

CAPÍTULO VII

**ESQUEMA TECNOLÓGICO GENERAL Y PARÁMETROS OPERACIONALES
EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS**

**GENERAL TECHNOLOGICAL SCHEME AND PROCESSING PARAMETERS
IN CHEESEMAKING**

RESUMEN	178
ABSTRACT	179
INTRODUCCIÓN	180
ETAPAS DEL ESQUEMA TECNOLÓGICO GENERAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESOS	181
FASE I. ACONDICIONAMIENTO-COAGULACION DE LA LECHE	182
Recepción de la leche (P-1)	182
Estandarización de la leche (P-2)	183
Pasteurización (P-3)	184
Premaduración de la leche (P-4)	186
Acondicionamiento (P-5)	186
Coagulación (P-6)	187
FASE II. SINERESIS O EXUDACION DEL SUERO DE LA CUAJADA	188
Corte (P-7)	188
Cocción de la cuajada (P-8)	189
Lavado (P-9)	190
Desuerado (P-10)	191
Cheddarización (P-11)	191
Salado (P-12)	193
Moldeado (P-13)	194
Prensado (P-14)	196
FASE III. MADURACION DE LOS QUESOS	198
Maduración (P-15)	199
PARÁMETROS OPERACIONALES	201

CONCLUSIONES	210
CUESTIONARIO	211
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213

RESUMEN

En el presente capítulo se analizaron cada una de las etapas del esquema tecnológico general del proceso de elaboración de quesos en 15 pasos. Para cada etapa del proceso, fueron analizados los parámetros operacionales presentes, tomando como referencia base los quesos blandos, semiduros y duros en función a los diferentes tipos de quesos representativos, como el queso Camembert, Gouda y Gruyere. La principal contribución de este capítulo es que representa la aplicación de todos los conocimientos planteados de los capítulos anteriores resumidos en un solo capítulo, lo cual constituye una excelente referencia para los productores de queso que buscan concretar y aplicar la información. Las 15 etapas del esquema general de elaboración de quesos conducen a tres fases fundamentales: coagulación, sinéresis y maduración. En la coagulación enzimática, se desestabiliza el sistema proteico a través de la acción enzimática de la renina y con la formación de un gel que va a crear las condiciones necesarias para iniciar la sinéresis. Con la sinéresis se logra separar el suero de la cuajada y de esta manera iniciar la reducción de la humedad en el queso para estabilizarlo desde el punto de vista de preservación de alimentos a través de la reducción de su actividad de agua. En la fase de maduración, se crean las condiciones de humedad relativa y temperatura para que las BAL ejercen su actividad y de esta forma complementar la preservación del queso por reducción del pH, incremento de la acidez y formación de compuestos antimicrobianos que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos. En función de los parámetros operacionales y la secuencia de pasos del esquema general, además de la composición en grasa y proteínas del queso, dependerán el desarrollo de las BAL que a lo largo del proceso de maduración, producirán los componentes de sabor, aroma y flavor que determinaran el estándar de identidad en cada uno de los quesos que existen en el mundo.

Palabras clave. Esquema general, quesos, coagulación, sinéresis, maduración.

ABSTRACT

This chapter presents the general technological scheme of cheesemaking in 15 steps. In addition, the processing parameters for the soft, semi-hard, and hard cheeses regarding some reference cheeses, such as Camembert, Gouda, and Gruyere cheeses, were analyzed. The main contribution of this chapter is to show in a single chapters the application of the whole knowledge, which is an excellent reference for cheese producers looking for concrete and applying the information. The 15 stages of the general cheesemaking scheme are within three fundamental phases: Setting, Syneresis, and Aging. In the enzymatic setting, the milk protein system is destabilized through the enzymatic action due to the presence of rennet, forming a gel that creates the conditions to start the syneresis process. With syneresis, it is possible to separate the whey from the curd and thus initiate the reduction of moisture in the cheese to stabilize it from the point of view of food preservation through the reduction of its water activity. At the aging phase, fixed relative humidity and temperature allow LAB to exert their activity in cheese and consequently complement the preservation of it by reducing the pH, increasing acidity, and forming antimicrobial compounds that inhibit pathogen growth. Based on the operational parameters and the sequence of steps of the general scheme, as well as the moisture, fat, and protein, LAB will grow throughout the maturation process. Furthermore, they will produce the components of flavor, aroma, and taste that will determine the standard of identity for each of the different kind of cheeses in the world.

Key words. General scheme, cheeses, coagulation, syneresis, aging.

INTRODUCCIÓN

El esquema tecnológico general del proceso de elaboración de quesos, propuesto en este capítulo, así como los parámetros operacionales, representan el marco de trabajo que va a delimitar el proceso de elaboración de cualquier tipo de queso según las características físico-químicas, microbiológicas, texturales y organolépticas deseados en producto final.

Se propone un esquema general de 15 pasos que engloban desde la recepción de la leche hasta el proceso de maduración de los quesos. Se tomó como referencia el queso Gouda porque este se adapta en su totalidad a la secuencia general de pasos, además está presenta la tecnología de formación de ojos a través del metabolismo de los citratos, mientras que como referencia para el queso blando, el queso Camembert porque este lleva implícito una tecnología que permiten madurar los quesos blandos, tomando en cuenta que el criterio general es que solo los quesos semiduros y duros son susceptibles a ser madurado ya que, en estos tipos de queso se logra un mayor control de la humedad a nivel de cava de maduración, finalmente se tomó al queso Gruyere en representación del queso duro por su tecnología de formación de ojos producidos por el metabolismo de los lactatos.

Los parámetros operacionales, están representados por factores independientes como porcentaje de grasa en la leche, temperatura de proceso, pH, acidez, tiempo, cantidad de aditivos lácteos, proporción de fermentos, cantidad de enzimas, tamaño del corte, temperatura de cocción, proporción de agua de lavado, pH de fermentación de la cuajada, cantidad de sal, tasa de presión, temperatura de maduración, porcentaje de humedad relativa y tiempo de maduración. Los pasos del esquema general y su secuencia van a depender del tipo de queso que se desea obtener como producto final.

La importancia del presente capítulo radica en que es la superposición del esquema tecnológico general, los parámetros operacionales y la secuencia de pasos, así como la forma de llevar a cabo cada una de ellas, lo cual definirán el estándar de identidad para cada uno de los tipos de quesos que existen a nivel mundial.

Basados en lo anteriormente señalado, el presente capítulo tiene como objetivos estudiar cada una de las etapas del esquema general del proceso de elaboración de quesos en 15 pasos y analizar los parámetros operacionales presentes tomando como referencia base para los quesos blandos, semiduros y duros y en función a los diferentes tipos de quesos, como el queso Camembert, Gouda y Gruyere. Finalmente se concreta toda la información con un cuadro resumen el cual es de utilidad para la escogencia del tipo de queso que se desea obtener así como su secuencia de pasos.

Al final del capítulo, se proponen un cuestionario de preguntas para fijar los conocimientos relacionados con el tema de esquema general de elaboración de quesos y parámetros operacionales. Así, el lector, junto con la práctica que pueda realizar en planta, tendrá la capacidad para realizar los ajustes en los parámetros requeridos para la fabricación del queso Camembert, Gouda y Gruyere para la elaboración de quesos madurados blandos, semiduros y duros a partir de leche pasteurizada.

ETAPAS DEL ESQUEMA TECNOLÓGICO GENERAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESOS

El proceso general de elaboración de quesos se puede resumir en 3 fases y 15 pasos de acuerdo al esquema tecnológico presentado en la Figura 1. Como es un esquema general, la cantidad de pasos y equipos puede variar de acuerdo al tipo de queso que se esté fabricando. A continuación se analizará en forma breve, cada uno de los pasos en función a su fundamento, función del personal y equipos empleados, así como las variaciones en cuanto al tipo de queso de acuerdo a su consistencia y sus parámetros operacionales.

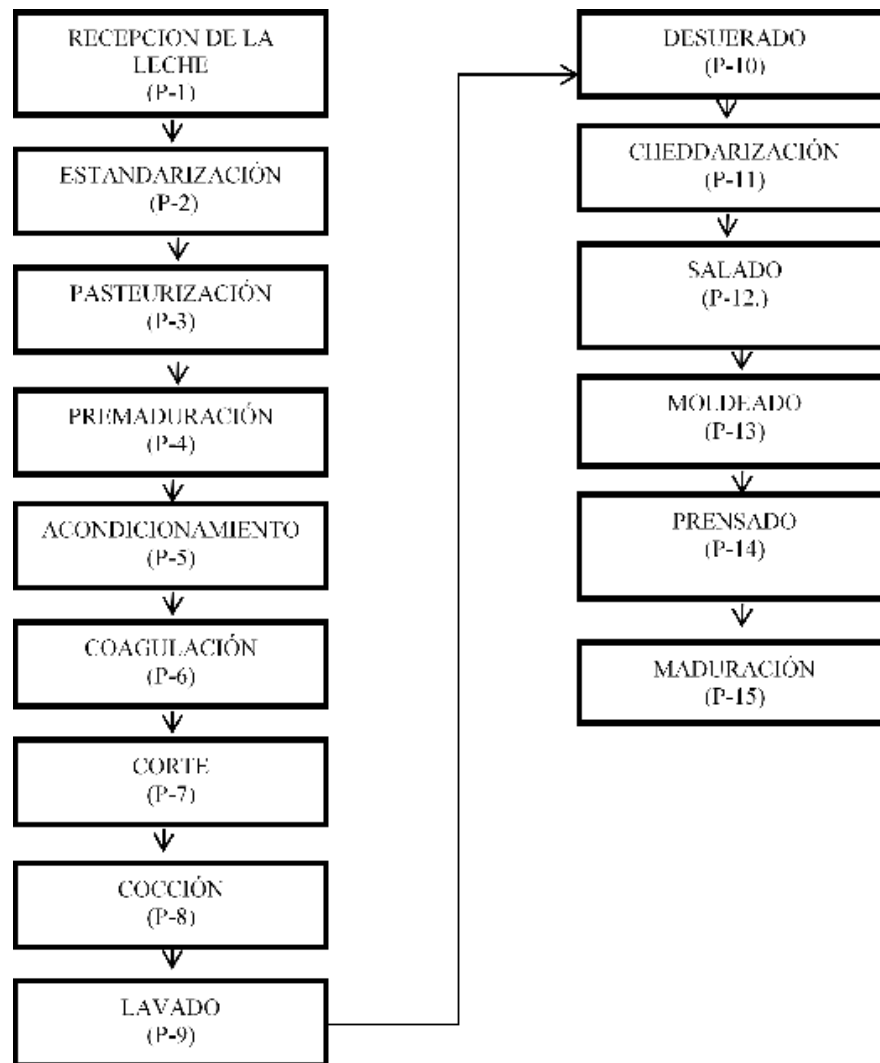


Figura 1. Esquema tecnológico general del proceso de elaboración de quesos.

Es importante destacar que antes de iniciar el proceso de fabricación, la leche debe ser filtrada ya sea pasándola a través de filtros de metal, de tela o desechables o clarificarla para remover las partículas más densas, y si no se procesa inmediatamente después del ordeño, debe ser enfriada y almacenada en los tanques o silos de enfriamiento por un tiempo máximo de dos días.

FASE I. ACONDICIONAMIENTO-COAGULACION DE LA LECHE

La fase I, se denomina acondicionamiento-coagulación de la leche, en donde involucra todos los pasos que van desde la recepción de la leche cruda, estandarización de la leche, pasteurización de la leche, enfriamiento, prefermentación con cultivos lácticos, adición de cloruro de calcio y finalmente coagulación.

Recepción de la leche (P-1)

La primera actividad a realizar en una planta de quesos es la recepción de la leche, el cual denominaremos como paso uno o (P-1). En la recepción, es norma en los Estados Unidos realizar la prueba de antibiótico. La aparición de residuos de antibióticos en la leche es responsabilidad del ganadero, y los emplean en la terapia y prevención de enfermedades del animal. En vacas lactantes los agentes antimicrobianos son usados frecuentemente para el control de la mastitis y de allí pasan a la leche en diferentes niveles (Fisher *et al.*, 2003).

La razón para el monitoreo de residuos de antibióticos en la leche para el consumo humano son: i) pueden influir en la inducción de resistencia microbiana; ii) desordenes en la flora intestinal y reacciones alérgicas; iii) pueden ser carcinogénico como furazolidona y sulfametazina (Honaken y Reybroeck, 1997).

Por otra parte, en el laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, la recepción implica realizar las pruebas de plataforma, ya que literalmente el camión está en la plataforma de recepción esperando si le da curso a la entrada o no de la leche a la planta.

En este sentido las pruebas deben ser sencillas y con resultados rápidos. Entre las pruebas de plataforma más importantes se encuentran la temperatura, el pH, la densidad, acidez, prueba de alcohol y resazurina. Luego existen una batería de pruebas que requieren un protocolo y equipos de mayor envergadura y tiempo de realización como crioscopia, cloruros y grasa.

