que pueden derivar tanto de la síntesis “de novo” en la glándula mamaria como del transporte sanguíneo de origen de la dieta o depósitos del animal.

En el glóbulo graso, los triglicéridos insaturados se encuentran en la zona más interna probablemente porque son líquidos y de esta forma quedan retenidos por los triglicéridos más sólidos que le continúan en la ubicación de adentro hacia fuera del glóbulo graso. Posteriormente le siguen, los fosfolípidos cuya particularidad es la de ser moléculas hidrófilas y lipófilas, confiriéndoles un papel fundamental en la estabilidad de los glóbulos grasos (Riel,1991). La parte polar de los fosfolípidos se orienta hacia la fase acuosa y el segmento apolar hacia la parte lipídica. En la parte más externa del glóbulo graso se encuentran las lipoproteínas, enzimas xantina oxidasa y fosfatasa alcalina y globulinas con importantes propiedades aglutinantes en el desnatado espontáneo de la leche. Los glóbulos grasos están cargados negativamente lo que también contribuye a la estabilidad del mismo. Dicha carga se debe a la proteína circundante lo que posteriormente permitirá que se junte a las proteínas de la leche quedando ambas en la masa del queso. Aunque se considera que la membrana del glóbulo graso recubre a toda la grasa, puede quedar una parte sin protección o ser rota por diferentes vías, pudiendo ser atacada por las enzimas de la leche o por bacterias nativas produciendo el enranciamiento de la grasa.

2.4.2 Proteínas de la leche.

En la leche se encuentran diferentes tipos de proteínas que se pueden dividir en dos grandes grupos, caseínas y proteínas del lactosuero. Alrededor de 80 % del total de proteínas presentes en la leche está representado por las caseínas α s1, α s2, β y κ . Las caseínas se encuentran en forma exclusiva en la leche y son sintetizadas en la glándula mamaria a partir de aminoácidos libres que arriban desde el torrente sanguíneo, provenientes principalmente de la dieta.

De las proteínas del suero, la β - lactoglobulina y la α -lactoalbúmina constituyen alrededor del 13% de las proteínas totales y también son sintetizadas por la glándula mamaria. Las albúminas y las inmunoglobulinas no superan el 4.5 % de la proteína total, no son sintetizadas en la glándula mamaria sino que pasan como tal desde el plasma sanguíneo (Rearte, 1992.).

El contenido de proteínas de la leche no es tan variable como el de grasa con los cambios en la alimentación, pero sí estará condicionado a las características genéticas del animal. Por causa del polimorfismo genético, existen diferentes genotipos de casi la mayor parte de las proteínas de la leche, las que tienen el potencial de cambiar el comportamiento funcional (Swaisgood, 1992; Ng Kwai Hang, 1992 citados por Dalgleish, 1997).

Las caseínas de la leche, se pueden encontrar en dos estados: aproximadamente 90- 95% del total de las caseínas se encuentran como polímeros en micelas esféricas de tamaño variable entre los 30 a 300 nm de diámetro y el restante 5 a 10% como monómeros o agregados conocidos como caseína soluble.

La estructura teorizada de la micela de caseína más aceptada, indica que la misma está compuesta por un gran número de submicelas formadas por agregados de moléculas de caseína y compuestos inorgánicos. Las caseínas que integran dichas submicelas son α s1, α s2, β y κ siendo la proporción entre ellas aproximadamente la siguiente: α s1: α s2: β : κ $\approx$ 4: 1: 4: 1 (Dalgleish, 1997). Los compuestos inorgánicos que forman parte de la micela (5 %), están representados por 90% de fosfato de calcio y el resto básicamente por citrato y magnesio (Alais, 1985). El fosfato de calcio coloidal actúa como agente cementante, participando junto a las submicelas en la estructura global de las micelas (Lucey y Fox, 1993).

Estas proteínas son heterogéneas diferenciándose unas de otras principalmente por el número de radicales de fosfoserina, la presencia o no de cisteína, la presencia o no de glúcidos, su carácter más o menos hidrofóbico, su mayor o menor sensibilidad frente al calcio y al cuajo, y el contenido de ciertos aminoácidos tales como prolina, treonina y tirosina. El Cuadro 5 muestra en forma resumida estas diferencias las cuales no serán desarrolladas en este trabajo.

Cuadro 5 Características fisicoquímicas de las caseínas de la leche

	<i>as1</i>	<i>as2</i>	<i>b</i>	<i>k</i>
<i>Radicales de aminoácidos*</i>		207	209	169
<i>Peso molecular (Daltons)</i>	199	25000	24000	19000
<i>Radicales de fosfoserina*</i>	7-9	10-13	5	1-2
<i>Radicales de cisteína*</i>	-	2	-	2
<i>Glúcidos</i>	-	-	-	+
<i>Hidrofobicidad (KJ/residuo)</i>	4.9	4.65	5.6	5.1
<i>Sensibilidad al Ca</i>	++	+++	+	-
<i>Sensibilidad a quimosina</i>	+	-	+	+++

* Número por mol.

Brule y Lenoir, (1987), Varnam y Sutherland, (1995).

Como se muestra en el Cuadro 5, éstas proteínas presentan distintas características fisicoquímicas, sin embargo, todas las caseínas tienen en común la sustitución de algunas unidades serina con un grupo fosfato para formar fosfoserina. La presencia de radicales de fosfoserina en la caseína le confiere la capacidad de fijar calcio, siendo el transporte del mismo uno de los principales cometidos de dicha proteína en la naturaleza (serina-Ca₉(P₀₄)₆-serina). Así mismo, los residuos de fosfoserina, no se disponen aleatoriamente en la cadena peptídica sino que se concentran en grupos y son responsables de la existencia de áreas hidrofílicas de fuerte carga negativa. El grado de fosforilación y la hidrofobicidad que presentan las caseínas individuales, es en gran parte lo que explica la interacción que existe entre ellas y el fosfato de calcio para formar las micelas de caseína. Las submicelas teorizadas que conforman la micela, no tienen una estructura uniforme sino que, se organizan de forma tal que el interior de las mismas es de naturaleza hidrofóbica, formado por las regiones apolares de las caseínas, y la superficie es de naturaleza polar, altamente cargada con los residuos de fosfoserina de las caseínas α s1, α s2 y β por un lado y por el otro con el radical COOH terminal de la caseína - κ (Brule y Lenoir, 1990). A su vez, las submicelas que presentan κ - caseína se ubican en la periferia de la micela, mientras que las submicelas con poca o carencia de caseína- κ se encuentran en el interior de la micela. Esta disposición que presenta la κ -caseína recubriendo la superficie micelar comparable a una “capa pilosa”, en donde, cada “pelo” está representando al extremo COOH terminal de dicha caseína, es para muchos autores responsable de la estabilidad de la estructura micelar. Es decir, la carga negativa del extremo hidrofílico de caseína - κ atrae (por efecto de cargas opuestas) a los grupos polares positivos (H⁺) de la molécula de agua fijándola en su superficie lo que le da protección y estabilidad a las micelas disminuyendo las fuerzas de cohesión y por lo tanto la probabilidad de que se agrupen. La proporción de agua ligada a las micelas varía entre 3 a 4 g/g de proteína lo que resulta de gran importancia en la definición del rendimiento quesero logrado. Además

del grado de hidratación, en la estabilidad de las micelas también interviene su potencial electrostático. Las micelas de caseína presentan una carga negativa neta igual a - 20 milivoltios (potencial Z) lo que le da estabilidad frente al ambiente iónico de la leche. Este potencial zeta se explica por la predominancia de los grupos ácidos sobre los aminos a pH normal de la leche (pH=6.6), la repulsión electrostática que existe entre las micelas de caseína es lo que les permite que se mantengan en dispersión a pesar de existir alta densidad de micelas y poca distancia entre ellas.

Son varios los factores que pueden desestabilizar a la estructura micelar, por una parte existen factores intrínsecos a la composición de la leche como: composición salina de la fase acuosa (concentración de iones H^+ , Ca^{++} , citrato, fosfato), composición de la propia micela en términos de proporción relativa de las distintas caseínas (especialmente de κ -caseína) y contenido de fosfato de calcio (Brule y Lenoir,1990), y por la otra factores externos o inductores de la coagulación como: acidificación de la leche con agregado de ácido o por bacterias, adición de cloruro cálcico o por enzimas proteolíticas (cuajo). La forma en que se altera la estabilidad de la micela de caseína determina características de la cuajada diferentes, siendo éste el paso fundamental para obtener los diferentes quesos.

Las proteínas del lactosuero representan aproximadamente el 20% del total de proteínas de la leche. Son altamente estructuradas y por lo tanto, son susceptibles de ser desnaturalizadas. Estas proteínas no quedan retenidas en los quesos normales ya que no coagulan por acción del cuajo (Riel, 1991). Se pierden con el suero luego de formada la cuajada.

2.4.3 Carbohidratos de la leche.

La **lactosa** es el principal hidrato de carbono de la leche. Se trata de un disacárido formado por glucosa y galactosa. Se origina a partir de la glucosa que llega por sangre a la glándula mamaria. Es el principal componente osmótico de la leche, por lo que regula la cantidad de agua que ingresa a la glándula mamaria y por lo tanto el volumen de leche. La proporción de lactosa en la leche es poco fluctuante, oscilando en promedio entre 4.2 – 5 %. La fermentación de dicho azúcar por acción de bacterias ácido lácticas, produce acidificación de la leche hasta un pH tal (punto isoeléctrico) en que la carga neta de las micelas de caseínas se hace nula por lo que las micelas dejan de repelerse y floculan. Esta forma de coagulación es lenta y progresiva, se utiliza para algunos tipos de quesos, en quesos como el Colonia el producto de la fermentación de éste azúcar es lo que da origen a las características organolépticas no a la coagulación.

2.4.4 Minerales de la leche

A pesar de ser cuantitativamente el componente de la leche de menor valor (0.7 – 0.9%), ejercen gran influencia sobre las características de la leche para ser procesada. Los minerales de la leche se encuentran en su mayoría formando sales solubles, pero también forman parte de la estructura micelar. El Cuadro 6 muestra la composición mineral de la leche y su distribución entre la fase soluble y la fase coloidal de la leche.

Cuadro 6 Distribución de los minerales de la leche (%) entre la fase coloidal y la solución

	Fase soluble	Fase coloidal
Calcio total	33	67
<i>Calcio ionizado</i>	100	0
<i>Cloruro</i>	100	0
<i>Citrato</i>	94	6
<i>Magnesio</i>	67	33
Fósforo total	45	55
<i>Fósforo (inorgánico)</i>	54	46
<i>Potasio</i>	93	7
<i>Sodio</i>	94	6

Fuente: Varnam y Sutherland (1995)

El Cuadro 6 muestra claramente que la mayoría de los minerales de la leche se encuentran en la disolución molecular o iónica y en menor proporción en la fase coloidal. Los minerales sodio, potasio y los cloruros junto con la lactosa son responsables de mantener el equilibrio osmótico de la leche. Los más importantes desde el punto de vista tecnológico son calcio, fósforo, magnesio y citrato dado que ellos son en parte responsables del mantenimiento de las micelas de caseínas en su estado original. El 67 % del calcio y el 55% del fósforo como fue anteriormente mencionado, forman parte de la estructura de la micela de caseína, se asocian en presencia de radicales de fosfoserina uniéndose a las submicelas de caseína. Los minerales en la solución de la leche y los de la fase micelar están en estado de equilibrio. Este equilibrio es muy difícil de predecir puesto que depende de muchos factores tales como pH, concentración relativa de las sales, constante de disociación y grado de ionización. Así por ejemplo, si por adición aumenta el Cl_2Ca en la leche, el equilibrio se desplaza hacia la forma coloidal y el Ca en solución pasa a la forma micelar, como consecuencia aumenta el tamaño de la micela. En cambio, si se elimina el calcio soluble por intercambio iónico o por agentes complejantes como el citrato, se reduce el tamaño de la micela lo que brinda mayor estabilidad a la estructura (Riel, 1995). La cantidad de minerales que son retenidos en la cuajada depende del tipo de coagulación (ácida,

enzimática o mixta) con la que se coagula la leche. Los principales factores que afectan la desmineralización de la cuajada son según Lucey y Fox, (1993): 1) la preacidificación de la leche que altera el equilibrio entre la fase coloidal y soluble. En esta situación el Ca y PO_4 insoluble (coloidal) pasan a formas solubles que son removidas de las partículas cuajadas durante el transcurso del drenaje de suero. 2) El pH del suero drenado afecta la desmineralización de la cuajada, la cual es mayor cuando el ácido es producido previo al desuerado (Camembert y Cheddar), que cuando el ácido es producido posteriormente (Gouda y Emmental) principalmente porque es relativamente mayor la proporción de suero removido posteriormente de iniciado el desuerado. La reducción de pH desde que el suero sale de la cuajada (desuerado), incrementa la pérdida de minerales. 3) La temperatura de cocción de la cuajada es importante en la desmineralización, cuando las partículas de cuajada son calentadas rápidamente a temperaturas altas (52°C para Emmental) las partículas encogen rápidamente expulsando la fase acuosa y consecuentemente las formas solubles de Ca y PO_4 . Sin embargo, las partículas de cuajada que son calentadas a temperaturas menores hacen la sinéresis lenta en un periodo largo facilitando la expulsión de minerales solubles hacia el suero mientras el pH decrece. Esta última situación, es lo que se asemeja más a lo que ocurre en el queso Colonia (coagulación enzimática), en este queso la cantidad de minerales retenidos en la cuajada seguramente es mayor que en un queso de coagulación ácida.

La concentración de **urea** en la leche está correlacionada con la concentración de urea en sangre que a su vez depende en gran medida de la alimentación. En Uruguay el ganado lechero, tiene como principal componente de la base alimenticia al forraje de alta calidad, que tiene como característica el presentar un alto porcentaje de proteínas de alta degradabilidad ruminal (Chilibroste, P.1998 a). Esto determina que muchas veces ocurra un desbalance en términos de energía y nitrógeno para los microorganismos del rumen acumulándose grandes cantidades de amoníaco el cual es tóxico para el animal. El amoníaco es transformado en el hígado a urea la que pasa a la sangre para luego ser eliminado del organismo por la orina o la leche, o volver al rumen por reciclaje. Esto explica porque la concentración en sangre determina la concentración de urea en la leche. La urea cumple un papel importante en la estabilización micelar frente al tratamiento térmico.

2.4.5 Enzimas de la leche.

En estado natural la leche contiene un gran número de enzimas. Estas enzimas, pueden afectar el aroma, sabor y estabilidad de la leche. A continuación se mencionan solamente las enzimas más importantes:

2.4.5.1 Enzimas Hidrolíticas

2.4.5.1.1 Proteasas

La plasmina es la principal proteinasa de la leche. Su concentración varía con la etapa de lactación y la sanidad de los animales. Al comienzo y al final de la etapa de lactación la concentración de esta enzima en la leche es máxima, al igual que en aquellos animales con mastitis. Las células somáticas contienen un plasminogeno que estimula la actividad de la plasmina. Esta enzima, degrada especialmente a la β -caseína produciendo, γ -caseína y proteasa peptona. Como consecuencia, se pierde rendimiento quesero en las leches proveniente de animales con alta concentración de plasmina. Según Lucey y Kelly, (1994), dicha disminución de la recuperación de grasa y proteína en queso (rendimiento) de leche de vacas individuales ocurre cuando el RCS es mayor a 100000 cel / ml. La plasmina posee su máxima actividad a pH = 8 y es estable en el intervalo de pH = 5 a 9. Presenta alta termorresistencia, conservando el 20% de su actividad luego de un tratamiento a 70°C por 10m (Choisy et al,1990).

2.4.5.1.2 Lipasas

La lipasa lipoproteíca es la principal enzima lipolítica de la leche recién ordeñada, encontrándose en altas cantidades. En su estado nativo, se encuentra asociada a la micela de caseína al igual que la plasmina. Hacia el final de la lactación se adsorben a la superficie de los glóbulos grasos lo que sumado al menor tamaño que los mismos presentan en esta etapa, hacen a la leche más sensible a la lipólisis. Generalmente, la lipólisis de los triglicéridos ocurre con baja frecuencia dado que son protegidos por la membrana del glóbulo graso. Sin embargo, puede ocurrir lipólisis espontanea (por constituyentes provenientes de la sangre, Mastitis o fin de lactación) aumentando los ácidos graso libres que se asocian a los aromas y sabores a rancios y jabonosos (Varnam y Shuterland, 1995). La lipasa lipoproteíca es sensible a agentes oxidantes (luz, peróxido de hidrógeno, cobre), presenta su máxima actividad entre pH 8.5 a 9.0, con máxima estabilidad entre pH 6.0 a 8.0. Su temperatura óptima de acción es de 35 a 40°C y se inactiva por pasteurización (Riel,1991).