Por su parte, las pruebas organolépticas verifican que la leche tenga los atributos sensoriales como olor, color, sabor y apariencia propias de la leche cruda recién ordeñada. La prueba microbiológica indirectas como la resazurina indicarán de manera indirecta la carga de microorganismo.

Los valores referenciales de las características físico-químicas que deberían tener la leche para ser aceptada en cualquier quesera a nivel nacional e internacional pueden ser tomados según la norma Venezolana COVENIN-903 (1993), para leche cruda y son las siguientes:

- Temperatura: 5-10 °C
- pH: 6,5-6,7/ o 6,6-6,8 (FAO, 1999).
- Densidad a 15 °C: 1,028-1,033.
- Acidez titulable: 15 a 19 mL de NaOH 0,1 N/100 mL.
- Grasa: 3,2% (p/v)

- Sólidos no grasos: 8,8% (p/v)
- Sólidos totales: 12% (p/v)
- Prueba de alcohol: Negativa
- Prueba de antibiótico: Negativa.

Puntos de control del proceso: temperatura inicial, pH, grasa, presencia de antibiótico, acidez, densidad, prueba de alcohol, prueba de resazurina.

Función del personal: i) Chequear temperatura de la leche y presencia de antibióticos; ii) registrar el pH, densidad, acidez y grasa en la leche; iii) verificar estabilidad iónica con prueba de alcohol y prueba de antibiótico y calidad microbiológica con resazurina. Número total de trabajadores: 1.

Equipos: i) pH-metro; ii) densímetro; iii) Acidímetro; iv) baño de maría; v) Centrifuga Babcock.

Estandarización de la leche (P-2)

La estandarización consiste en ajustar la composición química de la leche en función al contenido de grasas. La proporción de grasa/proteína se ajusta dependiendo del tipo de queso a fabricar. En esta etapa se garantiza que el queso tenga la proporción de grasa adecuada y que sea constante en todos los lotes de producción (Chandan y Kapoor, 2011).

La estandarización de la leche para la elaboración de quesos permite a los queseros manipular la composición del queso para asegurar que la variedad de queso en particular encuentre los requerimientos legales con respecto al mínimo de grasa en base seca y que el contenido de humedad no exceda al máximo estándar. De esta manera se reduce las variaciones estacionales en la composición del queso y en su rendimiento (Lucey y Kelly, 1994).

Una forma de estandarizar la grasa de la leche es empleando el separador centrifuga, ya sea para remover total o parcialmente la grasa y luego incorporarla en función a los caudales de salida de leche descremada a crema de leche. Esta técnica se debe conocer la proporción de grasa de la leche descremada y de la crema, así como la de la leche a estandarizar y luego variando los caudales se obtienen la proporción de grasa deseada.

Una manera práctica de estandarizar la leche consiste en descremar completamente una parte de la leche y luego mezclarla con la leche completa. La otra forma es adicionar crema de leche a una leche que tenga bajo contenido en grasa. En cualquiera de los casos, siempre la proporción de grasa a obtener será constante, por lo que el producto final mantendrá constante su composición química. La temperatura de estandarización de la leche es a 40 grados centígrados.

Es posible calcular el contenido de grasa necesaria en la leche, a partir del contenido de grasa en base seca deseado en el queso, usando la ecuación empleada por DPIA (2003b):

$$\% GL = \frac{\% GBs \times (\% P \times 0,75 + 0,468)}{0,90 \times (100 - \% GBs)} \dots\dots\dots (1)$$

En donde %GL: % de grasa en la leche; %GBs: % de grasa en base seca en el queso; %P: % de proteínas en la leche.

Ejemplo. El queso Gouda debe tener un % de grasa mínimo en base seca de 46%(CFR, 1983); para ello se parte con una leche con 3,2% de proteína. Usando la ecuación (1), determine la cantidad en % de grasa en la leche a estandarizar.

$$\% GL = \frac{46 (3,2 \times 0,75 + 0,468)}{0,90 \times (100 - 46)} = 2,7\% \dots\dots\dots (2)$$

Conclusión. Se debe partir de una leche con 2,7% de grasa y 3,2% de proteínas con una relación proteína a grasa (P/G=1,18) para obtener un queso con 46% de grasa y un máximo de humedad del 45% (CFR, 1983).

Puntos de control del proceso: porcentaje de grasa en la leche, crema y leche estandarizada.

Función del personal: i) Chequear temperatura de estandarización; ii) verificar caudales de leche estandarizada y crema de leche; iii). Número total de trabajadores: 1.

Equipos: i) Tanque de pasteurización para calentamiento a 40 °C; ii) Centrifuga para estandarización.

Pasteurización (P-3)

El principio por el cual se basa la pasteurización es el calentamiento de fluidos a una temperatura específica por un periodo de tiempo. La efectividad en el control del proceso en esta etapa es un punto crítico de control para asegurar la inocuidad alimentaria desde el punto de vista de salud pública y mantener la calidad en producto terminado en lo que respecta al sabor, aroma y textura (Wand *et al.*, 2000).

La pasteurización de la leche se introdujo para prevenir la transmisión oral de la tuberculosis, brucelosis y otras enfermedades infecciosas. El objetivo de pasteurizar la leche es destruir las bacterias patógenas más termorresistentes, que pueda crecer en la leche, como el *Mycobacterium tuberculosis* y actualmente la *Coxiella burnetti*, inactivar las enzimas termolábiles (catalasa y fosfatasa alcalina) y reducir la carga de bacterias deteriorativas (Cerf y Condron, 2006).

Las regulaciones emitidas por la FDA, requieren la pasteurización de la leche a 71,7 °C (161 °F) por 15 segundos o su equivalente a 63 °C (145 °F) por 30 minutos para la elaboración de quesos. Si la leche no es pasteurizada para la elaboración de quesos, esta debe ser madurada al menos por 60 días a 1,67 °C (35 °F) previo a su consumo (Chandan y Kapoor, 2011).

Según Ramesh, (2007), la leche puede ser pasteurizada empleando dos tipos de métodos: i) pasteurización batch o por lote: también es conocida como baja temperatura corto tiempo (LTLT; en inglés Low Temperature Long Time): en este método la leche es mantenida a 62,8 °C por 30 minutos. El sistema de pasteurización por carga consiste en un tanque en acero inoxidable de doble chaqueta o equipado con sistema de serpentín, en donde la leche es calentada a la temperatura deseada (Figura 2). ii) Pasteurización continua: llamado alta temperaturas corto tiempo (HTST; High Temperature Short Time) (Gut y Pinto, 2003). En este sistema la leche es

sometida a 71,7 °C por 15 segundos o más por el flujo de leche a partir de la transferencia de calor a través de diferentes placas dispuestas en arreglos modulares compactos. En la pasteurización continua se emplea el intercambiador de calor de placas (Picon-Nuñez *et al.*, 2004).



Figura 2. Pasteurizador Batch de doble tanque (1200 litros hora). Cortesía Harvest Home Dairy, LLC.

La fosfatasa alcalina es una enzima natural presente en la leche cruda, la cual es usada como indicador para una apropiada pasteurización de la leche. Esta enzima está asociada a los microsomas presentes en los glóbulos grasos, tiene un pH óptimo de actividad de 9,75 y se destruye progresivamente con el calor, razón por la cual su determinación sirve para controlar la eficiencia en la pasteurización (COVENIN-573, 1979).

La escogencia de la enzima fosfatasa alcalina como indicador de pasteurización se debe a que la termorresistencia de la enzima a 64 °C ($D_{64^{\circ}\text{C}}=8$ minutos; $Z=5,1$ °C) (Lewis, 2000) es mayor con respecto a la bacteria patógena más termorresistente que puede crecer en la leche (*Coxiella burnettii*; $D_{64^{\circ}\text{C}}=2,19$ minutos; $Z=4,34$ °C) (Cerf y Condron, 2006), por lo que si se elimina la enzima fosfatasa alcalina por defecto el patógeno queda destruido. La determinación química de la presencia de la enzima en la leche es un protocolo sencillo de ejecutar a nivel de cualquier planta de leche con respuestas en 2 minutos, al compararlo con los análisis microbiológicos de estudios de incidencia que se deben realizar para una bacteria patógena, requiere mayor gasto de tiempo (1-3 días) además se requeriría personal especializado en el área de microbiología y un laboratorio microbiológico nivel 3 de seguridad. Lo anterior explica las razones por la cual la determinación de la fosfatasa alcalina es ampliamente aceptada como índice de resistencia térmica en Europa y en los Estados Unidos.

Puntos de control del proceso: Temperatura y tiempo en alcanzar la temperatura pasteurización. Tiempo de retención a la temperatura de pasteurización. Temperatura del termómetro de leche y termómetro de espuma. Controlar la cantidad de vapor del calderín.

Función del personal: i) registrar la temperatura de pasteurización; ii) controlar el tiempo de pasteurización; iii) Verificar el diferencial de temperatura de la espuma se mantenga entre 5 a 10 grados por arriba de la temperatura que mide la pasteurización de la leche. Número total de trabajadores: 1.

Equipos: i) Pasteurizador de placas (Procesos continuos); ii) Tanque pasteurizador (procesos por carga).

Premaduración de la leche (P-4)

Esta etapa consiste en reactivar las bacterias iniciadoras para producir ácido láctico requerido en la fase de cocción y fermentación o cheddarización de la cuajada.

Las enzimas producidas por las BAL están envueltas en los procesos de proteólisis y lipólisis en la fase de maduración de los quesos (Fox y Wallace, 1997).

Los cultivos mesofílicos o termofílicos que son usados van a depender del tipo de queso a ser manufacturado. Los mesofílicos son empleados en la producción de queso Cheddar, Gouda, Edam, Blue y Camembert, mientras que los termofílicos son usados para quesos duros de cocción alta (50-55 °C) tales como el Emmental, Gruyere, Parmesano y Grana (Baresford *et al.*, 2001).

En esta etapa se chequea la acidez, pH, temperatura y tiempo de incubación. La leche es transferida para su premaduración en la tina para la coagulación de la leche.

Puntos de control del proceso: Cantidad de fermentos lácticos a incorporar, temperatura y pH de la leche. Tiempo de acidificación, temperatura y pH al final de la premaduración.

Función del equipo: i) Chequear temperatura y pH de la leche al inicio y al final de la premaduración; ii) Pesar la cantidad de fermentos lácticos e incorporarlos a la leche; iii). Número total de trabajadores: 1.

Acondicionamiento (P-5)

Es una práctica común en tecnología quesera la adición de cloruro de calcio a la leche, sobre todo cuando ha sido pasteurizada; la presencia de iones de calcio, en cantidades suficientes, es indispensable para la floculación de las micelas de caseína modificadas por la acción del cuajo. El fenómeno de floculación solo se produce si la leche contiene al menos una concentración de 1,5 a 2 mM de Ca⁺; con esta adición de calcio se reduce el tiempo de coagulación y aumenta la firmeza del gel formado (Tornadijo *et al.*, 1998). La norma Venezolana COVENIN-3821 (2003), recomienda la incorporación a la leche pasteurizada de 20 g CaCl₂/100 L, esta proporción es equivalente a 1,81 mM de calcio lo que permitiría la correcta floculación de la caseína y una adecuada firmeza del gel previo a la fase siguiente que es el corte del gel de paracaseinato fosfato dicálcico formado.

Puntos de control del proceso: Cantidad de cloruro de calcio a incorporar.

Función del personal: i) pesar cantidad de cloruro de calcio requerido. Número total de trabajadores: 1.

Coagulación (P-6)

La coagulación enzimática de la leche consiste en la formación de un gel o coagulo mecánicamente resistente debido a la desestabilización de la caseína iniciada por la incorporación de la enzima renina en presencia de calcio soluble (Udarajan, 2007).

Según Dalla (2015), el proceso de coagulación de la leche consiste en tres etapas tal como se muestra en la Figura 3. En la Etapa I, denominada enzimática, la enzima corta el enlace específico fenil-alanina-105-106-metionina de la Kapa-caseína, liberando la parte hidrofílica de la molécula (Glicomacropeptido; GMP) y quedando la porción insoluble o hidrofóbica llamada para-kapa-caseína, el cual queda unido a la caseína y que en su conjunto forma la para-caseína.

Cuando el 90% del GMP ha sido liberado se inicia la segunda etapa (Broyard y Gaucheron, 2015) o fase de agregación, también llamada fase química, en donde la para-caseína esta desprovista de su estructura que la mantenía estable o GMP en un medio altamente hidrofílico (presencia de iones de calcio). La presencia de GMP estabilizaba el sistema a través de la repulsión electrostática e impedimento estérico. Lo anterior, conduce a la interacción hidrofóbica o unión entre las partículas de caseína quedando atrapados la grasa en una red tridimensional.

Posteriormente se inicia la etapa III o sinéresis, la presencia de calcio soluble conducen a una mayor retracción de la caseína y posterior exudación del suero, el cual puede ser acelerada por tratamiento mecánico (corte) y térmico (cocción) (Dalla, 2015).

El Q_{10} para la fase enzimática de la coagulación a pH 6,7 es entre 1,8 a 2, mientras que para la agregación es de 11 a 12 (Cherían *et al.*, 1975). De lo anterior se puede deducir que si el tiempo de coagulación de la leche a 30 °C es de 40 minutos, si se incrementa a 40 C, su velocidad de reacción será el doble, es decir la leche coagulará en 20 minutos.

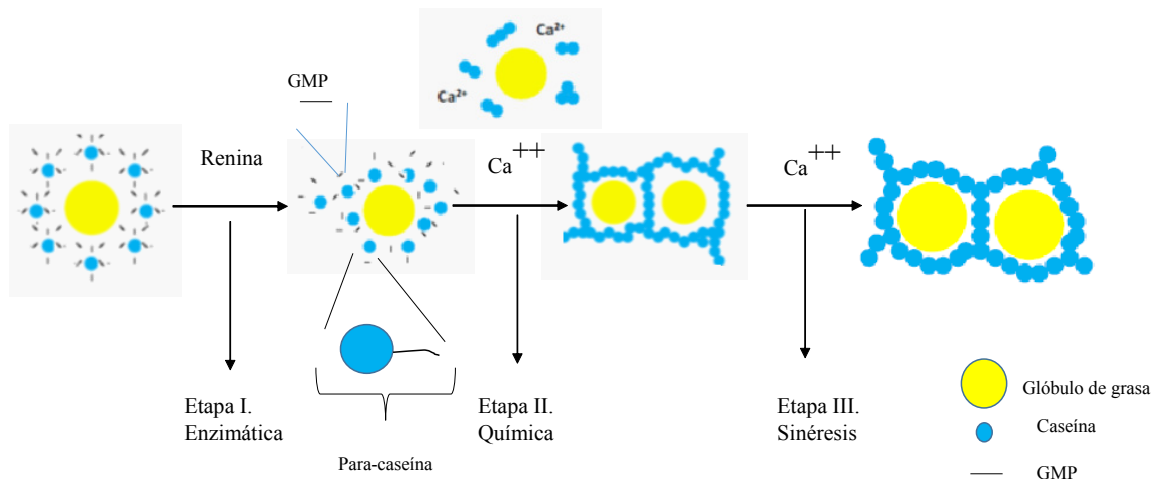


Figura 3. Modelo representativo adaptado del proceso de coagulación de la leche según Dalla (2015).

Puntos de control del proceso: Cantidad de renina a incorporar, temperatura y tiempo de coagulación.

Función del personal: i) Chequear temperatura de coagulación; ii) verificar temperatura de la leche; iii) pesar cantidad de cuajo requerido. Número total de trabajadores: 1.

Equipo: i) Tina de coagulación.

FASE II. SINERESIS O EXUDACION DEL SUERO DE LA CUAJADA

Corte (P-7)

El corte es el rompimiento del coagulo para iniciar la separación del suero de la cuajada. El área superficial creada cuando el coagulo es cortado en partículas actúa como compuerta de salida del suero, mientras mayor sea el área superficial, mayor es la salida del suero y menor es la humedad en producto final (Kindstedt, 2014).

Con el corte del coagulo formado, la cuajada es transformada en gránulos de diferentes tamaños dependiendo del tipo de queso: gránulos grandes (tamaño de nuez: 2x2x2 cm), alto porcentaje de retención de agua (quesos suaves); gránulos de tamaño pequeño (grano de arroz; 0,5x0,5x0,5 cm) bajo porcentaje de agua (quesos duros madurados); gránulos de tamaño intermedio (tamaño de grano de maíz o garbanzo; 1x1x1 cm) humedad intermedia (quesos semiduro). El tamaño del corte es por lo tanto extremadamente un punto crítico del proceso para el tipo de queso que se desee (Farnham y Druart, 2011).

Es importante realizar el rompimiento del coagulo en el momento correcto, si se realiza el corte antes, la cuajada será muy suave y difícil de trabajar, y si se realiza después del tiempo, este será muy firme, si está muy firme al cortar, el corte será mucho mayor al esperado. El tiempo exacto de corte puede ser determinado introduciendo la punta de un termómetro en un ángulo de 45 °, si esta se separa en forma limpia y clara sin dejar restos de cuajada en el termómetro estará listo para ser cortada (Carroll, 2002).

La herramienta empleada para el corte del coagulo se denomina lira (Figura 4), y consisten en unos alambres espaciados de acero inoxidable, uno en forma horizontal y el otro en forma vertical, y mediante el cual son introducidos en el gel formado y se pasan a lo largo del mismo (Figura 5) y luego a lo ancho, tanto la lira horizontal como la vertical para obtener la cuajada cortada en forma de cubitos, estos pases se realizan de manera manual o mecanizado.

Puntos de control del proceso: tamaño del granulo de cuajada, numero de pases o corte con la lira.

Función del personal: i) Chequear las liras de corte higienizadas; ii) verificar tamaño de las liras de corte. Número total de trabajadores: 1.

Equipos: i) liras de corte; ii) agitadores de plástico.

Cocción de la cuajada (P-8).

La cocción consiste en la aplicación de calor y agitación a la mezcla de suero y cuajada después del corte del coágulo (Dejmek y Walstra, 2004).

Durante la cocción ocurren los siguientes eventos: i.) encogimiento y deshidratación de la cuajada, ya que cuando las partículas son calentadas, en estas se encogen y expulsa la fase acuosa o suero ii) acidificación y desmineralización de la cuajada, debido a que las formas solubles de los minerales como el Ca^{++} y PO_4^- son expulsados juntos con el suero, a medida que se reduce el pH (Fox *et al.*, 1990; Lucey, 1990).



Figura 4. Liras de corte vertical (Foto superior) y horizontal. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.



Figura 5. Autor de la obra realizando el corte con lira horizontal del queso Gouda. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.

Basado en lo anterior, se puede señalar que si previamente a la leche le fue incorporada los fermentos lácticos mesofílicos y termofílicos, la acción conjunta de los fermentos hace que la producción de acidez sea mayor, aunado a un incremento elevado de las temperaturas (>45 °C) por lo que la salida del suero se incrementa, así como su grado de desmineralización, haciendo el queso sea más seco, que es el caso de los quesos duros, como el Gruyere y Parmesano. En el caso de los quesos semiduros como el Gouda, actúan solo bacterias mesofílicas, y las temperaturas de cocción son menores (aproximadamente 40 °C) por lo que la temperatura y acidez desarrollada no son tan acelerada y el grado de desmineralización es menor comparado con el queso duro por lo que la salida de suero es intermedia lo que la hay mayor retención de humedad final en los quesos. Dado que los quesos blandos no se cocinan ni desarrollan una alta acidez, su grado de desuerado es menor, la retención de humedad es mayor, obteniéndose quesos más húmedos.

Puntos de control del proceso: temperatura del agua de calentamiento, temperatura de la cuajada, tiempo de calentamiento.

Función del personal: i) Chequear temperatura del agua de lavado; ii) verificar temperatura de la cuajada; iii) controlar en tiempo de calentamiento en base al número de grados de temperatura por minuto a incrementar. Número total de trabajadores: 1.

Equipos: i) agitador de plástico, baño de maría, bomba.

Lavado (P-9)

En los quesos como el Edam, Gouda y Colby, la cuajada es lavada ya sea con agua caliente o fría, dependiendo del tipo de queso, con la finalidad de disminuir su acidez y que el sabor del queso sea más suave. En los quesos holandeses como el Gouda y el Edam, se suele desuerar hasta un 33% cuando la temperatura en la fase de calentamiento alcance los 36 °C y luego se incorpora agua caliente a 60 °C en un volumen que le permita a la cuajada incrementar su temperatura a 38 °C (Chandan y Kapoor, 2011). En el caso del queso Colby, cuando la cuajada alcanza los 38,8 °C y se permita su agitación lenta por 30 minutos, se realiza el desuerado a nivel de cuajada y se incorpora agua de lavado a 15 °C para reducir la temperatura de la cuajada de 38,8 hasta 26,6 °C (Carroll, 2002).

La temperatura del agua de lavado es importante porque en el caso de elaboración del queso Gouda el cual se emplea agua caliente, lo que se busca es expulsar más suero con la consecuente reducción de la humedad final en el producto, mientras que en el caso del queso Colby, es lo contrario, el agua de lavado es a temperaturas menores por lo que la cuajada absorbe más humedad, incrementando la humedad del producto final, obteniéndose quesos más suaves al compararlos a la textura del queso Gouda (Tunick, 2014).

Puntos de control del proceso: pH, temperatura y cantidad de suero drenado y de agua de lavado.

Función del personal: i) Chequear el pH del suero; ii) apilar la cuajada al extremo opuesto al desuerado; iii) drenar el suero; iv) verificar cantidad de suero drenado; v) temperatura del aguade lavado; vi) realizar la reposición del suero extraído con el agua de lavado vii) chequear la temperatura de la mezcla de suero+cuajada+agua de lavado. Número total de trabajadores: 1.

Equipos: i) Agitador de plástico; ii) termómetro.

Desuerado (P-10)

El desuerado consiste en la separación parcial de las partículas de cuajada del suero libre que las rodea. Un método antiguo y artesanal de hacerlo, consiste en extraer la mezcla del suero más cuajada con el cucharón y luego pasarla a través de un tamiz en acero inoxidable, el suero es gradualmente drenado a través de las perforaciones quedando retenida la cuajada. Otro método es sumergir un extremo del liencillo o muselina en el fondo de la tina de coagulación y luego levantar la mezcla de suero + cuajada para colocarla directamente en el molde, en donde termina de desuerar. Por último, el método que consiste en apilar la cuajada que está en el fondo de la tina de coagulación hacia el extremo opuesto a la salida del suero, una vez apilada, se libera el suero a través de la válvula de drenado, dejando salir el suero y quedando retenida la cuajada cocinada. A nivel industrial, un procedimiento práctico es bombear la mezcla de suero-cuajada a una mesa de drenado provista de un piso falso con perforaciones en donde atraviesa el tamiz perforado quedando retenida la cuajada (Kindstedt, 2014).

El primero de los métodos es muy común en el caso de la elaboración de quesos frescos como la Ricotta y el requesón, dado que parte de la cuajada queda flotando y es más fácil de extraerlo. El método de apilar la cuajada a un extremo de la tina, así como el procedimiento industrial se emplea en su mayoría en la elaboración de quesos semiduros como el Gouda o duros en los casos específicos como el queso Cheddar y Mozzarella, mientras que por lo general en quesos duros (Queso Gruyere), se suele emplear el método por inmersión del liencillo por debajo de la cuajada y transferencia directa de la cuajada a los moldes.

Puntos de control del proceso: pH, temperatura y tiempo de desuerado.

Función del personal: i) Chequear el pH del suero; ii) apilar la cuajada al extremo opuesto al desuerado; iii) drenar el suero; iv) reacomodar la cuajada a los lados de la tina para el desuerado final; v) chequear tiempo de drenado, temperatura pH de la cuajada al final del drenado del suero. Número total de trabajadores: 2.

Equipos: i) pala de plástico; ii) tamiz; iii) termómetro; iv) pH metro.

Cheddarización (P-11)

La cheddarización es el proceso de fermentación ácido láctica generada por los cultivos iniciadores mesofílicos y termofílicos en donde la cuajada reduce su pH de 6,1 a un rango de 5,4 a 5,2 para desmineralizarla y lograr cohesionar todas las partículas en una estructura compacta cuya textura superficial forman hebras tipo fibrosas. En ese momento la acidez del suero llega a 0,5-0,6% de acidez expresada como ácido láctico. Este proceso de acidificación ocurre en el proceso de elaboración del queso Cheddar americano y Mozzarella italiano (Chandan y Kapoor, 2011).

Procedimiento. Durante la cocción de la cuajada a 104 °F se verifica el pH, y si esta alcanzó los 6,1 se procede a desuerar de la cuajada. Una vez que todo el suero es drenado se inicia el proceso de cheddarización o acidificación de la cuajada. Debido a la desmineralización por efecto de la acidificación al transformar toda la lactosa en ácido láctico con posterior salida del suero, la cuajada comienza a compactarse, allí el quesero coloca la cuajada a un lado de la tina de coagulación para favorecer la salida del suero a medida que se va reduciendo el pH.