2.4.5.1.3 Fosfatasas

En la leche se encuentran dos tipos de fosfatasas, una alcalina, activa a pH = 9 a 10, y otra ácida activa a pH = 4, siendo la más importante la fosfatasa alcalina. Ambas, catalizan la hidrólisis de los ésteres glicerofosfóricos. La fosfatasa alcalina se inactiva casi completamente a temperaturas de pasteurización pero no a temperaturas de sub -

pasterización por esto se utiliza como indicador en la industria de un tratamiento térmico adecuado. La fosfatasa ácida es responsable de la desfosforilación de la caseína lo que conduce a aumentar el punto isoelectrico. A diferencia de la alcalina es termoestable.

2.4.5.2 Oxidorreductasas

2.4.5.2.1 Lactoperoxidasa

Esta enzima, se encuentra en elevadas concentraciones en la leche. Es responsable de catalizar la oxidación de ácidos grasos insaturados con la aparición de sabores de oxidación (Varnam y Shuterland, 1995). Pero su acción más destacada es la de formar parte del sistema lactoperoxidasa que tiene efectos antimicrobianos. En dicho sistema, la lactoperoxidasa cataliza la oxidación del tiocianato con la formación de sustancias antimicrobianas que provoca la inhibición reversible de bacteria Gram + (*Lactococcus* y *Lactobacillus*) e irreversible de Gram – (entre las que se encuentran *E-coli* , *Pseudomonas spp* y *Salmonella*).

2.4.5.2.2 Xantina Oxidasa

La leche es rica en esta enzima que interviene en diferentes reacciones de oxidorreducción. La más importante es la oxidación de la xantina a ácido úrico con producción de agua oxigenada. Esta agua oxigenada es el sustrato que requiere la Lactoperoxidasa para obtener la sustancia activa que inhibe a los microorganismos, el hipotiocianato (OSCN-). Al igual que la fosfatasa alcalina está asociada a la grasa de la leche. Esta enzima puede causar sabores indeseables catalizando oxidaciones no específicas, pero en la mayoría de los casos no parece tener importancia (Varnam y Shuterland, 1995). Es más resistente que la fosfatasa alcalina al calor requiriendo para su inactivación 75°C por 20 minutos. El pH óptimo para su actividad es entre 6 y 9.

2.5 VARIACIONES EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Diferentes factores pueden actuar sobre la producción y composición de la materia prima utilizada en la producción de quesos.

2.5.1 Factores Genéticos

Es conocida la variación en la composición de la leche que existe entre las distintas razas, particularmente en el contenido de grasa y de proteína. Al mismo tiempo, en cada raza existen diferentes poblaciones con variantes genéticas específicas cuyos efectos en la elaboración de productos lácteos y en la salud humana son actualmente de importancia.

2.5.2 Estado de lactancia

El incremento de la producción de leche ya sea asociado con la raza, individuo dentro de la raza, o etapa de lactancia, es acompañada por una disminución en la producción de grasa, proteína y sólidos totales. Después del parto, el contenido de proteína en la leche disminuye rápidamente, en especial el de globulinas y proteasas, pero también disminuyen las caseínas (Oldham y Sutton, 1983). La tendencia general desde ese momento hacia delante, es a aumentar hasta un máximo el contenido de lactosa (pico de máximo de producción leche), y a la disminución a un mínimo en el contenido de proteínas, grasa y sólidos totales. A medida que avanza la lactación, tanto los niveles de grasa como de proteína aumentan lentamente. Sus valores máximos tienden a alcanzarse al final del periodo de lactación. La lactosa por su parte no varía mucho luego del máximo al comienzo de la lactancia, pero alcanza el mínimo valor al final del periodo. En la mayoría de las queserías artesanales, esto implica variación en la composición de la leche que llega diariamente a la tina de elaboración y por lo tanto en la composición del producto obtenido, según el porcentaje de vacas en cada etapa de lactación que predomine sobre el total de animales en ordeño. Para lograr tanto cantidad como consistencia del queso, se puede nivelar la leche hasta la concentración de grasa y caseína requerida por tipo de queso, aspectos que constituyen la estandarización de la materia prima que no es manejada al nivel de la quesería artesanal.

2.5.3 Número de lactancia

Es reconocido que las vacas más viejas producen leche con menor contenido de grasa y sólidos totales. Se reportan disminuciones de 0.2 y 0.4% para grasa y sólidos totales respectivamente, entre la primera y quinta lactancia (Bath et.al,1991).

2.5.4 Sanidad

Existen muchas enfermedades que afectan adversamente la producción de leche, pudiendo llegar a afectar también su composición (ejemplos, Cetosis; trastornos digestivos; enfermedades puerperales; etc.). Pero sin lugar a dudas, la enfermedad más importante desde el punto de vista económico a escala mundial es la mastitis. Según Politis y NG-Kwai-Hang (1988), es la mastitis, principalmente, incrementa la permeabilidad del epitelio mamario y el pasaje de diferentes componentes desde la sangre a la ubre, resultando en un incremento en la cantidad de células somáticas (RCS) y en la alteración de la composición de leche. Un elevado RCS está asociado con bajo contenido de grasa y caseínas, principales componentes del rendimiento quesero. La reducción en la recuperación de grasa y proteína es debida probablemente a una pobre aptitud de la leche para ser coagulada por el cuajo o a un aumento de la proteólisis y lipólisis que se produce con el incremento de la cantidad de células somáticas (Lucey y Kelly,1994). La leche mastítica, presenta un ambiente menos propicio para la multiplicación de las bacterias lácticas y en consecuencia se produce menos ácido láctico. En Uruguay, en el ámbito industrial, uno de los parámetros indicadores de calidad de leche es el recuento de células somáticas. El trabajo presentado por Giannechini et al (2002), revela que para Uruguay la incidencia anual de mastitis clínica es baja con respecto a la mayoría de los países desarrollados (para Uruguay se reporta un 14.4% de incidencia), pero alto RCS en tanque (458000 células/ml). Esto estaría evidenciando la existencia de un alto porcentaje de mastitis sub- clínica. Según Cunningham(2000), “en la medida en que la calidad de la leche cruda aumenta y en que aumente también la calidad de los quesos y la eficiencia de los procesos de quesería, es natural que aumente también el valor monetario del queso y como consecuencia natural el de la leche fluida para fabricarlo.”

2.5.5 Manejo del ordeño

El intervalo entre ordeños, es importante en determinar el rendimiento en leche obtenido puesto que estimula el mantenimiento de una adecuada síntesis de leche y la composición. Si el intervalo entre ordeños es largo, se produce mayor cantidad de leche pero con menor contenido de grasa; por el contrario si el intervalo entre ordeños es corto se producen menos litros de leche pero rica en grasa. La leche de la mañana por lo general es un poco menos rica en grasa que la del ordeño de la tarde en parte por la mayor duración del intervalo entre los ordeños.

La correcta higiene y desinfección del equipo de ordeño así como, el ajuste cuidadoso de la rutina de ordeño en su conjunto, es determinante de la calidad y cantidad de la materia prima que llega a la tina de elaboración. En aquellas queserías artesanales donde la leche no recibe ningún tratamiento térmico previo a la elaboración, lo anterior cobra mayor importancia.

2.5.6 Manejo de la alimentación

Existen numerosos factores relacionados con la alimentación, que modifican la producción y composición de la leche. En líneas generales se puede agrupar a dichos factores en dos grandes grupos, cantidad de alimento suministrado y composición del alimento disponible. En Uruguay donde el forraje aporta más del 70% de la dieta de los animales, el manejo del pastoreo, se presenta como la vía tecnológica de mayor potencial para lograr cambios en la cantidad y calidad de la leche sin que se modifique sustancialmente los costos de producción (Chilibroste, 1998 a). En el Cuadro 7 se puede observar que los valores de % de grasa y % de proteína varían con la estación del año. Esto está explicado mayormente por la diferencia en la calidad y cantidad de alimento que reciben los animales del rodeo.

Cuadro 7 Variación estacional de % de Proteína y Grasa de la leche.

	% <i>Proteína</i>	% <i>Grasa</i>
<i>Otoño</i>	3.28	3.61
<i>Invierno</i>	3.30	3.47
<i>Primavera</i>	3.27	3.37
<i>Verano</i>	3.06	3.54

Fuente: PARMALAT (com.per.).

2.6 RENDIMIENTO QUESERO

2.6.1 Fórmulas teóricas y empíricas.

El rendimiento quesero es definido por varios autores como la expresión matemática de la cantidad de queso obtenido a partir de una determinada cantidad de leche. También es común el uso de otras formas de expresión que indican la proporción de un determinado componente de la leche, o grupos de componentes, que son retenidos en el queso, ya sea proteína, caseínas, materia grasa, extracto seco sin grasa (Vandeweghe,1990). Sin embargo, Cunninghamham (2000) sostiene que estas definiciones sencillas, son incompletas, puesto que no toman en cuenta el potencial de la leche para producir queso, ni la calidad del queso. Además, aquellas fórmulas que refieren a litros de leche (volumen) en lugar de kilogramos (masa), no toman en cuenta que la densidad de la leche cambia con la temperatura. Por su parte el autor presenta un concepto más amplio, el de optimización de rendimiento, en el cual incluye además la cantidad de queso logrado, atributos de calidad de queso y de sustentabilidad de la actividad en el mediano y largo plazo como un todo.

Los tres factores básicos que definen el rendimiento son: i) composición de la leche, especialmente en el contenido de caseína y grasa; ii) contenido final de humedad en el queso; y iii) el grado de recuperación de proteína y grasa en la cuajada según las pérdidas de componentes de la leche en el suero que se producen durante la elaboración del queso (Brito et al,2002).

Desde el punto de vista estrictamente económico pequeñas pérdidas diarias de rendimiento en las queserías, se traducen a la larga, en sumas de dinero importantes que pueden llegar a comprometer la rentabilidad de la actividad. Por esta razón se han desarrollado un gran número de trabajos de investigación con el fin de obtener una fórmula de predeterminación de rendimiento quesero precisa. En forma sencilla, las fórmulas de rendimiento se pueden agrupar en dos clases generales: por un lado están aquellas basadas sobre la composición teórica requerida para el queso, y por otro las que derivan de los rendimientos reales de quesos a partir de leches de composición variada y conocida (Emmons et al, 1990).

En el primer caso, el queso es considerado un sistema de tres fases: grasa, red de paracaseína y fase soluble en agua constituida a su vez por agua y sólidos solubles. Partiendo de este concepto básico, y tomando como origen la fórmula general de rendimiento quesero que se muestra a continuación, se han desarrollado una serie de

fórmulas teóricas que permiten tener una percepción del rendimiento teórico potencialmente logable partiendo de una leche de composición conocida.

$$Y = FK_f + CK_C + C_S + C_{ws} + CM$$

Donde,

Y = Rendimiento

FK_f = Grasa en el queso

CK_C = Complejo de paracaseína y CaH₂PO₄ en queso

C_{ws} = Sales de queso + Sólidos en el suero en el queso

CM = Humedad en queso.

Para poder utilizar las fórmulas teóricas a escala comercial, se necesitan verificar especialmente las constantes de las fórmulas predictivas (*K_f* y *K_c*) bajo dichas condiciones. Generalmente éstas fórmulas son utilizadas para trabajos de investigación siendo una base para expresar los rendimientos reales como proporción del rendimiento teórico, lo que facilita la comparación entre tinas de queso con leche de diferente composición en una investigación. De igual forma, se aplican para conocer cual es la variación que existe entre el rendimiento teórico y el realmente alcanzado, lo que le confiere a la quesería cierto control sobre el proceso de elaboración al dejar en evidencia pérdidas muchas veces evitables pero que no son conocidas. Del mismo modo, los rendimientos teóricos también sirven para ser usados como objetivo de producción alcanzable o meta para los queseros, así como para aplicaciones en múltiples componentes de valoración de la leche (Emmons et al, 1990). Las fórmulas teóricas difieren entre sí por las consideraciones de distribución de sal, sólidos del suero y humedad entre las varias fases del queso ya mencionadas. También difieren en como se considera el aporte relativo que realizan la grasa y la caseína en el rendimiento. Las diferencias que se expresan en cada formulación buscan evidenciar los diferentes procesos que sufren cada tipo de queso.

Las fórmulas que integran el segundo grupo surgen de la experiencia empírica en la elaboración de queso en plantas comerciales, a partir de leches de composición variada, y con procesos controlados para una producción uniforme con procedimientos tan constantes como sean posibles (Emmons et al 1990). Se han definido mayoritariamente para queso Cheddar y se utilizan al nivel de plantas industriales. Se caracterizan por ser más ajustadas en predecir el rendimiento que las fórmulas teóricas, puesto que son originadas a partir del análisis de datos reales de plantas comerciales. Las fórmulas teóricas muchas veces tienden a predecir valores de rendimiento menos confiables dado que son realizadas para leche de composición constante y por lo tanto no toman en cuenta todas las posibles variaciones que pueden ocurrir en una planta quesera. Al usar fórmulas teóricas para predecir el rendimiento se puede incurrir en

errores propios del análisis y sumados a los de la propia elaboración del queso al momento del experimento.

La fórmula más simple y ampliamente utilizada es la desarrollada en 1894 por Van Slyke, basada en dos años de estudio de 48 industrias de queso Cheddar en Estados Unidos. Es la fórmula que da origen a la mayoría de los trabajos en el tema, y se incluye dentro del primer grupo de fórmulas teóricas anteriormente mencionado:

$$R = [(0.93F + C - 0.1) * (1.09 / 100 - W)] * 100$$

Donde,

R = rendimiento

F = % de grasa en la leche

C = % de caseína en la leche

W = % de humedad en el queso

1.09 = constante para la adición de sal y sólidos del suero

Van Slike asume que alrededor del 7% de la grasa original de la leche, y el 0.1% de la caseína, se pierden en el suero durante la elaboración del queso Cheddar. Dicho de otra forma, el 93% de la grasa original de la leche y el 99,9% de caseína son retenidos en este tipo de queso (Lucey y Kelly, 1994). Esta expresión, presenta defectos y fue muy criticada por varios autores ya que fue derivada de datos donde la proteína era estimada a partir de $N * 6.25$ en lugar de 6.38, por lo que, según Emmons et al (1990), es probable que sobrestime el rendimiento en 2.1%. Así mismo, la sobrestimación del rendimiento se debe en parte a la alta recuperación de grasa (93%) usado en la fórmula, lo cual no es usual lograr comercialmente (Barbano, 1984 y Coggin, 1991 citados por Lucey y Kelly, 1994). La fórmula de Van Slyke ha sido modificada por Emmons et al y adaptada a varios tipos de queso por otros autores.

Existen actualmente desarrolladas varias fórmulas de rendimiento quesero basadas en distintas variedades de queso, en la revisión realizada por Lucey y Kelly (1994), se citan los siguientes quesos: *Camember* y *Saint-Paulin* (Maubois et al, 1970). *Cheddar* (Van Slike, 1984; Mcdowall, 1936; Joost et al, 1967; Lelièvre et al, 1983; Banks et al 1984; Emmonset al 1990; Coggins 1991). *Cottage* (Bender y Tuckey, 1959; Lundstedt, 1957; Nielson 1967; Kristoffersen et al 1974). *Domiat*, (Hamdy y El Koussy, 1979). *Emmental* (Ernstrom et al, 1981). *Gouda* (Posthumus et al, 1964). *Gruyère de Comté*, (Mucquot et al 1963). *Halloumi*, (Economides et al, 1987). *Mozzarella* (Nilson et al 1979; Ernstrom et al, 1981). *Queso Sueco* (Bergman y Joost, 1953). *Tilsit* (Bergman y Joost 1962).

Muchos tipos de quesos aún no cuentan con fórmulas ajustadas. Este es el caso del queso Colonia. De existir una fórmula apropiada sería una herramienta de gran utilidad, para su utilización en la industria. Las fórmulas de rendimiento encierran diferencias en los distintos parámetros tomados para su formulación, y en la forma en que estos se miden. Por otra parte también son específicos de una rutina de elaboración que es controlada, y donde la leche se estandarizada a una relación caseína : grasa determinada. La variación estacional y diaria que presenta la leche por tanto no es un problema. Así, las fórmulas solo podrían ser aplicadas en caso de que se tomen en cuenta todas las condiciones particulares de elaboración de cada tipo de queso particular y para cada composición requerida. En la producción artesanal de queso, y concretamente en la elaboración de queso Colonia, la leche cruda prácticamente no recibe ningún tratamiento previo a la elaboración (normalización, homogenización, etc.) y las rutinas de elaboración tampoco son consistentes. Es por ello que la composición del queso resultante y su rendimiento en peso, está sujeto a una gran variación. Sería incorrecto por tanto aplicar una fórmula de las mencionadas para estimar el rendimiento. Con las características actuales de producción que presenta el queso Colonia artesanal, para cuantificar el rendimiento a través de fórmulas ajustadas se debería contar con una fórmula al menos para cada estación y para cada quesería en particular, lo que sería muy costoso y difícil de implementar. La recuperación de grasa y proteína en queso según Lucey y Kelly (1994), puede ser más útil como indicador de eficiencia del proceso que las fórmulas teóricas.

El rendimiento teórico para el queso Gouda va desde 10,735 a 10,43 Kg/100Kg de leche estandarizada, éste puede ser considerado como patrón para el proceso de comparación por las similitudes en el proceso con la elaboración del queso Colonia. Las fórmulas comerciales de Lolkema y Phostumus dan rendimientos parecidos (10,831 y 10,807Kg/100Kg de leche) a partir de la misma leche y otras condiciones de elaboración (Emmons et al 1990).

2.6.2 Transformación de la materia prima en queso y Factores que afectan el rendimiento

El queso es básicamente, un concentrado de una parte de los componentes sólidos de la leche principalmente grasa y caseínas, que se obtiene separándolos del suero como cuajada. El proceso de transformación de leche a queso implica muchas operaciones distintas, las que se interrelacionan entre sí incluyendo, acidificación, coagulación, sinéresis y deshidratación, moldeado, prensado y salado. En el transcurso de estas operaciones, existen pérdidas de rendimiento algunas de las cuales pueden ser minimizadas con medidas tecnológicas apropiadas.

Es de destacar que la composición de la materia prima es esencial en la definición del rendimiento quesero como un todo, es decir cantidad y calidad de queso logrado. La concentración de grasa y proteína (caseína) en la leche, es determinante del rendimiento quesero logrado. La caseína es más importante que la grasa en determinar el rendimiento quesero puesto que es la caseína la que forma la estructura matriz del queso que retiene la grasa y la humedad. Al ser la caseína, la primera en incrementar el rendimiento, es necesario tratar de incrementar el contenido de esta proteína en la leche, lo que comienza con buenas prácticas de manejo, principalmente en lo que se refiere a mastitis como se menciono anteriormente (Olson,1966) La materia grasa, no participa en la formación del coágulo sino que se encuentra incorporada a la red caseínica en forma inerte. Los glóbulos grasos que son de menor y mediano tamaño, son los que contribuyen efectivamente al rendimiento quesero dado que quedan retenidos en la red proteica formando parte de la cuajada. Los de diámetro mayor se pierden en el suero al coagular la leche, dado que no se incorporan a la cuajada, más bien ascienden a la superficie formando la “nata” que posteriormente se pierde en el desuerado (Dilanjan, 1984). Por lo que, las leche con mayor contenido de grasa, presenta mayores pérdidas de la misma en el suero (Weber1990, Fenelón et al,1999).

El agregado de proteína o crema a la leche (estandarización) hasta obtener la relación caseína / grasa establecida para cada tipo de queso, facilita la elaboración de queso de composición consistente pero no disminuyen las variaciones en el rendimiento (Banks et al 1984; Guilles y Lawrence,1985 citados por Lucey y Kelly ,1994). Las variaciones en el rendimiento quesero de la leche son debidas a las variaciones estacionales que presentan sus componentes mayoritarios, grasa y proteína. Con respecto a las repercusiones de dichas variaciones en el rendimiento Quintanilla y Peña (1991), marcan las siguientes observaciones:

- i) Cuando la relación **Grasa / Proteína permanece constante**, es decir, el contenido de estos componentes varía de la misma forma, **el rendimiento es proporcional a la riqueza de la leche, pero la composición del queso no varía.**
- ii) Cuando solo **varía el contenido de proteínas, el rendimiento es proporcional a dicho contenido, pero la composición del queso no es constante**; el contenido en extracto seco y la relación MG/MS varía en sentido inverso al rendimiento. Si se enriquece la leche en proteínas sin modificar el contenido de grasa, el resultado será un queso más acuoso y menos graso
- iii) Cuando solo **varía el contenido de materia grasa, el rendimiento varía en el mismo sentido** aunque menos que en el punto anterior. La composición del queso varía igualmente, y en el mismo sentido que el rendimiento.

Por otra parte, las micelas de caseínas contienen alrededor de 2 gramos de agua por gramo de caseína, por lo tanto si se incrementa el contenido de humedad del queso también aumenta el rendimiento quesero pero hay que tomar en cuenta que si la

humedad es excesiva la firmeza del queso es menor, la tasa de maduración es mayor y existe mayor propensión al desarrollo de olores y sabores indeseables (Lucey y Kelly,1994). Los principales factores que definen la composición del queso son, la grasa en el extracto seco y la humedad en el contenido de sólidos no grasos, que dependen esencialmente de la relación caseína: grasa.

Del total de proteínas que tiene la leche (total de nitrógeno multiplicado por el factor 6.38), utilizando los métodos clásicos de quesería en la práctica industrial en países como Holanda, Irlanda, Alemania, EEUU, Canadá, Argentina y Uruguay se conocen valores de recuperación de las proteínas entre el 70 y 77 % (Callnan,1991 citado por Cunningham, 2000). En este porcentaje están incluidas las proteínas del lactosuero que quedan retenidas en la humedad del queso. El mismo autor cita datos de IDF(1991), en donde por convención, se acepta que en un proceso 100% eficiente se recuperan en el queso 75% de las proteínas de la leche y el 25% restante quedan en el lactosuero. Para el caso de la grasa, se recuperan entre el 88 y 93%, siendo el último valor el correspondiente a un proceso 100% eficiente, lo que significa que como mínimo se pierde un 7% del total de grasa en el suero. Los datos de retención sugeridos para el queso Gouda, son de 96 a 99% de la grasa de la leche y entre 73 y 76% del total de proteínas (Brito et al, 2002). Emmons et al,(1990), mencionan que si bien el factor más importante en retener humedad y otros componentes no grasos en el queso es la caseína, la grasa extra en el queso puede traer con ella pequeñas pero significativas cantidades de humedad (10 a 20% del peso de grasa). Del total de lactosa que presenta la leche, solo el 5% queda retenido en el queso y contribuye al rendimiento, el restante 95% queda en el suero. En cuanto a los minerales la cantidad que queda retenido en el queso depende del tipo de coagulación pero en términos generales es de alrededor de 50%.

De modo sencillo a continuación se describen los cambios fisicoquímicos más significativos que ocurren en la leche hasta su transformación en queso y las implicancias de cada etapa en el rendimiento logrado. Esto aportará a comprender mejor como se genera el rendimiento quesero dado que gran parte del mismo se compromete en la tina de elaboración.

2.6.2.1 Coagulación de la leche

La formación del gel de caseínas o coagulación de la leche es el primer paso en la fabricación tradicional de cualquier tipo de queso. Esta coagulación se produce por la desestabilización de la solución coloidal de caseínas que origina el agrupamiento de micelas libres y la formación de un gel en que quedan atrapados parte de los componentes de la leche. Para lograr esa desestabilización, existen básicamente dos métodos: coagulación por acidificación (por fermentos o agregado directo de ácido) y coagulación enzimática (por cuajo). Sin embargo, en la elaboración de la mayoría de los

quesos se utiliza una combinación de los métodos anteriores conocida como coagulación mixta. En esta acción conjunta del cuajo y de la acidificación se da un predominio de uno sobre otro según el tipo de queso de que se trate.

La coagulación por acidificación ocurre como consecuencia del descenso de pH de la leche ya sea por el agregado de ácido mineral u orgánico o por maduración de la leche con fermentos lácticos. Mientras que, con el agregado de ácido se acidifica el medio bruscamente, con los fermentos se provoca una acidificación progresiva. El descenso de pH reduce la carga superficial negativa de las micelas progresivamente hasta su neutralización. La leche tiene un alto poder buffer, por lo tanto se requiere el agregado o formación de ácido (ion H^+) en exceso para alcanzar el punto isoelectrico (pH = 4,6) de la caseína. Como consecuencia de la pérdida de la carga eléctrica, a pH = 5.2 (20 °C), la solución coloidal se torna inestable y las micelas comienzan a “aglomerarse” hasta coagular completamente a pH = 4.6. Al mismo tiempo, la acidez del medio aumenta la solubilidad del fosfato de calcio coloidal pasando gradualmente a la solución. Como resultado final se obtiene una cuajada ácida parcialmente desmineralizada, lo que facilita la expulsión del lactosuero (Dumais et al,1991). Existe una gran influencia de la temperatura en la capacidad de las proteínas de coagular en medio ácido. Según Brule y Lenoir,(1990) si la temperatura es superior a 20 °C, se requiere menos acidificación del medio para desestabilizar la micela. A 20°C la acidez que corresponde al punto isoelectrico (pH = 4.6) es cercana a 54 ° Dornic, en cambio a 40 °C es cercana a 40 ° Dornic (pH = 5.2). La cuajada que se obtiene por acidificación, si bien presenta cierta consistencia se caracteriza por ser porosa, friable y poco contráctil características que dificultan su endurecimiento, sobre todo moldeado. Esta técnica se utiliza típicamente para elaborar quesos frescos como el Cottage.

La coagulación enzimática involucra el agregado de enzimas (cuajo) a temperatura de 30 – 35°C. Este proceso se divide normalmente en dos fases: la fase primaria o de hidrólisis enzimática y la fase secundaria o de coagulación

En la fase enzimática, la K- caseína es hidrolizada por el cuajo (quimosina) en la unión específica de los aminoácidos Phe₁₀₅ – Met₁₀₆ rindiendo dos péptidos con marcadas diferencias en sus propiedades. Por una parte, el segmento correspondiente a los residuos 1 a 105, formando la κ -paracaseína y por otra el segmento que corresponde a los residuos 106 a 169 originando el caseinomacropéptido. Como fue mencionado anteriormente, segmento 106 a 169 de la κ - caseína es hidrofílico y soluble, por lo tanto tras la hidrólisis, difunde fuera desde la micela hacia el suero, mientras que el segmento 1 a 105 (paracaseína) es altamente hidrofóbico permaneciendo unido a la micela con las caseínas α_s y β ahora sin protección frente al calcio. Esta pérdida del fragmento soluble es inevitable y constituye cerca del 4% del total de proteínas caseínas. Esta primera etapa enzimática de la coagulación es independiente del Ca. No obstante, Lucey y Fox

en 1993, mencionan que la adición de Ca reduce el pH de la leche por intercambio de Ca^{+2} por H^{+} el cual indirectamente incrementa la velocidad de ésta reacción.

Según Brule y Lenoir (1990), en fase de coagulación, la agregación no comienza hasta que el 85 – 90% de la k- caseína ha sido hidrolizada. La progresiva pérdida de caseinomacropéptido de k-caseína hacia el suero, durante la primera etapa altera las propiedades de la micela, disminuyendo su carga negativa superficial o potencial Z (pasa de -20 mv a -10 mv). La pérdida de carga superficial y por lo tanto del grado de hidratación es lo que conduce a que las micelas dejen de repelerse aumentando la susceptibilidad a la agregación. Lucey y Fox (1993), mencionan que dicha reducción de potencial es del orden de 40%. No hay 100% de “sitios activos” o puntos de agregación por los cuales se unen las paracaseínas (micela modificada), ni tampoco se distribuyen uniformemente en su superficie, sino que están localizados en determinadas áreas lo que explica que el gel formado no sea denso sino más bien un retículo poroso capaz de atrapar a parte de la fase acuosa y a la grasa. Las paracaseínas pueden unirse por enlaces disulfuro, enlaces hidrofóbicos entre los restos de caseína - κ , enlaces salinos, Ca y fosfato de calcio, por las caseínas α s y β las cuales perdieron su protección frente al calcio, todas hipótesis aún no muy claras.

Los factores principales que condicionan la coagulación por cuajo se asocian al tipo de enzimas coagulantes utilizada, la temperatura y acidez a la que actúan.

Las enzimas coagulantes , utilizadas pueden ser de origen **animal** (cuajo natural, pepsina porcina, pancreatina, etc), **vegetal** (cardos, ananá, higos), **microbiano** (mohos del genero Mucor) y quimosina **recombinante** (Kluyveromyces láctis modificado genéticamente) u otros. La importancia del origen las enzimas utilizadas para coagular la leche radica en que cada una tiene propiedades diferentes y por lo tanto no se comportan igual según las condiciones de temperatura y pH del medio. Es necesario conocer bien dichas particularidades a la hora de utilizarlas en la elaboración de queso para evitar pérdidas de rendimiento quesero por baja coagulación o por alta actividad proteolíticas. Por otro lado, es fundamental conocer la dosis utilizada según el cuajo del que se trate. Es bien conocido que el tiempo de coagulación es inversamente proporcional a la cantidad de enzima. De esta manera para cada tipo de cuajo comercial se define la capacidad coagulante o “fuerza de cuajo” que se expresa como la relación entre el volumen de leche coagulada por una unidad de volumen de cuajo en 40 minutos a 35°C . En las mismas condiciones la cantidad de cuajo añadido influye proporcionalmente sobre la velocidad de coagulación y firmeza de la cuajada (Dumais et al, 1991). El agregado del cuajo no se hace directamente a la tina, sino que previamente es diluido en agua. La calidad del agua utilizada para ello es importante puesto que puede inactivar al cuajo en el caso de que sea clorada o contaminar el queso si la carga microbiológica es alta. La dilución se hace para asegurar una buena distribución del cuajo en todo el volumen de leche a procesar. Si esta dilución no se hace en el volumen correcto, o no se

mezcla bien en la tina de quesería, la cuajada quedara con firmeza desigual en distintas regiones de la tina y esto también promueve la formación innecesaria de “finos” de cuajada durante el corte, que disminuye el rendimiento en queso (Cunningham,2000).

La coagulación de la leche también es dependiente de la temperatura a la que se agregue el cuajo. Las condiciones optimas de temperatura para la acción del cuajo son entre 40 y 42°C, mientras que a bajas temperaturas (inferiores a 10°C) así como a altas (superiores a 65°C) la coagulación no ocurre puesto que la enzima está inactiva. Si bien la temperatura tiene un efecto global sobre toda la coagulación, la influencia es mucho más importante sobre la fase secundaria o de agregación que sobre la primaria o enzimática. La fase primaria de hidrólisis de la κ -caseína se produce incluso a temperaturas inferiores a 10°C sin que ocurra agregación propiamente dicha (Brule y Lenoir,1991).

El pH influye sobre la velocidad de coagulación y sobre la consistencia de la cuajada. A medida que desciende el pH por debajo del valor normal de la leche (aprox.pH=6.6), el tiempo de coagulación es menor y el gel se torna más duro. Esto es porque la acidificación de la leche aumenta la actividad de los iones Ca que pasan desde la micela de caseína a la solución desestabilizando la estructura micelar, y en consecuencia dan lugar a la formación de una nueva estructura, la cuajada.

El pH óptimo para la actividad del cuajo sobre la κ - caseína es 5.5. Al pasar de pH 6.7 a 5.6 el tiempo de coagulación pasa se reduce 7 veces y la velocidad de la reacción secundaria se multiplica por un factor 30. A partir de $\text{pH} \leq 6$ comienza a evidenciarse los efectos de la desmineralización y de la desagregación de las micelas (Brule y Lenoir, 1990). Normalmente, el tiempo de coagulación para los quesos semiduros va de 20 a 40 minutos. Si la coagulación ocurre muy rápido la cuajada se endurece y se contrae modificando las características texturales del queso. Es de primordial importancia, coagular la leche en condiciones optimas de temperatura y pH para poder controlar su velocidad y no afectar las características del queso.

La concentración del ion calcio agregado también afecta la coagulación de la leche. La fase enzimática es independiente del calcio como ya fue mencionado, pero la etapa de agregación depende del calcio. Cuando el contenido de calcio en la leche es bajo, la coagulación es lenta y se obtiene una cuajada muy blanda. La adición de Ca (como cloruro de calcio) acelera el proceso de agregación y la firmeza de gel formado, siempre que la concentración no supere los 10nm (equivalente a 40gr de Ca/100L de leche). Esto se debe a que el ion Ca neutraliza la carga negativa de las micelas de caseínas por lo que disminuye la repulsión entre ellas aumentando la agregación (Lucey y Fox,1993). El agregado de CaCl_2 es particularmente importante en la leche que es pasteurizada previo a la elaboración del queso, puesto que durante dicho proceso existe naturalmente descalcificación parcial de las caseínas. La ausencia de CaCl_2 en dichas

circunstancias, hace que muchas veces la cuajada tenga poca firmeza mecánica y entonces, al cortarla, se generan cantidades innecesarias de “finos” de cuajada que se depositan en el fondo de la tina de quesería y se van con el lactosuero en lugar de contribuir al rendimiento de queso (Cunningham, 2000).

En el queso Colonia, el cuajo o sustituto, es responsable de la formación del coágulo, ya que el ácido formado en ese momento por los fermentos lácticos no es suficiente para originar la formación del gel. No obstante, la coagulación y por tanto la formación de la cuajada, puede verse favorecida por el agregado de ácido láctico y cloruro de calcio que se utilizan comúnmente en las queserías en estudio.