Basados en la experiencia en la planta de quesos Harvest Home Dairy LLC, primero se espera que haya un encogimiento de la cuajada (Etapa 1: pH 6,1 a 5,9 (Figura 6)), luego la cuajada es cortadas por la mitad (Figura 6; Etapa 2), con un ancho de corte aproximado de 16 pulgadas. Cuando el pH de la cuajada se reduce a pH 5,8 (Etapa 3) cada mitad del total de cuajada es cortada (transversalmente) con un ancho de corte de 6 pulgadas (Figura 7), formando losas o pequeñas paneles de cuajada. A los 10 minutos son volteado los paneles (el pH de la cuajada debería llegar a pH 5,4; Etapa 4) (Figura 7). Posteriormente se colocan apiladas unas arriba de la otra por 20 minutos (Figura 8; Etapa 5), forzando así la unión entre ellas.

A medida que el pH se reduce a 5,2, el peso de la cuajada, la presencia de calor y la actividad de las BAL hacen que la cuajada se formen una estructura sólida con textura similar a una pechuga de pollo (Chicken breast texture) (Figura 9) (Tunick, 2014).



Figura 6. Etapa 1 y 2 de la Cheddarización de la cuajada. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.



Figura 7. Etapa 3 y 4 de la cheddarización de la cuajada. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.



Figura 8. Etapa 5 de la cheddarización de la cuajada. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.



Figura 9. Cheddarización de la cuajada. Textura Chikien breast.

Consideraciones. Es importante destacar que la acidificación de la cuajada permite su contracción, facilita la salida del suero y el quesero puede manejar con mayor facilidad la cuajada para las operaciones siguientes de cortado, salado y moldeado. Se debe tomar en consideración que el tiempo de acidificación es crucial para el control de la humedad final en el queso.

Así es el caso del queso Gouda, el cual se somete a una ligera cheddarización por 10 minutos con rápida reducción de la temperatura de la cuajada para reducir la acidificación y que no se disminuya por debajo de pH 5,9- 5,8 y con esto se obtienen los beneficios de trabajar con una cuajada semi compactada. Si se deja más tiempo a una temperatura elevada, la transición de queso semiduro característico del Gouda a duro es inminente, por lo que es muy probable que se obtenga un queso Gouda más seco, y textura quebradiza lo cual sería un defecto en estos tipos de queso.

Puntos de control del proceso: pH del suero una vez realizado el corte, pH y la acidez del suero a lo largo del tiempo de cheddarización.

Función del personal: i) Chequear el pH de la cuajada una vez cortada y verificar la temperatura de cocción; chequear el pH y la acidez del suero drenada cada 10 minutos durante 90 minutos en la fase de cheddarización. Número total de trabajadores: 2.

Equipos: I) pH metro, termometro

Salado (P-12)

El salado es uno de los métodos clásico para la preservación de alimentos y el principio de su aplicación se basa en la reducción de la actividad de agua o a_w del producto (Fox y Cogan, 2004).

Contenido de sal. La cantidad de sal en los quesos varía entre 0,5 a 4% o más, dependiendo de la variedad de queso (Kindsted, 2014). Usualmente se ajusta a un 2,5% de sal en producto final. La norma COVENIN-3821 (2003), establece un máximo de 3% de sal en quesos blandos y semiduros, y para quesos duros hasta un 4%.

Funciones de la sal. La sal contribuye directamente al *flavor* o sabor salado en los quesos, y actúa como un agente preservante. Adicionalmente, influyen en la composición de los quesos, actividad microbiana, en especial en el metabolismo de la lactosa residual en la cuajada por las bacterias iniciadoras y secundarias, lo que afecta el pH, actividad enzimática, incluyendo el agente coagulante, enzimas endógenas de la leche y enzimas de las BAL, estimula a una mayor sinéresis, lo cual disminuye el contenido de humedad y por ende una reducción de la actividad de agua, en los quesos ocasiona cambios bioquímicos e hidratación de la caseína durante la maduración (Scott, 1981; Guinee y Sutherland, 2011; Guinee y Fox, 2004).

Métodos de salado. La adición de la sal a los quesos se puede realizar por uno de los cuatro métodos: i) salado directo (Figura 10), en donde se mezcla la sal directamente a la cuajada molida o troceada, ej. Queso Cheddar; ii) salado en salmuera, los quesos previamente moldeados y prensados son sumergidos en una solución de salmuera para que el NaCl difunda hacia el interior del queso en respuesta al diferencial osmótico entre la salmuera y la fase acuosa de los quesos, ej. Queso Edam, Gruyere; (Figura 10). iii) aplicación directa de la sal sobre la

superficie de los quesos previamente prensado, ej. Queso Camembert y azul (Ramirez-Velez *et al.*, 2017); Salado en la leche en algunas variedades de queso como el queso Domiati, en donde es añadida una cantidad sustancial de sal a la leche antes de la coagulación, para el control de la microflora bacteriana en la leche (Fox y Cogan, 2004).

Puntos de control del proceso: Cantidad de sal a incorporar en el queso, chequear el grado de sal en la cuajada.

Función del personal: i) calcular la cantidad de sal a incorporar en la cuajada; ii) cortar o trocear la cuajada en cubos pequeños de aproximadamente 1 a ½ pulgada, y distribuir a lo largo de la tina de coagulación, iii) incorporar la cantidad de sal requerida; iv) mezclar de manera continua la sal incorporada con la cuajada hasta homogeneizar la mezcla de sal; v) Chequear el contenido de sal. vi) Número total de trabajadores: 2.



Figura 10. Salado directo en la tina (foto izquierda) y salado por inmersión en salmuera (foto de la derecha). Cortesía Harvest Home Dairy, LLC.

Moldeado (P-13)

El moldeado de la cuajada es empleado para remover parte del suero de la cuajada y darle forma a los quesos. Una vez que la cuajada ha sido molida y salada, ya está lista para ser moldeada y prensada (Carroll, 2002).

Tipos de moldes. Los moldes empleados en la industria láctea pueden ser redondos de plásticos de 2,5 libra para Camembert, 5 libras en forma de canastas para Pecorino, o circulares de 10 libras para queso Gouda (Figura 11), moldes rectangulares para queso, Mozzarella, cuadrados tipo Wilson de 20 libras para queso Cheddar, Gouda y Colby (Figura 12), o redondos de metal de 20 a 40 libras para quesos italianos duros como el queso Parmesano o en los quesos suizos como el Gruyere y Emmenthal (Figura 13). Los quesos con forma redonda se les llaman ruedas y los quesos en forma rectangular se le denominan barras.

Procedimiento de moldeado. La manera o forma de realizar el moldeado de los quesos va a depender del tipo de queso, el peso de los quesos, y la capacidad de procesamiento de la quesera. En este sentido (Chandan y Kapoor, 2011), señalaron que, dependiendo de la capacidad

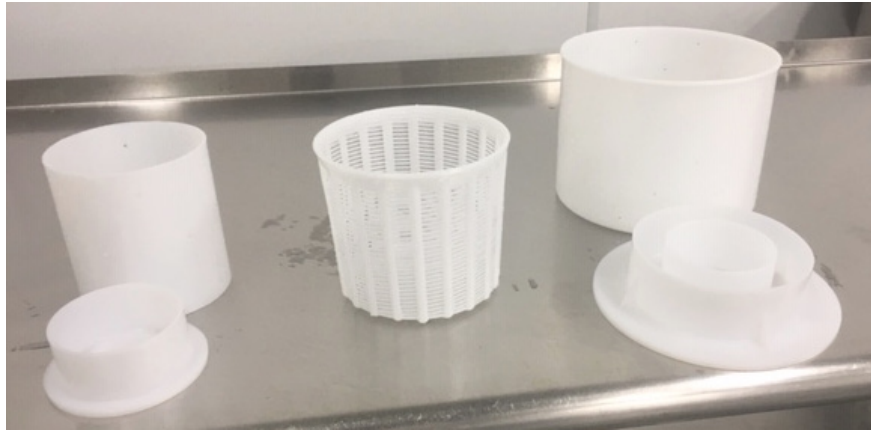


Figura 11. Moldes de plástico de 2,5, 5 y 10 libras de capacidad. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.



Figura 12. Moldes de acero inoxidable tipo Wilson de 20 libras de capacidad. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.



Figura 13. Moldes redondos de acero inoxidable de 20 libras de capacidad. Cortesía Sección lácteos. Facultad de Agronomía. UCV.

de la planta de quesos, y antes de realizar el moldeado definitivo, existe un procedimiento de pre-moldeado en algunos tipos de quesos como los suizos y holandeses, en donde se deja en reposo la masa en el fondo de la tina presionados bajo una columna de suero para formar un bloque compacto. Lo que se busca haciéndolo de esta manera, es eliminar el aire y agua atrapada en la matriz y de esta forma obtener un queso más homogéneo, luego con una tela especial llamada tela suiza, se extrae la cuajada completa y en forma manual se realiza un pre-prensado que luego se realiza el corte del bloque en las mismas dimensiones del molde donde serán formados y prensados.

Una variante del procedimiento anterior, se realiza sobre todo para el moldeado de quesos duro como el Gruyere y Emmental en queseras tipo artesanal, en donde el tamaño de la tela suiza, permite recoger de manera compacta, una carga específica de la cuajada que es igual a la capacidad de llenado de los moldes redondos.

Gauna (2005), explica que existe otro procedimiento de pre-moldeado que es practica en empresas de mediana capacidad (5 a 20 mil litros), en el caso de los quesos suizos y holandeses, así como el queso Cheddar y Mozzarella. El mismo autor señala que, en empresas donde se procesan grandes volúmenes de leche (>60 mil litros diarios) se suelen emplear las columnas de moldeo que permiten una distribución homogénea del suero+cuajada en el interior de la misma, realizándose posteriormente el llenado de cada uno de los moldes que circulan por las cintas transportadoras debajo de cada columna.

Puntos de control del proceso: moldes previamente desinfectados y provistos con el liencillo. Temperatura de llenado y cantidad de cuajada a incorporar en los moldes. Tiempo total de llenado de la producción.

Función del personal: i) higienizar moldes y liencillos; ii) vestir los moldes con los liencillos; iii) transferir la cuajada a los moldes iii) cerrar los moldes y colocarlos en la prensa. iv) Número total de trabajadores: 2.

Equipos: i) moldes; ii) liencillos.

Prensado (P-14)

El prensado es el último paso mediante el cual la cuajada es sometida a una presión externa para que el suero libre pase a través del liencillo y los orificios del molde, además de darle forma a los quesos, los ayuda a obtener su correcta textura (Tunnick, 2014).

Beneficios del prensado. La operación de prensado tiene varios beneficios: i) el queso toma su forma individual y adquiere su apariencia clásica. En los quesos suizos y holandeses, se realiza un prensado previo (pre-prensado) a toda la cuajada, posteriormente se corta y cada pieza individual se transfiere a los moldes para su prensado final; ii) el queso adquiere a una superficie firme, que le permite realizar las operaciones siguientes de salado y maduración; iii); elimina el suero libre que rodea a las partículas de cuajada (IDEAL, 2020).

Pre-prensado. Consiste en el uso de mesas de drenados móviles provista de falsos piso en acero inoxidable perforado. Sobre estas mesas, se descargan la mezcla de suero + cuajada y luego es extendida uniformemente a lo largo de la superficie, quedando retenida la cuajada

y el suero es drenado a través del falso fondo perforado. La cuajada se compacta, colocando una prensa cuadrada provista de gastos hidraulicos que ejercen una presion de 40 psi por 20 minutos y luego se corta según la forma de los moldes que vayan a ser empleados. La capacidad de la pre-prensa es del 10% de la capacidad de la tina de coagulación. (Figura 14)



Figura 14. Tina de pre-prensado.

Equipos de prensado. Prensas horizontales, verticales (Figura 15), inclinadas, accionadas por sistema neumático, hidráulico o mecánico.

Tipos de prensado. Hay tres tipos de prensado: i) Prensado por gravedad, el más suave de todos, se emplean en la elaboración de quesos con alto contenido de humedad o que presentan una consistencia blanda, en donde por acción de su propio peso, el suero va drenando a través del liencillo y los poros del molde (IDEAL, 2020); ii) Auto-prensado, es el prensado que se aplica cuando se sobrepone un peso que es igual al peso del queso que se esté procesando, uno arriba del otro, con cambios de posición cada media hora por 3 a 4 horas. Allí no solo actúa el peso de la gravedad, sino también el peso del queso, de esta forma se consigue un mayor drenaje de suero. Este tipo de prensado se suele usar para quesos semiduros y duros en formatos de 5 a 10 libras de peso. Ej. Queso Pecorino, Gouda.; iii) Prensado por sobrepresión con prensas, tienen mayor precisión en la aplicación de prensado, ya que se puede calcular o medir exactamente el peso aplicado a los quesos.

Emplea la prensa neumática, hidráulica o neumática en donde el queso es presionado por el plato de la prensa a una presión específica expresada en bares o PSI. La presión ejercida va a depender del tipo y peso del queso a prensar. Por lo general se emplean presiones entre 20 a 60 psi para quesos con moldes de 10 kg de capacidad. Quesos con formato pequeño de 2,5 a 5 kg se suele emplear presiones de 10 y 20 psi. Quesos en moldes de 20 kg o más, deben aplicarse mayores presiones que van desde 30 a 90 psi.



Figura 15. Prensa neumática vertical. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.

Prensado en quesos representativos. Según lo publicado por Carroll (2002), la tasa de presión para algunos quesos representativos es presentada en el Cuadro 1. Igualmente, se presentan como referencia, la tasa de presión de la planta de quesos Harvest Home Dairy, para una carga por molde de 10 kg.

Al inicio la presión de prensado es baja para facilitar la formación de canales internos en la matriz del queso y facilitar la expulsión de suero. Las presiones iniciales van desde 5 psi en queso Parmesano, 10 psi en queso Cheddar, 14 psi en queso Gruyere y 15 psi en queso Manchego. Luego se realiza un primer volteado e incremento de la presión, que va a depender la variedad de queso hasta que finalmente se deja prensando los quesos a 50 psi por 1 horas en el Gouda, 50 psi por 12 h en el queso Cheddar, 15 psi por 12 h en el queso Gruyere, 30 psi en queso Manchego por 6 horas y 20 psi por 12 horas en queso Parmesano.

La tasa de presión en la planta de quesos HHD, es entre 20 a 60 psi para queso Gouda; 30 a 70 psi en Gruyere; 30 a 60 psi para Cheddar y entre 30 a 70 psi para quesos parmesanos.

Puntos de control del proceso: Presión y tiempo de prensado

Función del personal: i) Colocar los moldes en la prensa; ii) Ajustar la presión a la presión requerida; iii) Chequear los incrementos de presión en los intervalos de tiempo iii). Número total de trabajadores: 1.

Equipo: i) Prensa.

FASE III. MADURACION DE LOS QUESOS

La maduración de los quesos, es un proceso a través del cual, los quesos frescos son

transformados a quesos madurados por la combinación de las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), y microflora ácido láctica presente en el interior y superficie de los quesos. La maduración puede llevar semanas, meses o incluso años (Kindstet, 2014).

Cuadro 1. Tasa de presión en algunos quesos representativos.

QUESOS	TASA DE PRESIÓN		
	Tiempo	Presión (psi) ¹	Presión (psi) ²
Gouda	20 minutos	20	20
	20 minutos	40	40
	12-16 horas	50	60
Gruyere	30 minutos	10	30
	2 horas	20	50
	12 horas	50	70
Cheddar	10 minutos	14	30
	20 minutos	14	50
	12 horas	15	60
Parmesano	15 minutos	5	30
	30 minutos	10	50
	2 horas	15	60
	12 horas	20	70

¹Carroll (2002); ²Planta de quesos Harvest Home Dairy (HHD).

Maduración (P-15)

La maduración de los quesos envuelve una serie de cambios bioquímicos las cuales pueden ser agrupadas en proteólisis, lipólisis, metabolismo de la lactosa (glucólisis), citratos y lactatos. La extensión y tipo de maduración dependen del tiempo y temperatura de almacenamiento, composición de los quesos (en lo que respecta al contenido de humedad y sal) y el tipo y actividad de las enzimas y microorganismos presentes (Farkye y Fox, 1990).

Proteólisis de los quesos. En la proteólisis las caseínas son hidrolizadas a péptidos y aminoácidos libres, las cuales participan directamente no solo en el aroma y sabor del queso o sirven de precursores para el desarrollo del sabor, sino también en la formación de la textura en los quesos (Fox, 1989). Las proteasas, son las enzimas encargadas de la proteólisis de los quesos y pueden provenir del agente coagulante, como plásmine de la leche y proteasas microbianas (Law, 2001). La proteólisis es la responsable de: i) cambios en la textura, debido a la hidrólisis de la matriz proteica; iii) disminución de la actividad de agua causada por la unión de las moléculas de agua con grupos carboxilos y aminoácidos liberados; iii) aumento del pH debido a la producción de NH₃ por la desaminación de aminoácidos libres. Los aminoácidos son los precursores de componentes aromáticos (Smit *et al.*, 2005), las cuales son degradados

en componentes de sabor tales como aminas, aldehídos, alcoholes y amonio (Fox *et al.*, 1996; Law 2001). En el queso Cheddar, la proteólisis es la responsable del aroma y textura (Sousa *et al.*, 2001). La extensión de la proteólisis puede ser muy limitada (queso Mozzarella) hasta muy extensa (queso Camembert y Roquefort) (Fox *et al.*, 1995).

Lipólisis en los quesos. En la lipólisis los triglicéridos son hidrolizados por las lipasas a ácidos grasos libres, las cuales son catabolizadas a componentes volátiles. Las lipasas en el queso pueden provenir de la pasta de quimosina, cultivos iniciadores y adjuntos, así como BAL no iniciadoras y lipasas exógenas (McSweeney y Sousa, 2000). Las lipasas catalizan la hidrólisis de los triglicéridos, digliceridos, monoglicéridos, ácidos grasos y glicerol (Thomson *et al.*, 1999). La lipólisis es la responsable de la formación del aroma y flavor en los quesos. Los ácidos grasos libres, son catabolizados a componentes volátiles, tales como metil ketonas, tioésteres, alcanos, alcoholes secundarios y lactonas. La lipólisis extensiva es esencial y deseable como parte del flavor en ciertos quesos como el queso duro italiano (Parmesano), queso azul y queso Feta (Alewijn *et al.*, 2005). También la hidrólisis de las grasas es importante en los quesos madurados por superficie por mohos como el Camembert y Roquefort.

Glicólisis. La glicólisis representa el metabolismo de los azúcares de la leche (lactosa) por las BAL seleccionadas y que influyen en el flavor de los quesos. Entre los componentes resultante del metabolismo de la lactosa incluyen el ácido láctico, L-lactato, diacetilo, ácido acético y ácido propiónico (Forde y Fitz-Gerald, 2000). La glicólisis en la fase de premaduración y cheddarización es la responsable de (Gauna, 2004): i) recuperar la aptitud de la leche a la coagulación modificada por la refrigeración y tratamiento térmico; ii) mejora la aptitud de la leche a la fermentación láctica, de manera que la acidificación comience en los tiempos deseados; iii) lleva a la leche al pH deseado, a fin de que la coagulación y sinéresis se desarrollen en forma reproducible iv) precursores de componentes de sabor; v) favorece la desmineralización de la micela de caseína, así tenemos que cuajadas con bajo pH tienden a ser más desmoronable, mientras que con alto pH tienden a ser más elástico (Lawrence *et al.*, 1984);

Metabolismo de los citratos. El citrato presente en la leche, es metabolizado a componentes de sabor y flavor como ácido acético, diacetilo y CO₂ por parte de las BAL como *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* y *Leuconostoc* sp, deseables en el queso Gouda y Edam (quesos Holandeses) (Fox y Law, 1991; Cogan, 1995). Para la producción de diacetilo (sabor a nuez) se requieren las siguientes condiciones: i) medio ácido (pH 5,4 a 5,3); ii) temperatura optima de 21 a 32 °C (Gauna, 2005).

Metabolismo de los lactatos. El lactato, producto del metabolismo de la lactosa por parte de las BAL iniciadoras, cumple un rol importante en la fabricación de quesos madurados por superficies y en quesos suizos. El lactato como sustrato tiene las siguientes funciones: i) en la elaboración de quesos madurados por superficie (Camembert y Brie), los mohos como el *Geotrichum candidum* o *Penicillium candidum* transforma los lactosa a CO₂ y NH₃. Lo anterior permite incrementar el pH superficial de estos quesos para favorecer la colonización del moho e iniciar la proteólisis. El calcio superficial pierde solubilidad y precipita, creando un gradiente de concentración en donde el calcio interno emigra hacia el exterior, lo anterior junto a la proteólisis de la caseína conduce a una textura más suave en los quesos; ii) en la elaboración de quesos suizos (Gruyere y Emmental), las bacterias propiónicas (*Propionibacterium shermanii*) metabolizan los lactatos a propionato, acetato y CO₂. El CO₂ generado es el responsable de la

formación de ojos cuando son colocados en cámaras de maduración a 22 °C. Por su parte, el acetato y el propionato contribuyen al aroma y sabor del queso (Gauna, 2005).

Puntos de control del proceso: Temperatura, humedad relativa y tiempo de maduración.

Función del personal: i) Transferir los quesos a la cámara de maduración ii) voltear los quesos todos los días, durante los primeros 5 días consecutivos de iniciado la maduración, luego alargar a 4 días el volteo y limpieza superficial si es requerido; iii) pintar los quesos con recubrimiento de waxy o cera; iv) chequear continuamente la temperatura y humedad relativa en las cavas. Número total de trabajadores: 1.

Equipo: Cava de maduración (Figura 16).



Figura 16. Cavas de enfriamiento y maduración. Cortesía Harvest Home Dairy LLC.

PARÁMETROS OPERACIONALES

El resumen de los parámetros operacionales para cada una de las etapas del esquema general del proceso de elaboración de queso blando, semiduro y duro, en los quesos representativos: Camembert, Gouda y Gruyere, son mostrados en el Cuadro 2.

A continuación, se dará un breve comentario de los parámetros operacionales cada uno de los pasos del esquema general, para cada uno de los tipos de acuerdo a lo presentado en el Cuadro 2.

Recepción de la leche. Para cualquier tipo de queso que se vaya a fabricar, es importante chequear en la recepción de la leche los siguientes parámetros: ausencia de antibiótico; pH entre 6,6 a 6,7; acidez entre 0,13 a 0,17 % de ácido láctico y prueba de alcohol negativa. La prueba de antibiótico debe ser negativa, ya sea empleando el método biológico con indicador bacteriano sensible a la presencia de agentes antimicrobianos o empleando las pruebas inmunoenzimáticas.

En ambos casos se debe reportar ante las autoridades sanitarias, que la leche está libre de trazas de antibiótico o de algún agente antibacteriano (amoxicilina ≤ 10 ppb; ampicilina ≤ 10 ppb; penicilina ≤ 5 ppb) (INDEXX Laboratories, 2003).

Cuadro 2. Resumen de los parámetros operacionales a lo largo del esquema tecnológico general del proceso de elaboración del queso blando, semiduro y duro.

Pasos/Tipo de queso	Camembert (Queso blando)	Gouda (Queso semiduro)	Gruyere (Queso duro)
Recepción de la leche (P-1)	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de antibiótico: Negativa • pH: 6,5-6,7 • Acidez: 0,135-0,171 • Prueba de alcohol: Negativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de antibiótico: Negativa • pH: 6,5-6,7 • Acidez: 0,135-0,171 • Prueba de alcohol: Negativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de antibiótico: Negativa • pH: 6,5-6,7 • Acidez: 0,135-0,171 • Prueba de alcohol: Negativa
Estandarización (P-2)	<ul style="list-style-type: none"> • % Grasa: 2,7³-3,6¹ • Temperatura: 40 °C • Tiempo: 60 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> • % Grasa: 2,9¹ • Temperatura: 40 °C* • Tiempo: 60 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> • % Grasa: 2,8¹ • Temperatura: 45 °C* • Tiempo: 60 minutos*
Pasteurización (P-3)	<ul style="list-style-type: none"> • 63 °C x 30 minutos • Tiempo: 105 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> • 63 °C x 30 minutos • Tiempo: 105 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> • 63 °C x 30 minutos • Tiempo: 95 minutos
Premaduración (P-4)	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura 32-35 °C²; • Fermento LD: 1²-1,5* g/100 kg leche o en forma de cultivo madre al 0,5 %.* • <i>Penicillium candidum</i>: 0,1 g/100 kg leche. Incorporación en la leche y pulverizado (0,1 g/1L solución salina) en solución salina al 0,9% en la superficie de las caras² • Tiempo 60*-90 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura 32 °C¹-34 °C* • Fermento LD: 0,001 %²; o en forma de cultivo madre al 0,45 %.¹ • DRI-Set: 936-Vivolac: 0,0017 %*; • DVS Chr Hansen 910: 0,025 %* • Tiempo 60 minutos* 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura 37 °C¹. 39 °C* • Fermento St: 0,1 %¹; 0,5 5*; • Lbh 0,1 %¹; 0,5 %*; • <i>Propionibacterium shermanii</i> 0,05 %¹ en forma de cultivo madre; • 0,2 g/100 L de leche⁵. • Tiempo: 15 minutos¹; 60 minutos*
Acondicionamiento (P-5)	<ul style="list-style-type: none"> • CaCl₂: 5 g/100 kg leche²; 10 g/100 kg leche* 	<ul style="list-style-type: none"> • CaCl₂: 0,02 %⁴. CaCl₂: 0,015* 	<ul style="list-style-type: none"> • CaCl₂: 0,02 %² 0,010%*
Coagulación (P-6)	<ul style="list-style-type: none"> • Quimosina líquida: 10 mL/100 kg leche* • Renina en polvo: 3* g/100 kg leche • Temperatura: 32 °C¹-34 °C* • Tiempo: 60 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quimosina líquida: 10 mL/100 kg leche* • Renina en polvo: 0,003 %³ • Temperatura: 32 °C¹-34 °C* • Tiempo: 30 minutos³; 45 minutos* 	<ul style="list-style-type: none"> • Quimosina líquida: 10 mL/100 kg leche* • Renina en polvo: 0,003 %² • Temperatura: 32 °C¹-34 °C* • Tiempo: 30 minutos²; 45 minutos*
Corte (P-7)	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del corte: 1,25 cm o 1/2 pulgada¹ • pH: 6,2-6,3¹ • Tiempo: 5 minutos* 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del corte: 0,5-1 cm¹/Grano de maíz • pH: 6,5¹ • Tiempo: 5 minutos* 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del corte: 1/4 pulgada¹/ 0,62 cm/grano de trigo • pH: 6,5¹ • Tiempo: 30 minutos*

Cuadro 2. Resumen de los parámetros operacionales a lo largo del esquema tecnológico general del proceso de elaboración del queso blando, semiduro y duro. Continuación...