2.6.2.2 Corte, desuerado y agitación de la cuajada.

Una vez que se formó el coágulo, el proceso inicia la fase de eliminación de agua (sinéresis) y concentración de sólidos. El proceso de sinéresis en quesos de coagulación enzimática, ocurre espontánea y progresivamente una vez que se deja en reposo al coágulo hasta que finalmente el lactosuero lo cubre totalmente en la tina (Weber,1990). El proceso de sinéresis junto con el de retirar el lactosuero es lo que se conoce como desuerado. Según Lucey y Kelly (1994), en esta etapa de deshidratación la grasa y la caseína se concentran por un factor aproximado a 10 veces dependiendo del contenido de humedad del queso. El lactosuero expulsado contiene básicamente la mayor parte de la lactosa, las proteínas no coagulables y una proporción variable de minerales que dependen del tipo de coagulación predominante. La mayor o menor cantidad de suero que queda retenido en la matriz proteica es lo que determina muchas de las características del queso como: firmeza, textura, velocidad e intensidad de la maduración etc (Dumais et al,1991). Por otro lado, la cantidad de lactosa que permanece en la cuajada es lo que define la acidez. Al mismo tiempo dicha acidez condiciona la desmineralización, e influye sobre la maduración y características del queso (Weber,1990). Lo anteriormente mencionado reafirma la gran importancia de esta etapa del proceso de elaboración de queso, además, controlando este punto, se regula el contenido de humedad y el extracto seco que distinguirá a los distintos tipos de queso.

En la práctica el control de la humedad se realiza por el tamaño y uniformidad del corte de la cuajada, la agitación y el calentamiento gradual de la mezcla de cuajada y lactosuero (Cunningham, 2000). El éxito de la elaboración de queso depende fundamentalmente de la determinación del *momento correcto de corte y del tamaño de “grano”* adecuado, así como también, del momento en que deben realizarse las otras operaciones (agitación, cocción, prensado). La cuajada del queso Colonia es fundamentalmente enzimática, por lo tanto durante la coagulación las micelas de caseína conservan parte de su estructura y la cuajada retiene la mayor parte del calcio y del fósforo. A pesar de las fuerzas de contracción, la expulsión del lactosuero es débil y

lenta debido a que éste atraviesa con dificultad la masa del coágulo que es impermeable por el alto contenido en minerales. Para favorecer el desuerado, se corta la cuajada con la lira en trozos del tamaño adecuado según el tipo de queso (en el caso del Colonia “grano de maíz”), con esto se aumenta la superficie de exudación de lactosuero. La definición del momento adecuado de corte es totalmente subjetiva en la producción artesanal de quesos, siendo la experiencia del quesero crucial para evitar pérdidas de rendimiento. La cuajada debe tener una firmeza suficiente y cierta resistencia al corte (lo que corresponde a la “tensión” de la cuajada). Las cuajadas muy blandas se desmenuzan durante el trabajo mecánico con la lira, formándose los “finos” de cuajada que se pierden con el suero. Según Lucey y Kelly (1994), el corte en el momento inadecuado de la cuajada hace disminuir el rendimiento quesero explicado por la pérdida de grasa; contrariamente a lo que sucede con los geles excesivamente firmes donde la ruptura lleva a pérdidas de caseínas. El % de “finos” en suero es variable, pudiendo ser responsable de hasta un 0.5% de pérdida de rendimiento. Las Liras deben ser manipuladas lentamente y estar diseñadas de tal manera que no provoquen la formación de “finos”. Deben tener un bastidor rígido pero no demasiado grueso; de otra manera la arista frontal del bastidor romperá la cuajada a medida que la lira avanza a lo largo y ancho de la tina de quesería (en lugar de cortarla) una y otra vez acumulando pérdidas de rendimiento. Los hilos deben ser de acero inoxidable especial para este uso (finos pero resistentes y con flexibilidad para no romper). Las medidas de las liras deben ser adecuadas al tamaño de la tina de quesería. *Una lira en mal estado es, con mucha frecuencia la principal causa de pérdidas innecesarias de rendimiento.* Si la lira esta en mal estado o mal diseñada es común recuperar menos del 67% de las proteínas y menos del 84% de la grasa es decir se deja de obtener alrededor del 10% de la cantidad de queso que se podría obtener (Cunningham, 2000). Los granos de cuajada deben ser lo más uniformes posibles en tamaño, de lo contrario los más chicos quedan con menor humedad, más elásticos y con menor acidez final, mientras que los más grandes son más blandos y con mayor contenido de suero por lo que presentarán al final mayor acidez. Todo esto, determinará una masa de textura poco uniforme con una desigual distribución de la humedad y de la acidez. Además, cuanto más pequeños los “granos” mayores son las pérdidas en caseína y por lo tanto el rendimiento quesero (Dilanjan, 1985)

Luego del corte la cuajada experimenta un proceso de *agitación*, al comienzo lento que comúnmente se conoce como “cuchareo” ya que se realiza con una pala manual similar a una cuchara. Con esto se evita la aglomeración de los “granos” de cuajada y se acelera su deshidratación. Durante el calentamiento, el agitado es permanente realizándose con el agitador mecánico. Lo importante es no romper los granos de cuajada ya que sino se pierden en el lactosuero y por lo tanto no contribuyen al rendimiento quesero.

2.6.2.3 Desarrollo de acidez y cambios de temperatura en el proceso de cocción.

Las bacterias lácticas en su mayoría, permanecen retenidas en los granos de cuajada. Al aumentar la temperatura por la cocción, aumenta su crecimiento y por tanto su actividad acidificante. Esta acidez desarrollada provoca el descenso de pH lo que determina disminución del agua de hidratación de las micelas. Esto conduce a que queden expuestos los radicales reactivos de las micelas lo que favorece la formación de enlaces secundarios necesarios para la contracción del coágulo. Así mismo, la eliminación de cierto número de enlaces de calcio deja al coágulo más permeable favoreciendo la sinéresis (Weber,1990). A medida que más fosfato de calcio coloidal es solubilizado se modifican las propiedades estructurales de la cuajada, que se traducen en una reducción del desuerado por tratamiento mecánico. El exceso de sales de Ca en la solución enmascara a los grupos activos determinando que no se contraiga la cuajada y por el contrario esta se mantenga altamente hidratada (Alais, 1985) Más allá de los cambios estructurales, el contenido final de Ca y PO_4 en un queso contribuye significativamente al rendimiento. Estos minerales representan cerca de 1.9% de la masa del queso Gouda (Lucey y Fox, 1993), que como ya fue mencionado tiene un proceso de elaboración y composición similar al Colonia.

En algunas queserías, se realiza el control de la acidez en la cuajada, sustituyendo aproximadamente un 25 % del lactosuero por agua a temperatura de 50 a 60 °C, lo que tiene el efecto de calentar la cuajada y de reducir la posterior actividad de los cultivos iniciadores ya que se disminuye la cantidad de lactosa de la cuajada. Como resultado se obtiene una cuajada muy húmeda, con un pH de 5.3 a 5.4 y con un elevado contenido de calcio, que da lugar a una textura elástica en el queso final. (Varnam y Sutherland,1995)

La temperatura de cocción es uno de los factores más importantes a controlar en la elaboración del queso. A medida que se aumenta la temperatura, los granos de cuajada disminuyen el grado de hidratación y se favorece su contracción. Este aumento de temperatura debe ocurrir de forma lenta y progresiva para evitar que los granos de cuajada generen una capa externa dura, lo que impediría la expulsión del lactosuero. Las temperaturas de calentamiento bajas (20°C) conducirán a cuajadas con mayor contenido de humedad y por lo tanto de lactosa que posteriormente será sustrato de las BAL para la producción de ácido láctico durante el comienzo de la maduración. Las temperaturas altas (55°C) por el contrario, conducen a cuajadas secas y duras (generalmente las que se utilizan en quesos suizos de larga maduración como el Gruyère y Emmental). Cada tipo de queso tiene una temperatura de cocción propia para lograr obtener el extracto seco y el pH deseados al final del desuerado. En el queso Colonia, la temperatura al comienzo de la cocción se encuentra entorno a los 32 °C y se eleva hasta una temperatura final variable entre los 42°C a 48°C. Con esto se logra un queso de 36 a 45,9 % de humedad, 54 a 58% de extracto seco y un pH de 5.2 al final del prensado. Las consecuencias de la variación en la temperatura (aumento o disminución) dependen del momento del

desuerado en el que ocurra. Por este motivo es que se debe lograr una buena cinética de desuerado y acidificación según las características del queso que se desea lograr (Weber, 1991). Si el contenido de humedad es menor de lo deseado, el rendimiento será menor y el queso no tendrá las características que el cliente espera. Si el contenido de humedad es mayor de lo deseado tampoco tendrá las características que el cliente espera y por otro lado está propenso a pérdida de calidad. La temperatura no debe ser excesiva de forma tal que elimine a los fermentos lácticos mesófilos que contiene el queso. Durante el calentamiento se continúa con la agitación, lo que contribuye a homogeneizar la distribución del calor en la tina evitando la estratificación de la temperatura. El quesero es el que determina cuando la cuajada está “cocida” generalmente con la mano, aunque en algunos casos puede guiarse por otros factores como tiempo transcurrido desde el agregado de cuajo, temperatura de cocción y desarrollo de acidez.

2.6.2.4 Prensado de la cuajada.

Tiene por finalidad eliminar más suero de la cuajada, compactar la masa uniendo el grano y dar forma al queso. El tiempo y la presión de prensado dependen del tipo de queso que se desea obtener.

3. OBJETIVOS

El trabajo tiene como objetivo central realizar un relevamiento del proceso de elaboración del queso Colonia artesanal para obtener información de los siguientes aspectos:

1. Estudiar la consistencia de la rutina de elaboración, a través del control del proceso en tina con registros de evolución de los parámetros temperatura, pH y acidez en función del tiempo.
2. Estimación de la composición del queso Colonia en cuanto a contenido de proteína (%), grasa (MG/MS y en %) y % de humedad
3. Estimación de la retención de grasa y proteína en el queso Colonia hasta la salida de salmuera como primera aproximación al rendimiento del queso Colonia elaborado artesanalmente.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo fue realizado en los Departamentos de Colonia y San José seleccionando tres queserías artesanales de acuerdo a los siguientes criterios: i) que elaboraran queso Colonia de forma artesanal, ii) Cercanía de una respecto a la otra y buena caminería de acceso para que se facilite el transporte en invierno y por lo tanto no fuera un impedimento para el trabajo, iii) buena disposición de los queseros y de los dueños de las queserías en recibirnos en el lugar de trabajo.

Los datos analíticos incluidos en este trabajo corresponden a muestras de leche cruda, suero, cuajada y queso a la salida de salmuera, recolectadas en un total de 17 visitas a las tres queserías artesanales seleccionadas. Las visitas se realizaron entre los meses de mayo y agosto del año 2002. Cubriendo los diferentes momentos de elaboración (mañana y tarde) de forma de considerar las diferencias en composición química de la leche que se presentan rutinariamente en estas queserías. En el Cuadro 8 se muestran las fechas y momentos de visitas en cada establecimiento.

Cuadro 8 Cronograma de visitas

	<i>Quesería 1</i>	<i>Quesería 2</i>	<i>Quesería 3</i>
Mayo	23 / <i>Mañana</i> 30 / <i>Tarde</i>	27 / <i>Tarde</i> 31/ <i>Mañana</i>	23 / <i>Tarde</i> 30 / <i>Mañana</i>
Junio	13 / <i>Mañana</i>	14 / <i>Mañana</i>	13 / <i>Tarde</i> 28/ <i>Mañana</i>
Julio	5 / <i>Tarde</i> 18 / <i>Mañana</i> 29 / <i>Mañana</i>	5 / <i>Mañana</i> 16 / <i>Tarde</i>	17 / <i>Mañana</i>
Agosto		3/ <i>Tarde</i>	

4.1 RUTINA DE TRABAJO EN LAS QUESERÍAS

En las diferentes visitas realizadas a las queserías bajo estudio se registraron en forma desarrollada los pasos del proceso de elaboración, determinando el momento de realización de cada uno de los pasos del mismo. Esta rutina se iniciaba con el ingreso de la leche a la tina y cada partida de elaboración del queso tenía un seguimiento hasta su salida de la salmuera. Los aditivos utilizados en el proceso, las cantidades y concentraciones de cada uno, y el momento en que se adicionan, así como las acciones realizadas en la tina hasta el momento de la “pesca” y posteriormente hasta la colocación del queso en la prensa fueron registradas en cada visita.

Para la estimación de la retención de sólidos y las pérdidas en el proceso se registraron el volumen de leche en la tina en cada proceso de producción y posteriormente se pesaron los moldes y paños previo al moldeado del queso, y el peso total posteriormente al mismo. Inmediatamente luego de finalizado el proceso de prensado se registro nuevamente el peso total.

En el proceso de elaboración del queso, se cuantificó el desarrollo de la acidez por medio del análisis del pH., de la acidez titulable en función del tiempo y la temperatura. El pH, se midió tanto en la leche como en el suero con un potenciómetro digital directamente sobre las muestras extraídas de la tina. La acidez titulable (° Domic), se evaluó en forma simultánea a la medición de pH retirando muestras de leche o suero.

El Cuadro 9 muestra los tiempos en los que se tomaron las muestras y se efectuó el análisis y registro de valores de acidez, pH y temperatura. En todo momento se tuvo la precaución de que las tomas para análisis fueran representativas de los cambios ocurridos en la tina. Se debe destacar que durante la cocción, las muestras de suero, para titulación con soda (0.1N) y medición de pH, se tomaron cada 10 minutos desde encendido el calentador y hasta el momento de apagado del mismo unos minutos previos a la pesca de la cuajada (secado final del grano).

Cuadro 9 Momentos de análisis y registro

Tiempo 0	Leche pura recién ordeñada.
Tiempo 1	Leche madurada (30min) con fermentos lácticos.
Tiempo 2	Suero al momento de corte de la cuajada.
Tiempo 3	Suero al inicio de cocción
Tiempo 4 Tiempo 5 . . Tiempo n	Suero a los 10 minutos de iniciado la cocción, y en igual intervalo de tiempo hasta fin de cocción.

Donde **tiempo 0** es la leche cruda recién ordeñada, con el mayor volumen de leche en tina antes de agregar el fermento y aditivos. El **tiempo 1** corresponde a la leche con el fermento, un momento antes del agregado de cuajo, habiendo transcurrido en general un tiempo entre 30 y 40 minutos de maduración de dichos fermentos. El **tiempo 2**, refiere al momento de corte de la cuajada y comienzo de la sinéresis. El **tiempo 3** marca el momento en que se enciende el calentador, la diferencia de tiempo entre el tiempo 2 y tiempo 3 corresponde al necesario para la agitación en frío de la cuajada. A los 10 minutos de iniciada la cocción se define el **tiempo 4** y en forma sucesiva se mide a intervalos de 10 minutos de tiempo hasta el momento en que se apagó el calentador.

La información obtenida para pH, acidez, temperatura y tiempo fueron analizados por medio de regresiones, planteadas para observar, la evolución del pH, acidez en °D y temperatura como variables dependientes del tiempo transcurrido del proceso. Estas regresiones se realizaron utilizando el programa estadístico SAS. Para las regresiones, los datos analíticos fueron evaluados por quesería y para el conjunto de datos de las queserías. Las regresiones que se plantearon fueron las siguientes:

$$Y = a + b(x)$$

Donde:

$$Y = \text{pH o } ^\circ\text{D o } T\text{ } ^\circ\text{C}$$

a = valor del intercepto (to).

b = pendiente

Para cada una de las etapas del proceso de producción de queso se obtuvieron muestras de leche, suero cuajada y queso que fueron transportadas al laboratorio de la Facultad de Agronomía para su análisis.

En el laboratorio se realizaron las determinaciones de humedad, cenizas, proteínas por el método de Kjeldahl y contenido de grasa por el método de Gerber. Los resultados fueron procesados para la obtención de medias y desvío estándar.

La estimación de rendimiento y retención de los componentes grasa y proteína se basó en la composición de la leche y el suero obtenido. De este modo se realizó un balance de entradas de grasa y proteínas en el proceso (con la leche) y salidas en el suero. Para esto se asume que la diferencia entre las entradas y salidas es lo que queda potencialmente retenido en el queso. La estimación del volumen de suero se realizó por diferencia entre Kg. de leche procesados y los Kg. de cuajada obtenidos por quesería. Las ecuaciones 1 y 2 fueron las utilizadas para dicho cálculo.

Ecuación 1 % Grasa retenida en queso

$$\% GRQ = ((GL - GS * As) / GL) * 100$$

Donde:

% GRQ = % Grasa Retenida en Queso,

GL = Contenido de Grasa en Leche

GS = Contenido de Grasa en Suero

*As = Contenido de agua en Suero = (100 - (Kg de cuajada/Kg de leche))*100*

Ecuación 2 % Proteína retenida en queso

$$\% PRQ = ((PL - PS * As) / PL) * 100$$

Donde:

% PRQ = % Proteína Retenida en Queso,

PL = Contenido de Proteína en Leche,

PS = Contenido de Proteína en Suero,

*As = Contenido de agua en Suero = (100 - (Kg de cuajada/Kg de leche))*100*

Posteriormente se estimó la eficiencia de retención de sólidos para las tres queserías por medio de la diferencia entre la materia seca de la leche y la del suero. La materia seca del suero se estimó teniendo en cuenta los siguientes supuestos: i) que la leche contiene 4.7% de lactosa y que el 95% del total se pierde en suero, ii) que la leche contiene 0.9% de minerales y que el queso Colonia retiene el 55% de estos al igual que

el queso Gouda. Para el caso particular de la quesería 2, que lava la cuajada retirando un 10% de suero, se asume además de los supuestos anteriores, que en ese retiro de suero en forma proporcional se pierde lactosa y minerales. La diferencia entre la materia seca de la leche y la del suero indica la materia seca que potencialmente queda retenida en el queso. Una vez conocido los sólidos potencialmente retenidos en el queso y conociendo la humedad del queso por quesería se obtuvo el rendimiento en Kg. cada 100L de Leche. Para esto se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 3 % de Materia Seca Potencialmente Retenida en el Queso

$$\% \text{MSPRQ} = ((MS_L - MS_S) / MS_L) * 100$$

Donde:

% MSPRQ = Materia seca potencialmente retenida en queso

MS_L = Materia seca de la leche

MS_S = Materia seca del suero

Ecuación 4 % de Materia Seca Potencialmente Retenida en el Queso

$$RTO = (MS_L - MS_S) * H$$

Donde:

RTO = Kg queso cada 100L leche

MS_L = Materia seca de la leche

MS_S = Materia seca del suero

H = Humedad en el queso

Por último, se estimó la eficiencia relativa en la retención de grasa más proteína respecto a los valores teóricos correspondientes al adoptado por convención por IDF (1991b), para procesos de elaboración industrial, 100% eficiente y en condiciones ajustadas. El cálculo de eficiencia se usó como una guía de comparación entre queserías; para su estimación se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 5 Eficiencia Relativa en la retención de Sólidos

$$Y = [(\% GL * GRQ + \% PL * PRQ) / (\% GL * 0.96 + \% PL * 0.75)] * 100$$

Donde,

Y = Eficiencia relativa en la retención de sólidos

% GRQ = % Grasa Retenida en Queso,

% PRQ = % Proteína Retenida en Queso,

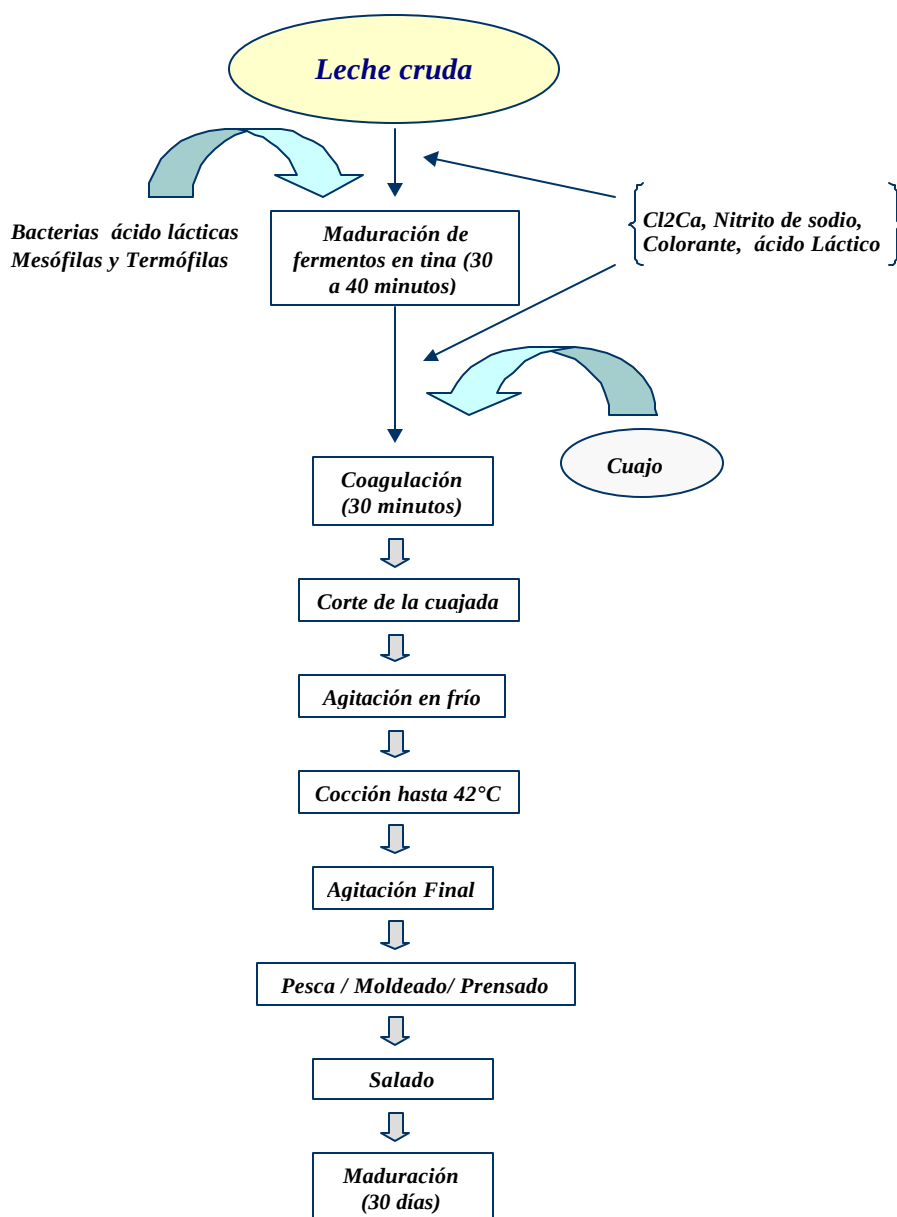
GL = Contenido promedio de Grasa en Leche,

PL = Contenido promedio de Proteína en Leche,

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RUTINA DE LA ELABORACIÓN DEL QUESO COLONIA EN LOS PRODUCTORES ESTUDIADOS.

Figura 1 Diagrama de elaboración del queso Colonia Artesanal.



En la Figura 1 se presenta en forma esquemática los pasos del proceso de elaboración del queso Colonia artesanal. Cada quesería en estudio tiene un sistema de producción láctea particular, lo que determina que la materia prima no sea igual de una quesería a otra en cuanto a composición, no existiendo medidas de estandarización. Las características de cada tipo de queso son el resultado de numerosos factores interdependientes: la composición de la leche, microorganismos (presentes en la leche cruda y añadidos), bioquímicos (deterioro de leche por enzimas microbianas o propias de la leche), fisicoquímicos (temperatura, pH, acidez), químicos (proporción de calcio en la cuajada, agua) y mecánicos (corte de cuajada, agitación). A continuación se describirá brevemente la forma de elaboración del queso Colonia observada en las queserías visitadas marcando las diferencias y similitudes.

5.1.1 Preparación de la leche

La leche utilizada para la elaboración del queso es fresca y llega directamente desde la máquina de ordeño a la tina de elaboración. En todas las queserías se coloca un filtro de papel descartable en el extremo de descarga de la cañería para retener posibles impurezas. La calidad higiénica de la leche en este tipo de queserías dependerá de una correcta rutina de ordeño, aspecto que no fue cuantificado en este trabajo, aunque los registros disponibles por los productores indican bajos conteos promedio. En el caso de las queserías seleccionadas para este trabajo la leche no recibe tratamiento térmico.

5.1.2 Adición de fermentos y aditivos.

La leche se inocula directamente en la tina de 20 a 30 minutos antes de finalizar el ordeño, lo cual asegura que la tina tenga un volumen importante de leche y además se gana tiempo de incubación. En el caso de las queserías números 1 y 3 efectúan esta operación antes del agregado de los aditivos, sin embargo se observó que en la quesería número 2 el fermento es incorporado luego de transcurridos 20 a 40 minutos del agregado de CaCl_2 y sal nítro. En todos los casos se utilizan bacterias ácido lácticas liofilizadas en combinaciones diferentes, las más utilizadas son: **Mesófilas** siendo la mezcla de *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* y bacterias **Termófilas** siendo el *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* el utilizado. La cantidad de fermento que se agrega varía según las

indicaciones del distribuidor. El agregado de bacterias en las 3 queserías se hace a razón de aproximadamente 80:20 acidificantes y aromatizantes, respectivamente.

La temperatura a la cual se agrega el fermento varía entre las queserías, la 1 siempre calienta la leche hasta 35 °C, agrega el fermento y luego aumenta la temperatura a 38°C aproximadamente para incubarlos. La 2 no calienta la leche sino que agrega los fermentos a la temperatura natural a la que este la leche, y por último la quesería 3 ocasionalmente calienta la leche según cual sea la temperatura ambiente, llevándola como máximo a 35 °C. En todos los casos la inoculación es directamente en la tina de elaboración (bacterias liofilizadas) y con un tiempo de maduración del inóculo que oscila entre los 30 y 40 minutos.

Las tres queserías utilizan CaCl_2 , colorante, sal nitro y cuajo, en distinto orden, proporción y presentación del producto según fabricante como se muestra en el Cuadro 10. Además las queserías 1 y 3 (a diferencia de la quesería 2), agregan ácido láctico. La forma de incorporar estos productos a la leche en la tina es por dilución previa en agua fría, este procedimiento es común a los tres casos. La medición de las cantidades de aditivos a incorporar no siempre es exacta ya que se utilizan algunos instrumentos poco precisos (por ejemplo, cucharas de distinto tamaño, recipientes plásticos, etc).

Cuadro 10 Orden y cantidades de productos incorporados a la leche según quesería para la elaboración del queso Colonia.

Quesería N°1	Quesería N°2	Quesería N°3
<i>Fermento cantidad según indicación del fabricante.</i>	<i>CaCl_2 20% + sal nitro 15%</i>	<i>Fermento cantidad según indicación del fabricante</i>
<i>Sal nitro 1 cucharada/ 100 L</i>	<i>Fermento cantidad según indicación del fabricante</i>	<i>Ac. Láctico 5%</i>
<i>Cuajo polvo 1cuch./ 200L</i>	<i>Colorante vegetal 5%</i>	<i>CaCl_2 20%</i>
<i>Colorante 8%</i>	<i>Cuajo polvo 1cuch./ 200L</i>	<i>Colorante 1%</i>
<i>Acido Láctico 15%</i>		<i>Cuajo líquido genético 45%</i>
<i>CaCl_2 30%</i>		
<i>Dilución en 20 L de agua.</i>	<i>Dilución en 20 L de agua</i>	<i>Dilución en 10 L de agua</i>

Una vez que leche en la tina cuenta con todos los aditivos se mezclan bien para asegurar una distribución homogénea de los productos y se deja actuar al cuajo por media hora para luego proceder a cortar la cuajada. El tiempo transcurrido entre el agregado del primer aditivo (luego de incorporado el fermento) y el agregado del cuajo no supera los 15 minutos en las queserías 1 y 3. En la quesería 2 agrega el fermento 20 a 30 minutos luego de incorporado los primeros aditivos (CaCl_2 y sal nitro), dejándolo

madurar de 30 a 40 minutos, por lo que al momento de agregado del cuajo al menos ya transcurrió una hora de elaboración.

5.1.3 Corte

La determinación del momento óptimo del corte de la cuajada así como también el tamaño de grano logrado en dicho corte, son dos de los puntos críticos más importantes en la elaboración del queso. Esto determina en gran medida el rendimiento quesero finalmente obtenido así como también la textura del queso. Dicha determinación es totalmente subjetiva y depende simplemente de la experiencia de cada quesero; cada uno de ellos dispone de su propia técnica. Hay quienes hunden el dedo en la cuajada y si ésta se abre y desuera se considera pronta para el corte, otros golpean la tina con la mano y observan como se mueve y se separa el gel de las paredes, muchas veces complementan lo anterior con un corte de la cuajada con una cuchilla de cocina o introduciendo la regla metálica (que habitualmente utilizan para medir el volumen de leche en tina) en el medio del gel y observan el desuerado y la “pureza” del corte.

El corte se realiza lentamente al comienzo con la Lira, también el modo de cortar la cuajada a lo largo y ancho de la tina es característico de cada quesero así como también el tamaño de grano logrado. Se observó que el tamaño varío de una quesería a otra aunque en todos los casos se le denomina “grano de maíz”. En líneas generales se puede afirmar que la quesería 1 es la que logra menor tamaño de grano y homogéneo, mientras que en las queserías 2 y 3 los tamaños logrados son mayores y heterogéneos, es decir, en la misma tina se encuentran granos de tamaño notoriamente diferentes. En la quesería 2 además, una vez efectuado el corte con la Lira se procede a disminuir el tamaño del grano manualmente con la ayuda de una pala metálica (“Cuchareo”) por algunos minutos antes del encendido del agitador. Mientras que en las queserías 1 y 3 inmediatamente de finalizado el corte con la lira se enciende el agitador mecánico.

5.1.4 Agitación, Desuerado y cocción del grano.

En la quesería 1 y 3 luego de algunos minutos de agitado se enciende el calentador y se comienza la cocción, sin embargo en la quesería 2 previo al calentamiento directo, se “lava la cuajada” es decir se retira un 10 % de suero y se agrega el mismo volumen de agua caliente (60–70°C).

Durante la cocción se continúa con el agitador encendido para favorecer una mejor distribución de la temperatura y un secado del grano más uniforme. La temperatura se eleva hasta los 42 °C en los tres casos, pero la velocidad o tiempo en que se alcanza dicha temperatura es diferente en cada quesería. Una vez que se alcanzan los 42°C se apaga el calentador y se continua agitando para que termine de secarse el grano, el tiempo de agitación final es variable entre queserías y entre los sucesivos días de elaboración. El quesero es el que pone fin a esta operación, de acuerdo a su experiencia. Las queserías visitadas para este trabajo utilizan el sistema de calentamiento directo existiendo diferencias en el distribuidor de gas. Las queserías 2 y 3 utilizan una garrafa de 13 Kg con un regulador de llama, mientras que la quesería 1 utiliza una garrafa de mayor capacidad equipada con regulador de presión y llama.

5.1.5 Pesca, moldeado, prensado y salado

La pesca es igual en las tres queserías, en la quesería 1 y 2 además se realiza repesca que consiste en pasar una malla más chica para juntar lo que no fue levantado en la pesca. Posteriormente se procede al moldeado de la cuajada y los moldes se apilan verticalmente en la prensa la que es accionada por contrapeso. Los quesos elaborados en la mañana permanecen en la prensa hasta el comienzo de la elaboración del queso de la tarde y los elaborados en la tarde hasta la mañana siguiente. El número de vueltas que se le da a los quesos es varia entre 3 y 6 vueltas según queserías. Una vez que los quesos se retiran de la prensa, son desmoldados, acondicionados retirándoles con cuchillo los bordes que sobresalen y colocados en las piletas de salmuera donde permanecen por 3 días aproximadamente.

Como resultado de las visitas realizadas se observo una amplia variación en las rutinas realizadas en cada una de las queserías seleccionadas. En la quesería 1 se observo una mayor consistencia en las sucesivas elaboraciones registradas. En las queserías 2 y 3 la variación entre distintas elaboraciones fue amplia.

En la quesería 3, la amplia variación puede ser explicada entre otros factores por: i) presenta horarios de inicio de la elaboración variable y por lo tanto horarios de ordeño de los animales poco establecidos con las implicancias ya mencionadas de esto sobre la composición y cantidad de materia prima obtenida ii) Por otra parte se alternó la elaboración entre dos queseros con criterios y experiencias diferentes. En la quesería 2 se observo que presenta horarios estrictos de todo el proceso, es decir cada etapa se inicia y se culmina por tiempo de forma bastante independiente de los resultados logrados.

Los cambios en los regímenes de elaboración llevan a que el desarrollo de acidez (actividad de los fermentos) y pH varíen de una tina a la otra y por lo tanto también la composición del queso.

5.2 VARIACIÓN DE TEMPERATURA, PH Y ACIDEZ EN TINA POR QUESERÍA

5.2.1 Temperatura

Las Figuras 2, 3 y 4 presentan la evolución de la temperatura en las queserías 1, 2 y 3 respectivamente, a lo largo de todo el proceso de producción. Las regresiones individuales para cada una de las queserías marcan la consistencia en el proceso de elaboración. Las temperaturas de inicio del proceso por quesería son diferentes, particularmente en la quesería 1, siendo explicado por la rutina consistente que se realiza en la sincronización de las diferentes tareas de elaboración respecto a las restantes queserías bajo estudio. El calentamiento de la leche previo al inicio de la elaboración para incubar los fermentos marca la menor correlación para todo el proceso entre temperatura y tiempo. Las temperaturas utilizadas y considerando el uso de iniciadores con bacterias mesófilas y termófilas conduce probablemente a un balance diferente de microorganismo, que de acuerdo a los resultados obtenidos en el producto serían mejores.

En la quesería 2 la temperatura inicial es baja y el lavado de la cuajada conduce probablemente a un shock térmico importante, particularmente sobre los microorganismos mesófilos; cuyos resultados pueden afectar el adecuado desarrollo y proporción de cepas para el proceso posterior.

La quesería 3 ocasionalmente precalienta la leche hasta los 35°C para incubar los iniciadores. A su vez es la que procesa más litros de leche por día presentando horarios de ordeño poco establecidos lo que determina que en la elaboración del queso de la mañana se sobrepase la capacidad de la tina y en el de la tarde se utilice a capacidad media. Esta diferencia entre volúmenes de tinas, se evidencia con el tiempo de elaboración empleado entre una y otra, o con la de la mañana y la tarde lo cual explica la gran dispersión de datos presentados en la Figura 3.