Pasos/Tipo de queso	Camembert/Brie	Gouda/Edam	Emmental/Gruyere
Cocción (P-8)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 39 °C⁴; 35 °C* • pH: 6,5¹ • Tasa de incremento de temperatura: 1 °C/2 min • Tiempo: 10 minutos* • Prueba: plasticidad de la cuajada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 56 °C⁷; 49 °C⁶. • pH: 6,3-6,4. • Tasa de incremento de temperatura: 1 °C/5 min • Tiempo: 35 minutos⁷ • Prueba: Ruptura de cuajada (batir hasta formar una cuajada firme).
Lavado (P-9)	-	<p>Lavado 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 36 °C⁴; 37 °C⁴; 35 °C* • Desuerado: 33 %¹; 30 %⁴. • Agua de lavado: 30-33 % a 60 °C⁴ • Tiempo: 10 minutos⁴ <p>Lavado 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 39 °C⁴ • Desuerado: 50 %⁴ 	-
Desuerado (P-10)	<ul style="list-style-type: none"> • Desuerado a nivel de cuajada³ • Tiempo: 15 min. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desuerado: 100 %* • Tiempo: 5 minutos* • pH: 6,1* 	<ul style="list-style-type: none"> • Desuerado: 50-90 %* • Tiempo: 15 minutos* • pH: 6,4-6,3¹
Cheddarización (P-11)	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 12-14 °C* • pH: 4,7-4,8¹⁰ • Tiempo: 24 horas 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 35 °C* • pH: 5,8* • Tiempo: 10 minutos. 	-
Salado (P-12)	<ul style="list-style-type: none"> • Salado por frotación en todas sus caras. • Salado por inmersión en salmuera al 20 % por 45-60 minutos. % de sal en el queso entre 2-2,5 %¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Salado directo: 1,3-1,5 % en función al rendimiento en queso fresco*. • Salado en salmuera (sal: 20 %¹; pH 5,2-5,4)⁵; Tiempo: 20 horas/formatos de 500 g; 2 días/formatos de 2,5 kg¹ • Temperatura: 12 °C¹ • Tiempo: 15 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Salado por superficie: 12 °C/5 días¹. • Salado en salmuera (sal: 20 %¹; • Tiempo: 12 horas/formatos de 1 kg¹ • Temperatura: 12 °C¹

Cuadro 2. Resumen de los parámetros operacionales a lo largo del esquema tecnológico general del proceso de elaboración del queso blando, semiduro y duro. Continuación...

Pasos/Tipo de queso	Camembert/Brie	Gouda/Edam	Emmental/Gruyere
Moldeado (P-13)	<ul style="list-style-type: none"> Moldes de ½ kg de capacidad para 230 g al desuerado (Diámetro:4,54"; altura 5,4") Llenar el molde hasta 2 cm de su tope y dejar en reposo por 24 horas a 14 °C. Volteo 4 a 6 veces las primeras 6 horas. pH 4,6-4,9 Tiempo: 25 minutos 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de molde: cuadrado, redondo, rectangulares. Carga del molde: 2,5, 5,10, 20 kg. Temperatura de moldeado: 34 °C* Tiempo de moldeado: 15 minutos. pH: 5,8 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de molde: redondo. Carga del molde: 1, kg, 5 kg, 10 kg. Temperatura de moldeado: 45-50 °C*
Prensado (P-14)	Por gravedad	Formato de 10 kg: <ul style="list-style-type: none"> Tasa de prensado:20 psi/30 minutos; 40 psi/30 minutos; 55 psi/2 horas* (pH 5,4)* 14 psi/30; minutos; 28 psi/ hasta pH 5,3-5,5¹ 	Formato de 1 kg: <ul style="list-style-type: none"> Tasa de prensado:10 psi/15 minutos⁶; 14 psi/30 minutos⁶; Formato de 10 kg <ul style="list-style-type: none"> Tasa de prensado:20 psi/30 minutos*; 30 psi/30 minutos; 40 psi/2 horas* pH 5,2⁷.
Maduración (P-15)	Etapa I. <ul style="list-style-type: none"> Temperatura: 10-14 °C. Humedad relativa : 90-95 %². Tiempo de maduración : 12 días². Etapa II <ul style="list-style-type: none"> Temperatura: 4 °C y empaçado. 	Etapa I: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura: 20 °C/Humedad relativa 85 %/15 días/volteo cada 5 días³. Etapa II: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura: 4 °C/Humedad relativa:85 %/30 días* Temperatura: 10 °C/pH 5,4-5,6/6-12 meses¹. 	Etapa I: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura: 10 °C¹ / Humedad relativa 85 %¹ /10 días¹ Etapa II: <ul style="list-style-type: none"> Temperatura: 23 °C¹ / Humedad relativa:80 %/2-4 semanas Etapa III: 5 °C
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> Camembert: 7,4 L/kg queso² 	Gouda: 8,5 L/kg queso ⁸	Gruyere: 9 L/kg queso ⁶
Secuencia de pasos	Secuencia de pasos para el Camembert/Brie: P-1, P-2, P-3; P-4, P-5, P-6, P-7, P-10, P-13, P-12, P-11, P-15.	Secuencia de pasos para el Gouda/Edam: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10, P-11, P-12, P-13, P-14, P-15.	Secuencia de pasos para el Gruyere/Emmental: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-10, P-13, P-14, P-12, P-15.

¹Chanda y Kapoor (2011); ²Nicolau (2012); ³Furtado (2003); ⁴Mendez y Ramírez (2018); ⁵Gauna (205);

⁶Carroll

(2002); ⁷Casey et al., (2006); ⁸Rendimiento del Gouda en quesera HHD; * Recomendación por el autor de la obra.

En caso de resultar positivo se debe descartar la leche para el consumo humano. En cuanto al pH natural de la leche, esta se encuentra entre 6,5 a 6,7, sin embargo, valores superiores podría indicar la presencia de leches con mastitis, mientras que valores inferiores puede ser por la presencia de calostro o alta carga de bacterias ácido lácticas (DPIA, 2003a). Para la prueba de acidez, la leche fresca presenta un porcentaje de acidez expresado como ácido láctico entre 0,13 a 0,17%. Valores superiores de 0,17% es muy probable que las BAL hayan hidrolizado la lactosa en ácido láctico u otros ácidos orgánicos, incrementando de este modo la acidez en la leche.

La prueba de alcohol debe ser negativa, valores positivos indicarían posible inestabilidad iónica o desbalance en el contenido de minerales en la leche, sobre todo la proporción de calcio iónico a calcio coloidal.

El fosfato cálcico coloidal en la leche actúa como agente de unión en donde forman enlaces cruzados con la micela de caseína y ayuda a mantener su integridad (Fox y McSweeney, 1998; Lee y Lee, 2009). Tanto la prueba de acidez, como la de alcohol, permitiría verificar la aptitud de la leche a ser pasteurizada, ya que la leche ácida (acidez > 0,17%; pH < 6,2 y alcohol (+)) es probable que la leche floccule durante la pasteurización.

Estandarización. La estandarización en los quesos depende del porcentaje de grasa en base seca que se desee obtener en el producto final y el porcentaje inicial de la grasa en la leche. En el Camembert el contenido de grasa en la leche debe ser de 3,1% para obtener un 50% de grasa en base seca en producto final (Fox *et al.*, 2000). En el Gouda y Gruyere, los quesos deben tener 46 (CFR, 1983) y 45% (CFR, 1993) de grasa en base seca, respectivamente. Para lograr ese porcentaje se debe partir de una leche con mínimo 2,7% de grasa (DPIA, 2003b). En este sentido la estandarización propuesta por diferentes autores es presentados en el Cuadro 2, para cada uno de los tipo de quesos representativos. El tiempo de estandarización, es para equipos batch o por lote, que operan a 250 litros horas, es de 60 minutos.

Pasteurización. El Codex de Regulación Federal de los Estados Unidos exige a todas las queseras pasteurizar la leche para la elaboración de quesos. Lo anterior se realiza con la finalidad de evitar brotes de intoxicación alimentaria por el consumo de leche y sus derivados, sobre todo por la transmisión oral de la tuberculosis y brucelosis, así como diversas enfermedades zoonóticas que pueden ser transmitidas del animal al hombre a través de la leche (Cerf y Condron, 2006). Hay las excepciones, en cuanto al uso de la leche cruda, en el caso del queso Gouda, el CFR (1983) permite la elaboración de queso Gouda a partir de leche cruda, siempre y cuando tenga un mínimo de 60 días de maduración a 1,6 °C. El Gruyere requiere como mínimo 90 días a 12 °C de maduración en caso de emplear leche cruda, sin embargo como el tiempo de maduración requerida es de 6 meses, la pasteurización es opcional (CRF, 1993). En el caso del queso Camembert, debe obligatoriamente ser pasteurizada, ya que su tiempo de maduración es corto (12 días) (Mazzeo *et al.*, 2009). La temperatura de pasteurización va a depender del equipo el cual cada quesera tenga a su disposición. Las queseras artesanales de baja capacidad (100 galones) por ejemplo, emplean por lo general pasteurización Batch o por lote a 63 °C x 30 minutos. Plantas de mayor capacidad de procesamiento (60 mil litros diarios), requieren un sistema de pasteurización tipo HTST de 5 mil a 10 mil litros por horas, en donde emplean procesos de 72 °C por 15 segundos.

Premaduración. En esta etapa del proceso de elaboración de quesos, se emplean para incorporar las cepas puras de las BAL a través de los fermentos lácticos iniciadores y adjuntos. La incorporación de estos fermentos lácticos permitirá una incubación inicial para su reactivación en la formación inicial de ácido láctico. La producción de ácido láctico en las etapas iniciales permitirá una reducción del pH y crear el sustrato de crecimiento para las esporas en el Camembert (Nicolau, 2012) y la característica de plasticidad de la cuajada en la fase de cocción en el queso Gouda, mientras que en el queso Gruyere permitirá la acidificación inicial requerida en la fase de coagulación y cocción. La incorporación de las cepas puede ser en forma pura liofilizada (DRI-set), como cultivos concentrados congelados (DVS) o en forma de fermentos madre o definitivos. Cuando el fermento es liofilizado, cada marca comercial tienen su propia proporción de incorporación, pero a nivel general se puede trabajar entre 1,5 a 3 g de fermento por cada 100 kg de leche y para la preparación de un fermento madre a partir de un cultivo liofilizado se puede incorporar un 0,1 % en base a la cantidad de fermento madre a preparar y luego ser adicionado en la fase de premaduración en una proporción entre 0,5 a 1 %.

Acondicionamiento. Cuando la leche es pasteurizada o viene del tanque de enfriamiento, parte del calcio coloidal precipita en forma de cloruros, fosfatos y carbonatos. Eso trae como consecuencia de que la micela de caseína pierde su tamaño original y el calcio necesario para iniciar la floculación y posterior agregación de las caseínas (Tunick, 2014). Por lo que es necesaria su incorporación para mejorar la aptitud de la leche al proceso de coagulación. En el queso Camembert las cantidades a incorporar de calcio son menores a la del Gouda, porque en el caso del queso blando, durante el proceso de maduración, la textura blanda característica, se genera por la combinación del incremento del pH, reducción del calcio coloidal y proteólisis de la caseína (Lucey y Fox, 1993). Por lo anterior, si se desea un queso Camembert más blando, menor es la cantidad de calcio a incorporar, mayor proteólisis, mayor es la absorción de agua y los quesos son más blandos. El queso Gouda se requiere una mayor concentración de calcio para incrementar el efecto buffer, que combinado con el agua de lavado las micela de caseína permite una mayor interacción con el agua, por lo que contribuye a la textura pastosa y semidura característica en estos quesos. En quesos duros como el Gruyere, la cantidad de calcio a incorporar también es baja como el Camembert, pero por razones diferentes. En este caso se desea que el gel formado sea más débil mecánicamente para lograr con mayor facilidad, una mayor ruptura y un menor tamaño de corte de la cuajada con mayor exudación de suero durante la cocción.