Figura 2 Evolución de la temperatura durante la elaboración de la quesería 1

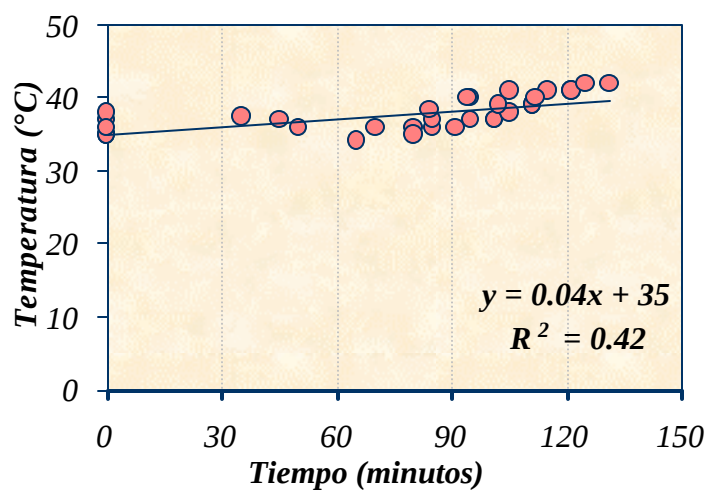


Figura 3 Evolución de la temperatura durante la elaboración de la quesería 2

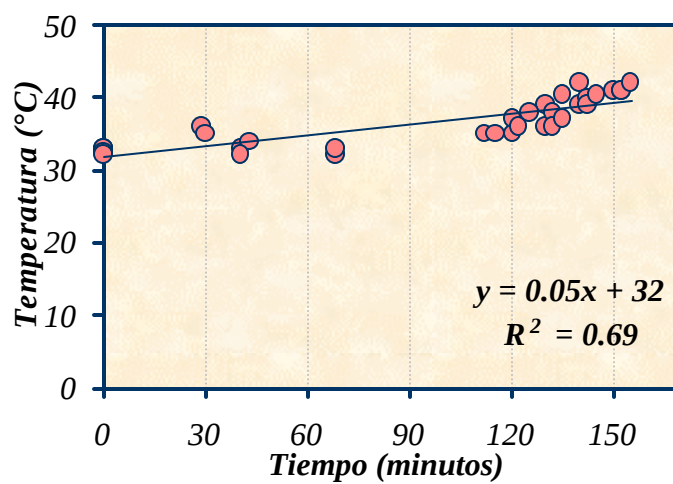
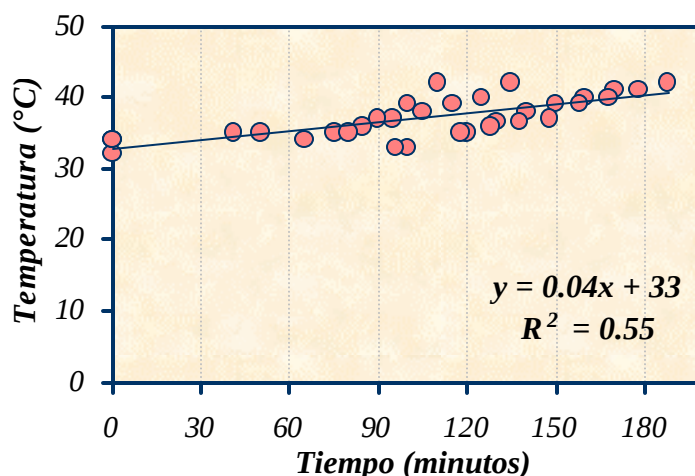


Figura 4 Evolución de la temperatura durante la elaboración de la quesería 3



En las Figuras 5, 6 y 7 se presenta la evolución de la temperatura desde encendido el calentador (t_3) hasta el final de la cocción (t_n) para las queserías 1, 2 y 3 respectivamente. Las queserías 1 y 2 presentan un incremento de temperatura similar en el proceso de cocción y en las temperaturas con la que inician la cocción (t_3). Probablemente la mayor diferencia entre ambas son las temperaturas previas al inicio de la cocción. El lavado de la cuajada y el procedimiento utilizado (temperatura del agua alta), seguramente sean los responsables de la cocción defectuosa de los granos de cuajada observada en algunas oportunidades en la quesería 2. Lo que determina una sinéresis irregular y por lo tanto un mayor contenido de humedad en el queso a salida de salmuera el que seguramente se mantenga en el producto final y por lo tanto se excedan los rangos establecidos en la reglamentación.

La quesería 3, respecto a la quesería 1 presenta un menor aumento de temperatura/minuto durante la cocción ($0.11^{\circ}\text{C}/\text{min}$) y normalmente emplea el doble de tiempo en esta etapa. Esto se explica por el mayor volumen de leche procesado en esta quesería y por el tipo de distribuidor de energía al calentador utilizado. En este caso para aumentar la temperatura hasta 42°C con la tina llena (1200 L), se requiere más tiempo que con la tina a capacidad media dado que el equipo de suministro de energía al calentador es sin regulador de la presión. Por otro lado, también influye como en el caso de la quesería 2 la carga de la garrafa al momento de la elaboración. A pesar de lo anterior, el aumento gradual de la temperatura a lo largo de la cocción determina un proceso de sinéresis lento y consistente que lleva a contenidos de humedad en el queso dentro de los rangos reglamentados para el queso Colonia.

Figura 5 Evolución de la temperatura durante el transcurso de la cocción (t_3 a t_n) en la quesería 1.

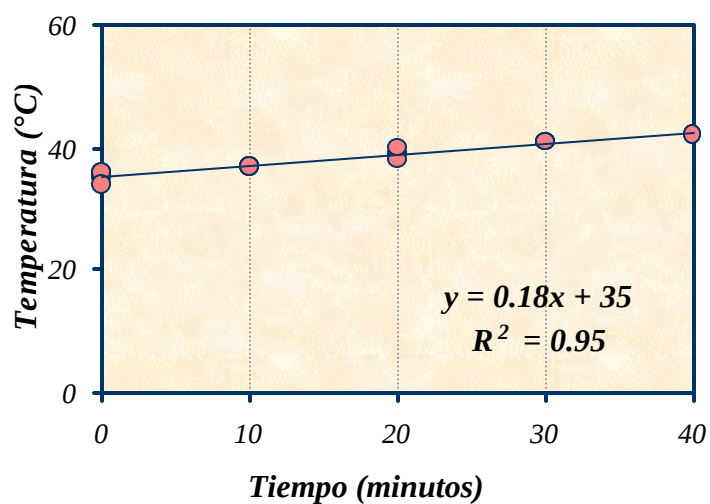


Figura 6 Evolución de la temperatura durante el transcurso de la cocción (t_3 a t_n) en la quesería 2.

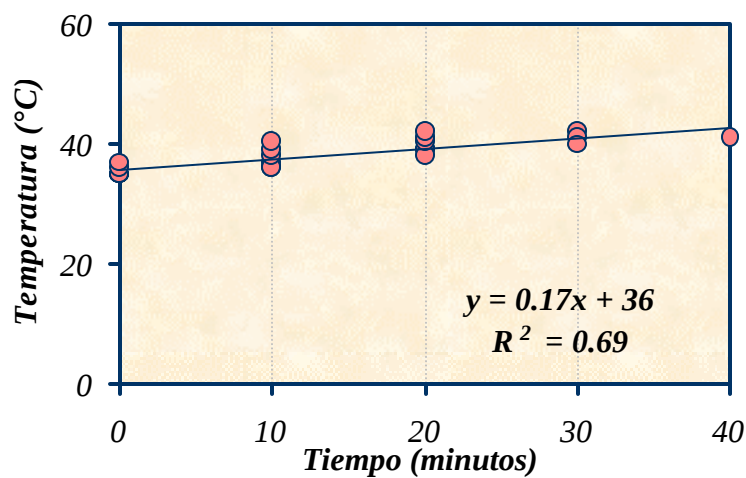
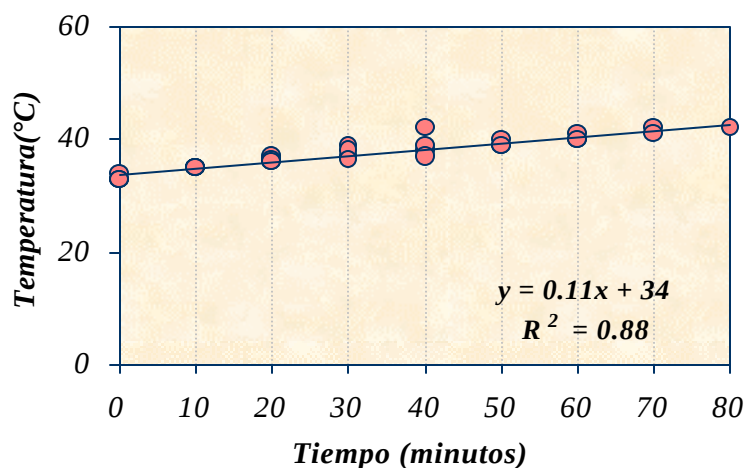


Figura 7 Evolución de la temperatura durante el transcurso de la cocción (t_3 a t_n) en la quesería 3.



En el Cuadro 11, se presenta a modo de resumen, las estadísticas descriptivas para temperatura en las diferentes queserías estudiadas. En forma general se aprecia una menor variación y mayor temperatura inicial y promedio en la quesería 1. Los efectos biológicos de estos cambios de temperatura si bien no fueron estudiados con detalle en este trabajo conducen a modificaciones importantes en la flora nativa y en los iniciadores lácticos incorporados al proceso. Evidentemente esto puede ser un factor crítico en el balance microbiano deseado para lograr la calidad del queso que se pretende.

Cuadro 11 Resumen de los valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en tina por quesería durante el proceso de elaboración.

<i>Temperatura</i>	<i>Promedio</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>DS</i>	<i>CV</i>
Quesería 1	38	34	42	1,85	4,91
Quesería 2	36	32	42	2,86	7,85
Quesería 3	37	32	42	2,42	6,51

Los cambios en la temperatura durante el proceso de elaboración se ajustan a la siguiente ecuación general que surge del conjunto de datos de todas las queserías estudiadas.

$$Y = 33.4 + 0.04 x$$

$$r^2 = 0.47 \quad P < 0.0001$$

donde: Y = temperatura en °C
 x = tiempo en minutos.

5.2.2 pH.

En las Figuras 8, 9 y 10 se muestra el desarrollo del pH en el total del proceso de elaboración para las queserías 1, 2 y 3 receptivamente. Los coeficientes de correlación por quesería muestran la consistencia del proceso de elaboración entre las tinas en los diferentes días. Las diferencias entre queserías en la tasa de descenso de pH, se explica principalmente por la actividad de los microorganismos.

En la quesería 1, el desarrollo de acidez es más consistente entre días y entre tinas. Esta quesería logra una mayor tasa de descenso de pH que las restantes, probablemente esto es consecuencia del manejo de temperaturas aplicado durante todo el proceso, las temperaturas más altas conducen a diferentes proporciones de flora en cuanto a su crecimiento y producción de ácido láctico. En este caso es probable que la población de *Streptococcus salivarius* sea proporcionalmente mayor y que incida en los niveles de láctico producido.

La quesería 3 compensa el poco manejo previo a la cocción de la temperatura con el empleo de mayor tiempo durante la etapa de cocción. El empleo del doble de tiempo en el proceso de cocción y con menor tasa de aumento de la temperatura por unidad de tiempo que la quesería 1, provoca probablemente un desarrollo gradual de ambas poblaciones de microorganismos (*mesófilas* y *termófilas*) lo que explica el desarrollo similar de acidez.

La quesería 2, presenta la menor tasa de descenso de pH para el proceso lo cual básicamente se explica por el manejo poco ajustado de la temperatura lo que determina poca actividad de los microorganismos en la tina. Esto se explica probablemente por la acción conjunta de diferentes factores i) La temperatura de trabajo a lo largo de todo el proceso, determina un balance de bacterias *mesófilas* / *termófilas* que condiciona la actividad acidificante y por lo tanto el descenso de pH. Si bien la tasa de aumento de temperatura y el tiempo empleado en la cocción es similar al de la quesería 1, esto no compensa el inadecuado manejo previo de la temperatura. ii) El lavado de la cuajada, por un lado amortigua los descensos de pH por el alto contenido de carbonatos que posee el agua (efecto buffer), y por el otro directamente diluye la acidez. iii) a diferencia de la quesería 1 y 3, no se utiliza ácido láctico en la elaboración.

Figura 8 Desarrollo de pH en la ELABORACIÓN DE LA QUESERÍA 1.

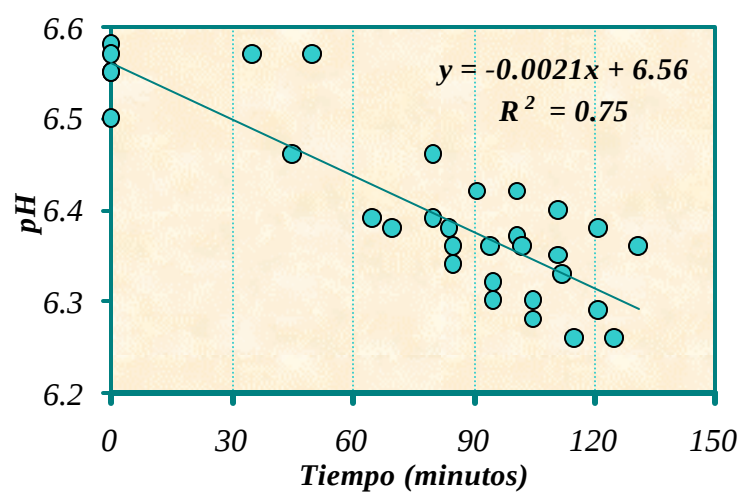


Figura 9 Desarrollo de pH en la elaboración de la quesería 2.

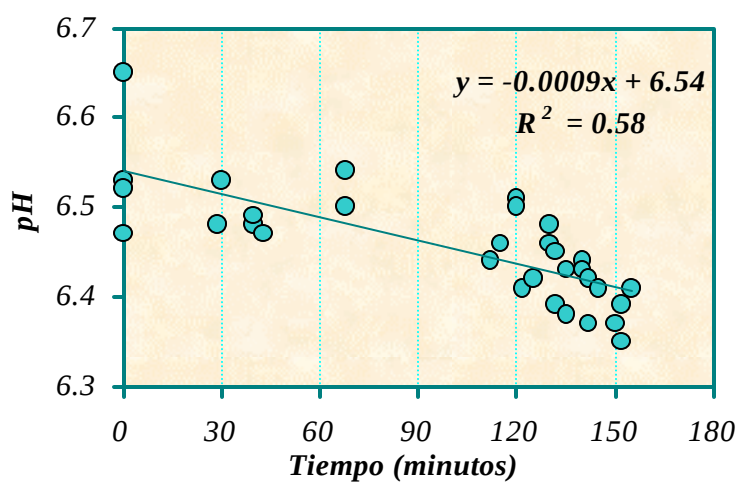
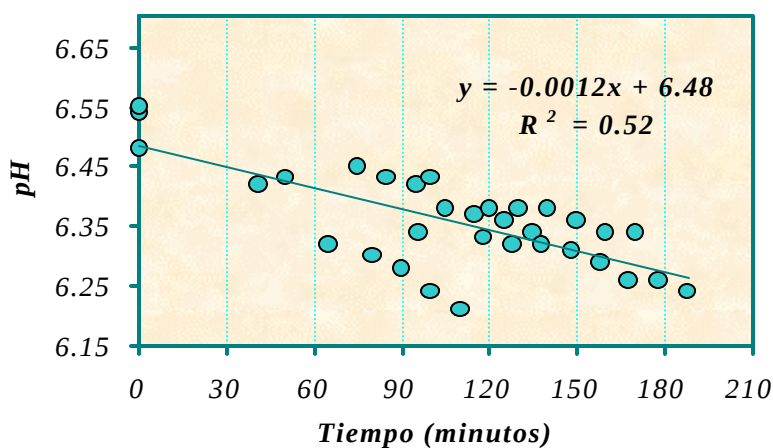


Figura 10 Desarrollo de pH en la elaboración de la quesería 3.



En el Cuadro 12, se presentan el resumen de las estadísticas descriptivas para pH en las diferentes queserías estudiadas. El ácido láctico incorporado a la materia prima al comienzo de la elaboración en las queserías 1 y 3, induce a descensos de pH muy leves comparados con los promedios obtenidos en la quesería 2 que no utiliza ácido. A su vez se observa que para el queso Colonia las variaciones en el pH en tina son bajas comparada con quesos de coagulación mixta o ácida.

Cuadro 12 Resumen de los valores de pH en tina por quesería durante el proceso de elaboración.

<i>Ph</i>	<i>Promedio</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>DS</i>	<i>CV</i>
Quesería 1	6,40	6,26	6,58	0,08	1,23
Quesería 2	6,47	6,35	6,82	0,06	0,88
Quesería 3	6,38	6,21	6,55	0,07	1,14

Los cambios en el pH durante el proceso de elaboración se ajustan a la siguiente ecuación general que surge de la colección de datos de todas las queserías estudiadas.

$$Y = 6.54 - 0.0013 x$$

$$r^2 = 0.43 \quad P < 0.0001$$

donde: $Y = \text{pH}$

$x = \text{tiempo en minutos.}$

5.2.3 Acidez titulable

Las rectas de regresión 1, 2 y 3 corresponden a las queserías 1, 2 y 3 respectivamente, y muestran los resultados del análisis de los datos de acidez para cada quesería. Estos modelos de regresión indicarían que la concentración de ácido láctico descende (pendiente negativa) a medida que transcurre el tiempo, lo cual es contrario a lo anteriormente comprobado a través del análisis de pH por quesería. Esto se explica porque este parámetro no sirve para evaluar el desarrollo de acidez en el proceso continuo de elaboración del queso. Sin embargo, es útil y de fácil estimación para los queseros en momentos determinados de la elaboración, como por ejemplo acidez del suero escurrido de la prensa lo cual (empíricamente) les permite corregir la cantidad y tipo de iniciadores a agregar en la siguiente elaboración. Del mismo modo, se utiliza para decidir el lavado o no de la cuajada dependiendo de la acidez resultante para el suero al momento del corte .

- | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------------|
| 1. <i>Acidez = 18 – 0.044 (t)</i> | $r^2 = 0.53$ | $P < 0.0001$ |
| 2. <i>Acidez = 18 – 0.05(t)</i> | $r^2 = 0.68$ | $P < 0.0001$ |
| 3. <i>Acidez = 17 – 0.021 (t)</i> | $r^2 = 0.23$ | $P < 0.0001$ |

5.3 COMPOSICIÓN DE LA LECHE, SUERO, CUAJADA Y QUESO A SALIDA DE SALMUERA.

En el Cuadro 13 se muestran las estadísticas descriptivas de la composición de la materia prima para cada una de las queserías estudiadas y para el conjunto de datos en estudio. En el cuadro se observa que la mayor variación se presenta en el contenido de grasa de la leche siendo la proteína menos variable. Los contenidos de grasa y proteína promedio de las queserías presentan leves diferencias con los que en promedio presenta la leche remitida a PARMALAT para la misma época del año (3.47 a 3.61% Grasa y 3.28 a 3.3 % de Proteína).

La composición de la leche en términos de grasa y proteínas resultantes de este trabajo, indican que existe variación de la materia prima con la que se elabora el queso Colonia. Esta variación no solo se verifica entre las queserías sino que también en una misma quesería entre días y turnos de elaboración. Como consecuencia la composición del queso así como también el rendimiento logrado varían. La quesería 1 es la que en promedio y en forma consistente presentó contenidos de grasa levemente superior a las otras queserías estudiadas, lo cual probablemente este asociado a la rutina de manejo del rodeo lechero y los momentos de ordeño de los animales.

Cuadro 13 Composición de la leche en % de Grasa y % de Proteína de las queserías estudiadas.

	% Grasa				%Proteína			
<i>Quesería</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Grupo</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Grupo</i>
Media	3.90	3.68	3.51	3.69	3.59	3.47	3.51	3.52
Mínimo	3.50	3.25	2.90	2.90	3.36	3.09	3.42	3.09
Máximo	4.50	4.20	4.40	4.50	3.77	3.68	3.71	3.77
D. S	0.2	0.4	0.6	0.41	0.09	0.15	0.08	0.12
C.V	6.2	9.8	15.7	11.0	2.6	4.3	2.3	3.3

* Desvío Estándar (promedio de los desvíos de los valores respecto de su media).

** Coeficiente de Variación ($\% = (D.S/Media) * 100$)

En el Cuadro 14 se muestra la composición del suero por quesería y promedio para el grupo de datos en análisis. Se puede observar que los valores promedio de contenido de grasa y proteína del suero de las queserías 1 y 3 son similares diferenciándose notoriamente de la composición del suero de la quesería 2. Esta diferencia se explica

porque la quesería 2 lava la cuajada, por lo tanto al retirar el 10% del suero y agregar agua se retira también grasa y proteína.

En general, las pérdidas de grasa son mayores y más variables que las de proteína. Se confirma, relacionando estos resultados con los que se muestran en el Cuadro 13, que los mayores contenidos de grasa en la materia prima se asocian a mayores pérdidas de grasa en el suero (quesería 1 y 3). Las queserías 2 y 3 presentan pérdidas de grasa en suero más consistentes que la quesería 1. Por otra parte, la quesería 1 presenta mayor y más consistencia en las pérdidas de proteína en suero que las queserías restantes

Cuadro 14 Resultados de análisis del Suero por quesería y para las queserías del estudio.

	% Grasa				%Proteína			
Quesería	1	2	3	Grupo	1	2	3	Grupo
Media	1.07	0.64	1.09	0.92	1.05	0.90	0.99	0.98
Mínimo	0.9	0.5	0.9	0.50	1.0	0.8	0.7	0.75
Máximo	1.2	0.7	1.3	1.30	1.1	1.0	1.1	1.11
D. S	0.13	0.06	0.09	0.207	0.02	0.06	0.10	0.09
C V	12.5	9.5	8.4	22.4	1.9	6.8	9.9	8.7

El Cuadro 15 muestra los resultados estadísticos para grasa y proteína según quesería, resultantes del análisis de las muestras de cuajada y queso a la salida de salmuera (queserías 1 y 2) y queso salido para la venta (quesería 3). Los contenidos de grasa y proteína en el queso independientemente de la quesería de que se trate son mayores y menos variables a los de la cuajada, explicado básicamente por la pérdida de humedad que ocurre en el proceso de prensado y salado del queso. Para el caso de la quesería 3 también se debe incluir los efectos de la maduración sobre la pérdida de humedad.

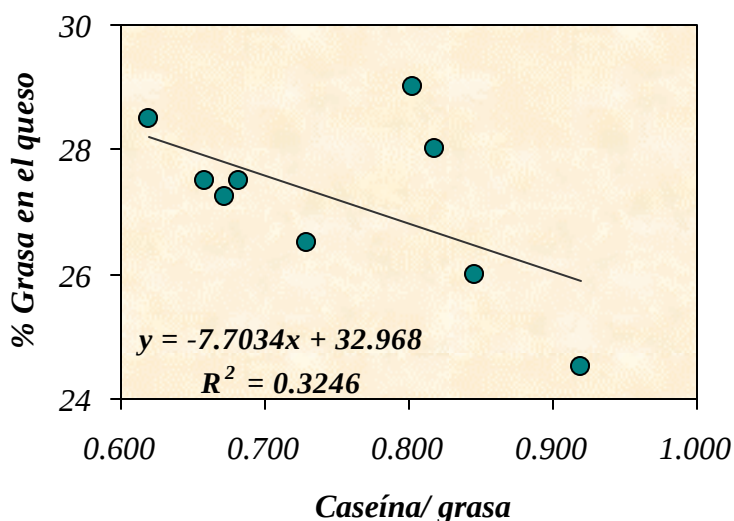
En general existe gran variabilidad de la composición lograda en el producto final, resultando en un queso Colonia con contenidos de grasa que van desde 24.5 a 29% y con rangos de 23.8 a 30.4% en contenido de proteína. Esto se explica por la falta de estandarización de la materia prima en la relación caseína/grasa más favorable para lograr la composición deseada en el producto final. Conjuntamente a lo anterior, la gran variabilidad verificada en el procedimiento para la elaboración del producto también contribuye a la variación.

Cuadro 15 Resultados del análisis de grasa y proteína en cuajada y queso por quesería y para el total de datos.

		% Grasa				%Proteína				
		Quesería	1	2	3	Grupo	1	2	3	Grupo
Cuajada	Media	22.95	23.97	19.40	22.22	22.69	22.68	21.61	22.37	
	Mínimo	20.8	23.0	16.5	16.50	20.3	21.1	18.6	18.6	
	Máximo	25.5	25.3	22.5	25.50	25.2	23.9	24.4	25.2	
	D. S	1.9	0.7	2.3	2.13	1.34	1.0	1.9	1.4	
	C V	8.5	2.9	11.8	9.6	5.9	4.4	8.9	6.4	
Queso	Media	27.69	27.25	26.50	27.20	27.40	26.49	27.41	27.04	
	Mínimo	26.0	26.0	24.5	24.5	25.8	23.8	25.3	23.8	
	Máximo	29.0	28.5	27.5	29.0	29.3	27.9	30.4	30.4	
	D. S	1.1	1.0	1.3	1.1	0.9	1.3	1.5	1.1	
	C V	3.8	3.7	5.0	3.9	3.3	4.9	5.5	4.2	

La Figura 11 muestra que existe la tendencia al aumento del contenido de grasa en el queso a medida que disminuye la relación caseína /grasa en la leche para el conjunto de datos en análisis. Esto significa que cuando más grasa con relación a la caseína en la leche mayor es la cantidad de grasa retenida en el queso en términos relativos. Si se relaciona esto con los Cuadros 13 y 14 anteriormente comentados, se confirma que existe una relación óptima entre la caseína y la grasa en la leche con la que se lograría el contenido de grasa deseado en el queso y las menores pérdidas en el suero las cuales representan ineficiencias en el proceso global. Esto implica el análisis de las relaciones óptimas y la posibilidad de implementar medidas de estandarización.

Figura 11 Contenido de grasa en queso (%) según relación caseína / grasa en la leche



El Cuadro 16 muestra la relación caseína / grasa (C/G) estimada por quesería para los promedios de dichos componentes en leche y promedio de grasa que contiene el queso. La quesería 1 es la que en promedio tiene menor relación C/G y por lo tanto logra los mayores contenidos de grasa en el queso. La quesería 3 es la que presenta en promedio mayor relación C/G y por lo tanto menor contenido de grasa en queso y la quesería 2 ocupa una posición intermedia. Sin embargo, la determinación del óptimo para esta relación requiere trabajos experimentales con un rango más amplio de las relaciones observadas.

Cuadro 16 Relación caseína /grasa promedio estimada en la leche y contenido promedio de grasa en queso, por quesería

Quesería	%Caseína*	%Grasa	C/G	%G Queso
1	2.80	3.90	0.72	27.7
2	2.71	3.68	0.74	27.3
3	2.76	3.51	0.79	26.5

*Caseína = $(N * 6.38) * 0.78$

En el Cuadro 17 se muestran los contenidos de materia grasa de la cuajada y del queso expresado cada 100 gr de materia seca. La quesería 2 presenta mayor rango en los contenidos de MG/MS en el queso saliendo de salmuera y por lo tanto menor consistencia con respecto a la quesería 1 lo que probablemente es consecuencia de la menor acidez desarrollada en la tina durante la elaboración. En la quesería 3 como fue mencionado anteriormente el queso analizado es el de venta, en este caso los contenidos de MG/MS son menores que para el resto de las queserías (por tener menos humedad); sin embargo la amplitud del rango de valores es mayor que el que presenta el queso recién salido de la salmuera de la quesería 1 el cual posiblemente se mantendrá al momento de la venta. Esto probablemente se explica por la mayor consistencia en el proceso de elaboración en la tina de la quesería 1 asociado al manejo cuidadoso de los horarios de ordeño de los animales.

Para el caso del contenido de grasa de la cuajada los rangos de valores encontrados son más amplios influyendo al momento del análisis en ello el alto contenido de agua de las muestras.

Cuadro 17 Contenido de materia grasa en queso y cuajada expresado como % del extracto seco total

		<i>Cuajada</i>		<i>Queso</i>	
		MS	MG/MS*	MS	MG/MS*
<i>Quesería 1</i>	<i>Media</i>	44.08	52	54.96	50
	<i>Mínimo</i>	41.49	50	51.21	51
	<i>Máximo</i>	48.63	52	59.00	49
<i>Quesería 2</i>	<i>Media</i>	44.56	54	52.20	52
	<i>Mínimo</i>	43.00	53	45.00	58
	<i>Máximo</i>	47.69	53	56.00	51
<i>Quesería 3</i>	<i>Media</i>	44.71	50	57.34	46
	<i>Mínimo</i>	41.86	39	57.00	43
	<i>Máximo</i>	47.71	53	57.62	48
<i>Grupo</i>	<i>Media</i>	44.41	50	54.45	41
	<i>Mínimo</i>	41.49	40	45.00	41
	<i>Máximo</i>	48.63	52	59.00	43

*MG/MS = (% materia grasa/ % materia seca)*100 = gr grasa cada 100 gr de MS

En el Cuadro 18 se pueden apreciar los rangos de valores en grasa (MG/MS y %), proteína (%) y humedad (%) de las muestras de queso a salida de salmuera en

quesería 1 y 2, y queso de venta en el caso de la quesería 3. Las queserías 1 y 3 logran contenidos de MG/MS dentro de los rangos sugeridos por la bibliografía.

En términos generales los contenidos de grasa y proteína en queso se encuentran en torno al rango establecido por la bibliografía. El contenido de humedad establecido en la reglamentación vigente del M.G.A.P indica que el queso Colonia junto a los quesos Gruyere, Gouda y Holanda, contiene entre 36.0 y 45.9 % de humedad (pasta semiduro o de mediana humedad). La humedad de los quesos de venta de la quesería 3 entran dentro de los rangos estipulados legalmente (42 a 43%). En las queserías 1 y 2 los límites superiores de los rangos de humedad sobrepasan al legalmente establecido, esto puede deberse a que se trata de quesos saliendo de la salmuera por lo que todavía no perdieron el total de humedad y probablemente en el plazo de maduración logran cumplir con la reglamentación en este sentido.

La composición del queso varia entre queserías y en una misma quesería con los días y paridas de elaboración (mañana y tarde). Esto lleva a que existan en el mercado diferentes quesos que tienen en común el nombre “Colonia”. Esto se debe básicamente a la falta de consistencia de la materia prima (no estandarizada a una relación caseína / grasa cte) y también al régimen de elaboración. Si se logra consistencia en la materia prima y en los procesos de manufactura se podrá ajustar el rendimiento logrado el cual como se ve a continuación también es variable.

Cuadro 18 Resumen de la Composición estimada del Queso Colonia.

Quesería	% G Leche	%MG/MS	% G Queso	% P Queso	%H
1	3.50 a 4.50	49 a 51	26 a 29	26 a 29	41 a 49
2	3.25 a 4.20	51 a 58	26 a 29	24 a 28	44 a 55
3	2.9 a 4.40	43 a 48	25 a 28	25 a 30	42 a 43
Bibliografía	2.6 a 2.9	40 a 55	27 a 29	26 a 28	36 a 45.9

C/G = relación caseína / grasa

MG/MS = (% materia grasa/ % materia seca)*100 = gr grasa cada 100 gr de MS

%G = % grasa

%P = % proteína

%H = % humedad (100-MS de queso).

5.4 ESTIMACIÓN DE LA RETENCIÓN DE SÓLIDOS Y RENDIMIENTO QUESERO

En el Cuadro 19, se presentan los datos correspondientes a los porcentajes de retención de grasa y proteína en el queso Colonia. Del cuadro se concluye que la proporción de grasa y proteína retenida en el queso varía con el contenido de dichos componentes en la materia prima al momento de la elaboración. La quesería 1 retiene en promedio el **79 %** del total de grasa de la leche y **74 %** de la proteína. La pérdida de proteína coagulable en el proceso corresponde a 1 % en promedio, el cual surge de descontar las pérdidas de las proteínas no coagulables (aprox 22%) y el glicomacropéptido soluble, producto del corte de la enzima coagulable (aprox 4%) al 26 % de proteína restante. En cuanto a la grasa se pierde en promedio durante el proceso de elaboración el 17 % con respecto a los valores de IDF (1991b) para un proceso industrial 100 % eficiente. La menor retención de proteína y grasa podría tener su origen en la manipulación particularmente rápida de la lira al momento del corte de la cuajada que caracteriza al quesero a cargo. El tamaño de grano logrado (producto del excesivo pasaje de la Lira durante el corte e incluso durante la agitación y parte de la cocción) es el más pequeño de las tres queserías visitadas asemejándose más a un grano de arroz que a maíz. En consecuencia se producen “finos” de caseína que se pierden en el suero, además el tamaño de la red proteica formada será menor lo que lleva a una menor capacidad de retención de grasa y por lo tanto menor rendimiento relativo.

La quesería 2 retiene en promedio **85 %** de la grasa total de la leche y **78 %** de la proteína total. Siguiendo el mismo razonamiento que para la quesería 1, pierde en promedio 11 % de la grasa y no pierde proteína coagulable. El hecho de no perder proteína probablemente está asociado al mayor tamaño de grano y mayor variación verificado en el mismo, por lo que la proporción de finos es menor respecto a la quesería 1. La mayor proporción de proteína coagulable es lo que explica la mayor retención de grasa en el queso. El gran contenido de humedad observado en el queso a la salida de la salmuera seguramente se debe a la retención de agua por las proteínas retenidas en el queso además de la sinéresis irregular de los granos de cuajada ya mencionado.