Coagulación. Los quesos presentados en el Cuadro 2, todos son obtenidos por coagulación enzimática, es decir la incorporación de la enzima quimosina que por lo general pueden ser de origen bovino, porcino, caprino de origen microbiano o provenientes de plantas (*Cynara* spp, papaína y ficina). Las enzimas de origen animal y microbianos, tiene una alta actividad coagulante debido a que es capaz de hidrolizar un enlace específico de la K-caseína (105-10 Phe-Met) y alterar la estabilidad de la micela de caseína, promoviendo su agregación con posterior formación de una estructura en forma de gel firme, que luego se van compactando a medida que pasa el tiempo para iniciar la sinéresis de la cuajada (McMahon y Brown, 1984). La presentación comercial puede ser líquida o en polvo, y la cantidad a incorporar va a depender de la fuerza del cuajo. Se prefieren los cuajos animales y microbianos frente a los de origen vegetal, ya que tienen mayor especificidad y menor actividad proteolítica, mientras que los de origen vegetal, la actividad coagulante es menos específica y la proteolítica es elevada, ocasionando que los geles sean muy débiles y sabor amargo en los quesos. La actividad enzimática va a depender además de la cantidad de enzima, de la temperatura y del pH (Morillo *et al.*, 2015).

La temperatura de coagulación enzimática por lo general es a 32 °C, para un tiempo de coagulación que esta entre 30 a 45 minutos. A medida que la temperatura se incrementa, se incrementa la velocidad de reacción. A medida que se reduce el pH hasta pH 6,2 se favorece la velocidad de reacción y la actividad de las BAL son las que crean las condiciones para su coagulación. En los quesos blandos, como el Camembert, se recomienda coagular a una temperatura de 34 °C ya que esto permite incrementar la firmeza de gel que es importante en la fase de moldeado de la cuajada, en virtud de que en estos tipos de quesos el prensado es por gravedad y requiere mayor firmeza con mayor retención de humedad durante el formado.

Corte. El inicio de la sinéresis o exudación del suero se realiza en la etapa de lirado o corte. El corte del gel de paracaseinato fosfato dicálcico es de suma importancia, porque a partir de allí se comienza a diferenciar los tipos de quesos de acuerdo a su textura o consistencia. En el queso blando como el Camembert, el grado de corte es menor (1,25 cm) comparado al queso Gouda-semiduro (1 cm) y Gruyere-duro (0,62 cm). Es decir a medida que el grado de corte se incrementa, mayor es el grado de sinéresis o exudación del suero, por lo que los quesos presentan menor humedad y son más duros.

Cocción. Para lograr mayor exudación del suero, se procede a cocinar o escaldar la cuajada a una temperatura que va a depender del tipo de queso. Los quesos blandos como el Camembert no se cocinan, porque la idea es retener tanta humedad como sea posible (56% de humedad) (Mazzeo *et al.*, 2009), pero en el caso de los quesos semiduros y duros como el Gouda y Gruyere, la cuajada se cocina. Así se tiene, que la cuajada del queso Gouda (46% de humedad en producto final) (CFR, 1983) es cocinada a 39 °C por 10 minutos, mientras que en el Gruyere que presente menor humedad final (39% de humedad) (CFR, 1993) la cuajada es cocinada a 56 °C por 35 minutos. El incremento de la acidez en la cuajada por las BAL y el batido continuo, complementan el proceso de exudación en estos tipos de quesos.

Lavado. Los quesos Camembert y Gruyere, según lo indicado en el Cuadro 2, no requieren la etapa de lavado. Pero en el queso Gouda es esencial para reducir el contenido de lactosa en el queso y disminuir la acidez. El lavado puede ser en una o dos etapas dependiendo de la temperatura de cheddarización o fermentación de la cuajada y puede ser a 36 o 39 °C con desuerado de 30 a 50%, respectivamente.

Desuerado. La forma de llevar a cabo esta etapa es diferente si se trata de un queso blando, semiduro o duro. Además, está relacionado con la manera de realizar las etapas de cheddarización y moldeado. En el caso del queso Gouda, el desuerado es 100 % y se hace una breve fermentación de la cuajada para reducir su tamaño y de esta forma trabajarla más fácil en las etapas de salado y moldeado. En el queso Camembert, el desuerado es a nivel de flor de cuajada y luego se llenan los moldes de dos libras (900 gramos) hasta dos centímetros por debajo de su capacidad. El desuerado continúa y termina de realizarse en los moldes. En el caso de los quesos duros como el Gruyere, se desuera hasta un 90%, para facilitar la transferencia de la cuajada a los moldes alineados en una masa compacta con el liencillo.

Cheddarización. En los quesos duros se debe evitar la fermentación de la cuajada. En la fermentación se forma una cuajada compacta y elástica cuando se ejerce presión la masa de la cuajada entre los dedos, contrario a lo que se desea en la cuajada para queso duro en donde al compactar debe ser fácilmente quebradizo y desmoronable. En el queso Gouda se realiza una cheddarización corta a 35 °C por 10 minutos para drenar el suero restante y reducir el tamaño

de la cuajada para facilitar la siguiente operación de salado y moldeado. En este punto, la cuajada en este tipo de queso al morder emite un sonido tipo “chasquillo” o “squezze” que es la emisión de un sonido formado entre el aire y agua al recibir la presión de mordida.

Salado. El salado en un queso blando es por superficie en todas sus caras, sin embargo es posible salar al queso Camembert por inmersión en salmuera al 20% por un tiempo entre 40 a 60 minutos. Esto permitirá una concentración de sal del 2 al 2,5%. En los quesos duros y semiduros, lo regular es salar por salmuera al 20% a 12 °C, y dependiendo del peso del queso, será el tiempo de inmersión. En queso Gouda el salado es de 1 día/kg y en Gruyere 12 horas/kg. También es posible salar en forma directa al queso Gouda a una concentración de 1,3 a 1,5% en base al peso fresco del queso antes de madurarlo. En el queso Gruyere antes de sumergirlo en salmuera, se puede salar frotando su superficie con sal por un tiempo de 5 días. Lo anterior permitirá la formación de una costra superficial para mantener más compacto el queso.

Moldeado. En queso Camembert, el moldeado se realiza en moldes redondos de ½ kg de capacidad, para que el peso final sea entre 230 a 250 g una vez desuerado al 100% en el molde.

Cuadro 3. Cultivos lácticos mesofílicos usados en la fabricación de quesos (Chr Hansen, 2014).

Quesos/BAL	O		LD				Gc	Pb
	Lcl	Lcc	Le	Lcd	Pc			
Camembert	+	+	+	+	+	+	-	
Gouda	+	+	+	+	-	-	-	
Gruyere	-	-	-	-	-	-	+	
Cheddar	+	+	-	-	-	-	-	
Feta	+	+	-	-	-	-	-	
Pecorino	-	-	-	-	-	-	-	
Parmesano	-	-	-	-	-	-	-	
Cottage	+	+	-	-	-	-	-	
Mozzarella	-	-	-	-	-	-	-	

Lcl: *Lactococcus lactis* subesp. *lactis*; **Lcc:** *Lactococcus lactis* subesp. *cremori*; **Le:** *Leuconostoc* spp.; **Lcd:** *Lactococcus lactis* subesp. *lactis* biovar *diacetylactis*. **Pc:** *Penicillium candidum*; **Gc:** *Geotrichum candidum*; **Pb:** *Propionibacterium freundenreichii* subesp. *shermanii*

Cuadro 4. Cultivos lácticos termofílicos usados en la fabricación de quesos (Chr Hansen, 2014).

Quesos/BAL	St	Lbb	Lblc	Lbh	Lbp	Lbpc	Lbc	Lbb
Camembert	-	-	-	-	-	-	-	-
Gouda	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruyere	+	-	-	+	-	-	-	-
Cheddar	-	-	-	+	+	-	-	-
Feta	+	+	-	+	-	-	-	-
Pecorino	+	-	+	-	+	-	-	-
Parmesano	+	-	-	+	-	-	-	-
Cottage	+	-	-	-	-	-	-	-
Mozzarella	+	-	-	+	-	-	-	-

St: *Streptococcus thermophilus*; **Lbb:** *Lactobacillus delbruekii* subesp. *bulgaricus*; **Lblc:** *Lactobacillus lactis*; **Lbh:** *Lactobacillus helveticus*; **Lbp:** *Lactobacillus plantarum*; **Lbpc:** *Lactobacillus paracasei*; **Lbc:** *Lactobacillus casei*; **Lbb:** *Lactobacillus brevis*.

Para ello se realiza un desuerado hasta nivel de cuajada y se toman porciones de $\frac{1}{2}$ g de la mezcla suero+cuajada para que por el mismo peso de la cuajada o auto prensado tome la forma del molde. Los moldes son colocados sobre una malla de acero o plástico para permitir el drenado con facilidad y se realizan volteos una vez cada hora por 6 horas y luego se dejan en sus moldes hasta que el pH se reduzca entre 4,6 a 4,9 (aproximadamente 24 horas después de moldeado). En el queso Gouda el molde puede ser redondo, cuadrados tipo Wilson o rectangulares con capacidades de 2,5, 5, 10 y 20 kg. La temperatura de moldeo es de 34 °C y se espera que el pH en este punto llegue a 5,4. En cuanto al queso Gruyere, el molde es redondo con capacidades de 1, 5 y 10 kg y la temperatura de moldeado es de 45 a 50 °C. El moldeado en quesos duros se caracteriza porque es en una sola masa compacta, es decir, con el liencillo tipo suizo extraen la cuajada e inmediatamente lo colocan, ya de una vez con el liencillo suizo, dentro del molde. A diferencia del queso Gouda, la cuajada desuerada y troceada, se introduce con palas al interior del molde previamente vestido con el liencillo. En el Camembert se toma una mezcla de 50% de suero+50% de cuajada con la ayuda de un envase de 500 gramos de capacidad e inmediatamente es vaciado en los moldes que a diferencia del queso Gouda, no es vestido con el liencillo.

Prensado. El queso Camembert no lleva la etapa de prensado usando prensa neumática o hidráulica, sin embargo él tiene lo que se denomina prensado por gravedad, que es la compactación de la cuajada por su propio peso. Los quesos blandos se caracterizan porque presentan este tipo de prensado. En el caso de los quesos Gouda y Gruyere, si se prensan y la presión de prensado va a depender del formato o cantidad de queso a prensar. En ambos queso siguen una tasa de prensado que va desde un prensado inicial bajo, para luego ir incrementando su presión cada media hora. En el queso Gouda en formatos de 10 kg la tasa de presión se inicia en 20 psi por media hora, luego 40 psi por media hora más y finalmente 50 psi por dos horas de presión. Otros autores como Chandan y Kapoor (2011), aplican presiones iniciales de 14 psi y luego a 28 psi hasta que el pH se reduzca a entre 5,5 a 5,3. En el caso del queso Gruyere, la aplicación de presión en la prensa, para formatos de 1 kg, la tasa de presión es de 10 psi por 15 minutos, luego se incrementa a 14 psi por 30 minutos más. Para formatos de 10 kg la presión incremental es de 20 a 30 psi cada uno por media hora y luego 40 psi por 2 horas.

Maduración. En la maduración de los quesos blandos, semiduros y duros, las BAL mesofílicas (Cuadro 3) y termofílicas (Cuadro 4), incorporadas en la premaduración de la leche, ejercen su actividad metabólica dependiendo del tipo de queso y las notas de aroma, sabor y textura que se desean obtener en producto final. Los fermentos tipo O (*Lc. lactis/cremori*) son cultivos iniciadores mesofílicos productores de acidez presentes en Camembert, Gouda, Cheddar, Feta y Cottage. El fermento tipo LD, tiene una mezcla de cultivos iniciadores, *Lc lactis* biovar *diacetylactis* y *leuconostoc*, que son capaces de producir ácido láctico y diacetilo, presentes en quesos Gouda y Camembert, sobre todo en queso Gouda en donde ayudan a proporcionar además el sabor a nuez característico (Hasan *et al.*, 2001).

En el queso Camembert, con la incorporación de las esporas de *Penicillium* y *Geotricum candidum*, se espera una proteólisis y lipólisis extrema, para producir quesos con textura más blanda y componentes aromáticos (aldehídos, ácidos grasos, cetoínas y lactonas a partir de la lipólisis) y sulfurados (aminas y sulfuro a partir de la proteólisis) (Tunick, 2014). Mientras que la incorporación de *S. thermophilus* y *Lb. helveticus* en el queso Gruyere permitirá la acidificación inicial requerida en la fase de coagulación y cocción, se espera una lipólisis moderada y una limitada proteólisis así como la formación de componentes del flavor que dan la sensación de dulzor y sabor a nuez, característicos en este tipo de queso.