La quesería 3 retiene en promedio **73 %** del total de grasa y **75 %** del total de proteínas de la leche. Presenta la mayor pérdida de grasa promedio de las tres queserías en estudio (23 %) y aparentemente para el promedio de composición de la leche no presenta pérdidas de caseínas. Sin embargo se observa que esta quesería presenta la mayor amplitud de rango de pérdida de proteína en suero lo que se explica por la alternancia en la elaboración entre dos queseros con criterios y experiencias diferentes.

Desde el punto de vista de los datos promedios ninguna de las queserías logra los valores citados por Brito et al (2002) en cuanto a retención de grasa para queso Gouda Chileno. Sin embargo, la quesería 2 se aproxima bastante explicado por la similitud en el proceso de elaboración. Este autor cita retenciones de grasa el rango de **96 a 99 %** y de proteína de **73 a 76 %**, esta información es referida a queserías que manejan un proceso industrial con un paquete tecnológico más ajustado. La mayor importancia de las pérdidas de dichos componentes es en el rendimiento quesero es desde el punto de vista de la cantidad de producto sin tomar en cuenta la calidad lograda. Respecto a los datos de retención de grasa mencionados por Callanan (1991, citado por Cuninghame 2000), las pérdidas de grasa serían inferiores (88 a 93%) mientras que las retención de proteínas estaría dentro del rango normal (70 a 77 %).

Cuadro 19 Estimación del % de retención de grasa y proteína en el queso.

Contenido de grasa y proteína en leche	% GRQ*			% PRQ**		
	QUESERÍA					
	1	2	3	1	2	3
Media	79,5	84,8	72,9	74,6	77,4	75,4
Mínimo	77,5	86,5	72,7	73,2	77,5	80,6
Máximo	77,0	85,6	74,5	75,4	76,3	74,4

* Grasa Retenida en Queso en relación al contenido presente en la materia prima.

** Proteína Retenida en Queso en relación al contenido presente en la materia prima.

El Cuadro 20, muestra el contenido promedio de sólidos estimado en el suero y el rendimiento potencial (Kg. Queso /100L leche) para la composición de leche promedio por quesería. Se observa variación en el % de MS retenida y en el potencial de rendimiento realizable por quesería. Esto se explica por la variación existente en la composición de la materia prima lo cual determina que mayores contenidos de grasa no necesariamente se traduzcan en mayor rendimiento quesero. En cuanto a los Kg. de Queso cada 100L de leche se debe destacar que las queserías 1 y 2, al momento de venta del producto, presentarán contenidos de humedad en queso menores por lo tanto probablemente los rendimientos sean menores.

Cuadro 20 Estimación de la retención potencial de sólidos y Kg de queso cada 100 L de leche para las tres queserías en estudio.

Queserías	MS_L	MS_S	MS_R	% $MSPRQ$	%MS_Q	RTO
1	13.09	6.590	6.500	50	55	11.82
2	12.75	5.716	7.034	55	52	13.53
3	12.62	6.694	5.926	47	57	10.40

% $MSPRQ$ = % Materia seca potencialmente retenida en el queso

RTO = Kg queso cada 100L leche

MS_L = Materia seca de la leche

MS_S = Materia seca del suero

En el Cuadro 21, se presenta la estimación de la eficiencia relativa en la elaboración del queso Colonia respecto a los valores presentados por IDF(1991b) para un proceso industrial 100% eficiente. La pérdida de eficiencia no pueden ser atribuidas a un único factor aislado, sino que es el producto de la interacción de múltiples factores durante la elaboración. Para todas las queserías las mayores pérdidas ocurren en el componente grasa (11 a 23 %), atribuida principalmente a la falta de estandarización de la leche. Las pérdidas de proteínas si bien son menores en términos absolutos, son más importantes puesto que su aporte en peso al rendimiento es significativamente superior que el de la grasa. En el caso de la quesería 2, la alta eficiencia relativa se explica por los mayores valores de retención de proteína lo cual enmascara la pérdida de grasa.

Cuadro 21 Estimación de la eficiencia relativa para las tres queserías.

Quesería	Eficiencia (%)
1	91
2	97
3	88

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el proceso de elaboración en la quesería artesanal, la materia prima utilizada presenta variaciones dentro de los rangos normales propios de los sistemas pastoriles predominantes en nuestro país. Las medidas de manejo de las horas de ordeño en las diferentes épocas del año pueden atenuar estas variaciones. A escala industrial, la estandarización de la leche es una alternativa más sencilla para controlar estas variaciones, pero en la quesería artesanal esta tecnología parece más difícil de aplicar. Por lo tanto las medidas de manejo y control empírico que realizan los queseros tienden a minimizar las mismas.

El producto logrado en el proceso cumple con las especificaciones establecidas por distintos autores nacionales para el queso Colonia, en relación con su composición, aunque la calidad del producto puede tener una amplia variabilidad en sus cualidades organolépticas y texturales. Este último aspecto constituye la principal pérdida del productor al lograr un menor valor del producto.

Las pérdidas de sólidos en el proceso artesanal, particularmente en lo referido a la pérdidas de material graso son superiores a las registradas en la literatura para quesos con elaboraciones similares debido a la falta de estandarización de la materia prima. La eficiencia en la retención de sólidos (grasa más proteína) de las queserías artesanales estudiadas con relación a los datos reportados por IDF varía de 88 a 97%. La quesería 2 es la que presenta mayor eficiencia en la retención de sólidos, mientras que la quesería 3 es la de menor eficiencia en la retención.

Los cambios en las temperaturas de elaboración artesanal llevan a que el desarrollo de acidez (actividad de los fermentos) y pH varíen de una tina a la otra y por lo tanto también la composición del queso. El desarrollo de la acidez en tina se explica principalmente por la actividad de los microorganismos, el ácido láctico utilizado al comienzo de la elaboración en las queserías 1 y 3, produce descensos de pH muy leves.

Los procesos desarrollados en la tina y la inclusión de aditivos deben tener en el futuro una mayor atención. En esta etapa de elaboración se detectaron rangos de cambios muy importantes en la temperatura y en el desarrollo de acidez durante la elaboración. Estos aspectos son considerados en este trabajo como el principal área de acción hacia el futuro puesto que constituyen las principales formas de control con que cuenta el quesero para lograr un producto consistente en cuanto a su rendimiento y calidad.

7. RESUMEN

El presente trabajo tiene como principal objetivo realizar un relevamiento del proceso de elaboración del queso Colonia artesanal. A través de tal relevamiento, se obtuvo información referente a la retención de grasa y proteína en el queso hasta la salida de salmuera como primera aproximación al rendimiento del queso Colonia, composición del queso (% proteína, % grasa y MG/MS, y % de humedad) y consistencia de la rutina de elaboración, a través del control del proceso en tina con registros de evolución de los parámetros temperatura, pH y acidez en función del tiempo.

El trabajo de campo se realizó en los Departamentos de Colonia y San José, en tres queserías artesanales. Los datos analíticos incluidos en este trabajo corresponden a muestras de leche cruda, suero, cuajada y queso a la salida de salmuera, recolectados en un total de 17 visitas a las queserías artesanales seleccionadas. Las visitas se realizaron entre los meses de mayo y agosto del 2002, cubriendo los diferentes momentos de elaboración (mañana y tarde).

La rutina de trabajo en las queserías durante las visitas incluyó el registró en forma detallada de los pasos del proceso de elaboración, determinando el momento de realización de cada uno de los pasos del mismo. Esta rutina comenzó con el ingreso de la leche a la tina y cada partida de elaboración del queso tuvo un seguimiento hasta su salida de la salmuera. Los aditivos utilizados en el proceso, las cantidades y concentraciones de cada uno, y el momento en que se adicionaban, así como las acciones realizadas en la tina hasta el momento de la “pesca” y posteriormente hasta la colocación del queso en la prensa fueron registrados en cada visita. Se cuantificó el desarrollo de acidez por medio del análisis del pH, de la acidez titulable y la temperatura (°C) en función del tiempo. El pH se midió tanto en la leche como en el suero con un potenciómetro digital directamente sobre las muestras extraídas de la tina. La acidez titulable (°Domic), se evaluó en forma simultanea a la medición de pH retirando muestras de leche o suero.

Para cada una de las etapas del proceso de producción de queso se obtuvieron muestras de leche, suero, cuajada y queso que se transportaron al laboratorio de la Facultad de Agronomía para su análisis. En el laboratorio se procedió a obtener las determinaciones de humedad, cenizas, proteínas por el método de Kjeldahl y contenido de grasa por el método de GERBER.

La información de pH, acidez, temperatura y tiempo se analizó por medio de regresiones, planteadas para observar, la evolución de pH, acidez en °D y temperatura como variables dependientes del tiempo transcurrido del proceso. Estas regresiones se realizaron utilizando el programa estadístico SAS. La estimación del rendimiento en

términos de retención de grasa y proteína se realizó a través de un balance de entradas de grasa y proteína en el proceso (con la leche) y salidas en el suero.

Los resultados del trabajo indican que en el proceso de elaboración en la quesería artesanal, la materia prima utilizada presenta variaciones dentro de los rangos normales propios de los sistemas pastoriles predominantes en nuestro país. El queso Colonia artesanal cumple con las especificaciones establecidas por distintos autores nacionales para dicho queso en relación con su composición, aunque la calidad del producto puede tener una amplia variabilidad en sus cualidades organolépticas y texturales.

Las pérdidas de sólidos en el proceso artesanal son superiores a las registradas en la literatura para quesos con elaboraciones similares, particularmente en lo referido a la pérdidas de material graso debido a la falta de estandarización de la materia prima. Las pérdidas de proteínas coagulables son de menor tenor y están más asociadas al momento del corte de la cuajada y al manejo del grano durante la cocción en la tina. La eficiencia en la retención de sólidos (grasa + proteína) de las queserías artesanales estudiadas con relación al queso de referencia varía de 82 a 92%. La quesería 2 es la que presenta mayor eficiencia en la retención de sólidos, mientras que la quesería 3 es la de menor eficiencia en la retención.

Los cambios en las temperaturas de elaboración llevan a que el desarrollo de acidez (actividad de los fermentos) y pH varíen de una tina a la otra y por lo tanto también la composición del queso. El desarrollo de la acidez en tina se explica principalmente por la actividad de los microorganismos, el ácido láctico utilizado al comienzo de la elaboración en las queserías 1 y 3, produce descensos de pH muy leves. En esta etapa de elaboración se detectaron rangos de cambios muy importantes en la temperatura y en el desarrollo de acidez. Estos aspectos son considerados en este trabajo como el principal área de acción hacia el futuro puesto que constituyen las principales formas de control con que cuenta el quesero para lograr un producto consistente en cuanto a su rendimiento y calidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALAIS, C.1985.Ciencia de la Leche; Principios de Técnica Lechera. España, Reveté, S.A.873 p.
2. BATH, D. L; DICKINSON, F.N; TUCKER, H. A; APPLEMAN. R. D.1991.Biosíntesis de la leche. In Ganado Lechero. Principios prácticos problemas y beneficios. pp 328-345
3. BRITO,C.; NIKLITSCHK, L.; MOLINA, L.H.; MOLINA,I. 2002. Evaluation of mathematical equations to predict the theoretical yield of Chilean Gouda cheese. International Journal of Dairy Technology 55(1):32-39.
4. BORBONET, S. 2001. Historia de la Quesería en el Uruguay. Uruguay, MEDEA, S.A.177p.
5. BRULE, G; LENOIR, J.1990. La Coagulación de la leche. El Queso. ECK, A. España, Omega S.A. pp 3-20.
6. CASADO CIMIANO, P. 1991. Guía para el Análisis Químico de la Leche y Derivados Lácteos. España. Ayala.701p.
7. CUNNINGHAM, A. I. 2000. Optimización de Rendimiento y Aseguramiento de Inocuidad en la Industria de la Quesería. Una Guía para la Pequeña y Mediana Empresa. México, OEA. 157p.
8. CHILIBROSTE, P. 1998a. Principales Fuentes de Error en la Alimentación de Vacas Lecheras en Pastoreo: I Predicción del consumo. In. XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú.18 a 20 de julio1998 pp 1-12-36.
9. CHOISY, C.; GUEGUEN, J.; LENOIR, J; SCHMIDT, J. L.;TOURNEUR, C. 1990. Los Fermentos Microbianos. In El Queso. ECK, A. España, Omega S.A. pp 237-265.
10. DALGLEISH,D. G. 1997.The Effects of Milk Protein on the Functionality of Milk Products. In Milk Composición, Producción and Biotechnology. WELCH, R. A. S.; BURNS, D.J.W.; DAVIS, S.R.; POPAY, A.I.; PROSSER C.G. Hamilton, New Zeland, Cab internenacion. 581p
11. DILANJAN, CH. S.1984. Fundamentos de la Elaboración del Queso.1º Reimp. España, Acribia. 123 p.

12. DUMAIS, R; BLAIS, A; CONRAD, F.1991. Queso. IN Ciencia y tecnología de la leche. AMIOT.J. España, Acribia, S.A. pp 249-297.
13. EMMONS, D. B.; ERNSTROM, C. A.; LACROIX, C. y VERRET, P. 1990. Predictive Formulas for Yield of Cheese from Composition of Milk: A Review. J. Dairy Sci. 73 (6): 1365 – 1394.
14. EMMONS, D. B.; ERNSTROM, C. A.; LACROIX, C.; SAEVË, P. 1993. Further Considerations in Formulas for Prediting Cheese Yield from the Composition of Milk J. Dairy Sci. 76:914 - 920.
15. FAO. 1972. La Leche y los Productos Lácteos en la Nutrición Humana. 2^{da} Edición Revisada. Roma, 90p.
16. FENELON, M.A.; GUINEE, T. P.1999. The Effect of Fat on Cheddar Cheese Yield and Its Prediction, Using Modifications of the Slyke Cheese Yiel Formula. J. Dary Sci 82:2287 – 2299.
17. GIANNEECHINI, R.; CONCHA, C.; RIVERO, R.; DELUCCI, I.; MORENO LÓPEZ, J. 2002.Ocurrencia de mastitis clínica y subclínica en rodeos lecheros de la Región Litoral Oeste en Uruguay. In Jornada de lechería, INIA, La Estanzuela. (Serie de Actividades de Difusión N°287) pp23-32
18. GIANNEECHINI, R.; PARIETTI, I.; DE MARÍA, P. 2002. Evaluación de pérdidas económicas relacionadas a mastitis para establecimientos lecheros en Uruguay.In Jornada de lechería, INIA, La Estanzuela, (Serie de Actividades de Difusión N°287) pp 35-39.
19. LABORDE, W .1979. Elaboración del queso Colonia. In Curso de Capacitación para Supervisores de Industrias Lácteas. Especialización en Quesos. (2^{do}.1979.Montevideo). Trabajos presentados. Facultad de Agronomía.
20. LUCEY, J.A.; FOX, P. F. 1993. Importance of Calcium and Phosphate in Cheese Manufacture: A Rewie. J Dairy Sci.76(6):1717 – 1724.
21. LUCEY, J.; KELLY, J.1994. Cheese Yield. J. Dairy Sci. y Technology. 47(1): 1-14.
22. MAUBOIS. J.L.; MOCQUOT. G.1971. L´appréciation des rendements en fromagerie. LeLait 507:416-421.

23. MARTEGANI, H. 1994. Procesos tecnológicos. Queso Colonia. In Programa de fortalecimiento académico de la Escuela de Lechería de Colonia Suiza. (Documento Estructurante N°7).
24. OLDHAM, J.D; SUTTON, J. D.1983. Composición de la Leche y la Vaca de Alta Producción. In Estrategias de Alimentación para Vacas de Alta Producción. BROSTER W.H; SWAN. H. México, A.G.T. Editor S.A. pp 84 –108.
25. POLITIS,I.; NG-KWAI-HANG, K.F.1988. Association Between Somatic Cell Count of Milk and Cheese- Yielding Capacity. J Dairy Sci.71: 1720-1727.
26. QUINTANILLA, M. A; PEÑA, A. E. 1991. El Rendimiento Quesero. Alimentaria. Marzo: 39- 42.
27. REARTE, D.H.1992.Alimentación y Composición de la Leche en los Sistemas Pastoriles. EEA. Balcarce. INTA. CEBRAS. 81p.
28. RIEL, R.1991.Composición y estructura fisico-química de la leche. In Ciencia y tecnología de la leche. AMIOT.J. España, ACRIBIA, S.A. pp 1-53.
29. SWAN. H.1983. Fisiología de la lactancia y la reproducción. In Estrategias de Alimentación para Vacas de Alta Producción. BROSTER W.H. Y SWAN. H. México, A.G.T. Editor S.A. pp 38 – 51
30. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA.1994. Sanidad animal pp 178-268.
31. VANDEWEGHE, J. 1990. El rendimiento quesero. Predeterminación y medida. In El Queso. ECK, A. España, Omega S.A. pp 425 –432.
32. VAN SLIKE, L; PRICE, W.1949. Chees. 4ta reimp. EEUU,Orange Judd Publishing Compan, inc.522p
33. VARNAM, A.H; SUTHERLAND, J.P.1995.Lече y productos lácteos; Tecnología, Química y Microbiología. España. Acribia, S.A. 476p
34. WEBER, F.1990. El desuerado del coágulo. El Queso. ECK, A. España, Omega S.A. pp 21- 55.