Estas BAL termofílicas también forman parte de cultivos lácticos en quesos como Feta, Parmesano y Mozzarella. Las BAL: *Lb lactis* y *Lb paracasei* forman partes de cultivos adjuntos en queso Pecorino y su función es eliminar el sabor a cocido característico en los quesos de pasta cocida. Por su parte, Cheddar y Cottage, se caracterizan por presentar ambos, fermentos mesofílicos y termofílicos.

El queso Cottage presenta una mezcla de cultivos tipo O y *Streptococcus thermophilus*, en donde le confiere el sabor ácido y a queso, mientras que el Cheddar está constituido tanto por fermentos tipo O, como fermento mesofílico, y *Lb helveticus* y *Lb plantarum* como fermentos termofílicos, presentando notas de flavor del tipo a nuez, a frutas y dulce (Hassan *et al.*, 2013).

Con respecto a las condiciones externas de maduración de los quesos, se puede señalar que los quesos blandos requieren alta humedad relativa y bajas temperaturas. Al contrario, en los quesos duros, la humedad relativa debe ser baja a altas temperaturas en la etapa inicial de maduración (Mazzeo *et al.*, 2009). Tomando en cuenta este criterio, y con los datos suministrados en el Cuadro 2, se puede apreciar que en los quesos coagulados enzimáticamente, presentan dos etapas de maduración. Una primera etapa a altas temperaturas para fomentar el crecimiento del moho en el queso Camembert, mientras que en los quesos Gouda y Gruyere se busca favorecer la formación de ojos debido a la producción de CO₂. Estas condiciones, 85 % de humedad relativa y 20 °C, son las ideales para el metabolismo de los citratos y lactatos para generar gas en forma de CO₂ tanto en el queso Gouda como en el Gruyere, respectivamente. En la etapa II, el queso Camembert y Gouda pueden ser almacenados a bajas temperaturas en su empaque, mientras que en el queso gruyere, sigue su proceso de maduración sin ser empacado, ya que en los quesos duros, se forma una costra en su superficie evitando el intercambio de gas y humedad, así como crear anaerobiosis en el interior del queso.

Rendimiento quesero. El rendimiento quesero se puede expresar como la cantidad de litros de leche requerida para obtener una cantidad determinada de queso expresada en toneladas o kg de queso (Lucey y Kelly, 1994). Entre los factores que influyen en el rendimiento quesero son: i) la composición de la leche, particularmente el contenido de caseína y materia grasa, humedad final del queso y las pérdidas de constituyentes durante su elaboración (Fil-IDF, F.I.D.L. 1991; Emmons *et al.*, 1993).

Tomando en cuenta los tipos de quesos presentados en el Cuadro 2, y el rendimiento expresado como litros de leche por kg de queso obtenido, se puede apreciar que en el queso Camembert se requiere menor cantidad de leche (7,4 L) para fabricar un kg de queso, comparándolos con el queso Gouda (8,5 L) y Gruyere (9 L). Lo anterior se debe al efecto de la humedad final en los quesos, a menor humedad final, mayor es la cantidad de leche requerida por kg de queso elaborado, es decir mientras el queso es más duro, menor es el contenido de humedad y mayor es la cantidad de leche requerida para su fabricación.

Secuencia de pasos. A nivel general, se puede apreciar que el queso Camembert no tiene las etapas de cocción, lavado y prensado, y la secuencia de pasos del queso Camembert sigue la del esquema tecnológico hasta la etapa de corte, luego continua en desuerado, moldeado, salado, cheddarización y maduración, así mismo el queso Gruyere no se le aplica ni el lavado ni la cheddarización o fermentación de la cuajada y la secuencia de pasos es consecutiva con respecto al esquema general hasta la etapa de cocción, luego sigue desuerado, moldeado, prensado, salado y por último maduración. Por su parte, el queso Gouda si lleva todas las etapas del esquema general del proceso de elaboración de quesos siguiendo su secuencia de pasos.

CONCLUSIONES

En el presente capítulo se estudiaron cada una de las etapas del esquema tecnológico general del proceso de elaboración de quesos y su relación con los parámetros funcionales, tomando como referencia las diferentes texturas de los quesos. Basados en lo anterior, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Los productores de queso pueden usar los 15 pasos del esquema tecnológico general del proceso de elaboración de quesos, para producir una gran variedad de quesos que son obtenidos por coagulación enzimática de la leche.

Los primeros 6 pasos, constituyen la fase I denominada acondicionamiento-coagulación de la leche y están constituida por la recepción de la leche, estandarización, pasteurización, pre-maduración, acondicionamiento con cloruro de calcio y coagulación enzimática de la leche. Entre los parámetros tecnológicos más importantes se encuentran: control de la variación pH de la leche, temperatura de pasteurización, porcentaje inicial de grasa en la leche, cantidad de cloruro de calcio y proporción de la quimosina o renina. Además, se deben controlar los tiempos de pasteurización, enfriamiento, prefermentación y coagulación de la leche.

Los pasos del proceso que permite a los queseros realizar salida o exudación del suero de la cuajada se denomina sinéresis (Fase 2) y consta de 8 pasos: corte del gel formado, cocción de la cuajada, lavado, desuerado, cheddarización, salado, moldeado y prensado. Entre los parámetros operacionales más importantes a controlar en esta fase son los siguientes: tamaño de corte, temperatura y tiempo de cocción, volumen de lavado, volumen de desuerado, pH, acidez y tiempo en la fermentación de la cuajada (cheddarización), cantidad de sal a incorporar, tipo de molde y tasa de prensado.

El pH, contenido de sal, humedad y contenido de grasa desarrollados a lo largo de las dos primeras fases del proceso de elaboración general de quesos, son críticos al inicio de la última fase o maduración de los quesos. Esto último se debe a que el ambiente inicial dentro y en la superficie del queso va a determinar el desempeño de las BAL a lo largo del proceso de maduración de los quesos. (Fase III).

El control físico debe ser apropiadamente manipulado en función de la temperatura y humedad relativa. Estos cambios físicos en el ambiente en combinación con el control bioquímico en la matriz de los quesos, forman una ecología microbiana dentro de la matriz y en la superficie de los mismos, que junto a las enzimas presentes y los procesos físico-químicos desarrollados, determinan el estándar de identidad de cada uno de los quesos.

CUESTIONARIO

1. Actividades iniciales

1. Nombre 2 pruebas de plataforma empleadas en la recepción de la leche:

a. _____; b. _____;

2. Indique dos puntos de control en la etapa de estandarización:

a. _____; b. _____;

3. Nombre dos sistemas de pasteurización de la leche:

a. _____; b. _____;

4. Señale 2 tipos de cultivos añadidos en la fase de premaduración:

a. _____; b. _____;

5. Nombre dos aditivos empleados en la coagulación de la leche:

a. _____; b. _____;

2. Preguntas relevantes

6. ¿Cuál es la etapa del proceso de coagulación de la leche en donde se forma el Glicomacropeptido?

a. Fase química

b. Fase enzimática

c. Sinéresis

7. ¿Cuál es el tamaño de corte requerido para elaborar queso semiduro?

a. Tamaño a nuez

b. Tamaño de grano de arroz

c. Tamaño grano de maíz

d. Tamaño grano de trigo

8. ¿A qué temperatura se realiza la cocción para queso duro?

a. Cocción a 35 C

b. Cocción a 40 °C

c. Cocción a >45 °C

9. ¿Qué tipo de queso lleva la fase de lavado de la cuajada?

d. Queso Parmesano

e. Queso Camembert

f. Queso Gouda

10. ¿Cuál que fermentos lácticos emplean el queso Gruyere?

a. *Streptococcus thermophilus*

b. *Lactobacillus helveticus*

c. *Propionibacterium shermanii*

d. Todas la anteriores

3. Estudio de casos

11. Se tienen 250 kg de leche para la elaboración de queso Camembert. Las proporciones de los fermentos son las siguientes: i) Fermento tipo LD (como cultivo intermedio): 0,5%; *Penicillium candidum*: 0,1 g/100 kg leche; ii) CaCl_2 : 10 g/100 kg leche; iii) Renina: 10 mL/100 kg de leche. Calcule la cantidad de fermento, cloruro de calcio y renina a incorporar. **Respuesta: Cultivo intermedio LD (1,25 kg); *Penicillium candidum* (Cultivo liofilizado) (0,25 g); CaCl_2 : 25 g; Renina: 25 mL.**

12. Se desea fabricar 400 kg de queso Gouda. Para ello se tiene la siguiente proporción de los aditivos a incorporar: i) Fermento LD liofilizado: i) 0,0017%; ii) CaCl_2 : 0,02%; iii) Renina en polvo: 0,003%. Calcule la cantidad de fermento, cloruro de calcio y renina a incorporar **Respuesta: fermento liofilizado LD (6,8 g); CaCl_2 (80 g); Renina en polvo (12 g).**

13. Si se tienen 350 kg de leche para elaborar queso Gruyere, con las siguientes proporciones: i) Fermentos *Streptococcus thermophilus*: 0,1% (Como cultivo intermedio); *Lactobacillus helveticus*: 0,1%; *Propionibacterium shermanii*: 0,2 g /100 L leche (Cultivo liofilizado); Densidad de la leche a 25 °C (1,032 kg/L). Calcule la cantidad de fermento a incorporar. **Respuesta: *Streptococcus thermophilus* (350 g); *Lactobacillus helveticus* (350 g); *Streptococcus thermophilus* (0,7 g).**

4. Actividades finales

14. ¿La formación de hebras tipo fibrosa en la cuajada por reducción del pH es característico en el queso Cheddar? __Verdadero __Falso

15. ¿El porcentaje de sal para quesos semiduros es hasta 4%? __Verdadero __Falso

16. ¿El método de salado por frotación es característico de los quesos duros? __Verdadero
__Falso
17. ¿Los quesos duros se caracterizan por ser redondos?
__Verdadero __Falso
18. ¿El pre-prensado es característico en queso semiduro? __Verdadero __Falso
19. ¿Es posible madurar los quesos blandos? __Verdadero __Falso.
20. ¿La proteólisis extrema es característico del queso Parmesano?
__Verdadero __Falso

5. Palabras de reflexión

Sabía usted que los fermentos madres se forman a partir de los cultivos comerciales en una proporción del 0,1% y que su incorporación como fermento láctico en la premaduración de la leche es de 0,5 a 1%!

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alewijn, M.; E. Sliwinski; J. Wouters. 2005. Production of fat derived (flavor) compounds during the ripening of Gouda cheese. *Int. Dairy J.* 15: 733-740.
- Baresford, T.; N. Ftzsimons; N. Brennan; T. Cogan. 2001. Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal*, 11: 259-274.
- Broyard, C.; F. Gaucheron. 2015. Modification of structures and functions of casein: a scientific and technological challenge. *Dairy Sci. and Tech.* 95: 831-82.
- Calderón, A.; .F. García; G. Martínez. 2006. Indicadores de calidad en diferentes regiones de Colombia. *Rev. MVZ Córdoba* 11(1): 725-737.
- Carroll, R. 2002. Home cheesemaking. Recipes for 75 homemade cheeses. 3^a ed. Storey Publishing. 272 p.
- Casey, M.; J. Hani; J. Gruskovnjak; W. Schaeren; D. Wechjler. 2006. Characterization of the non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) of Gruyere PDO cheese. *Lait*. 86: 407-414.
- Chandan, R.; R. Kapoor. 2011. Manufacturing outlines and applications of selected cheese varieties. *In: Chandan, R. Chandan, R.; A. Kilara. (Eds). Dairy Ingredients for Food Processing. Blackwell Publishing LTD. Iowa, USA. pp. 267-316.*
- Cheryan, M.; P. Van Wyk; N. Olson; T. Richardson. 1975. Continuous coagulation of milk using immobilized enzymes in a fluidized bed reactor. *Biotechnol. Bioeng.* 17: 585-598.
- Chr Hansen. 2014. Cheese Culture Catalogue. DVS Product range. 68 p.

-
- Cerf, O.; R. Condrón. 2006. *Coxiella burnettii* and milk pasteurization: an early application of the precautionary principle? *Epidemiol. Infect.* 134: 946-951.
- CFR. 1983. Code of Federal Regulation (CFR). Gouda Cheese. Title 21, Chapter I, subchapter B, part 133. Subpart B. Contents 133.142. Disponible en: <https://www.ecfr.gov>. [Consultado: 9 Enero 2020].
- CFR. 1993. Code of Federal Regulation (CFR). Gruyere Cheese. Title 21, Chapter I, subchapter B, part 133. Subpart B. Contents 133.149. Disponible en: <https://www.ecfr.gov>. [Consultado: 27 Febrero 2020].
- Cogan, T. 1995. Flavor production by dairy starter cultures. *J. Appl. Bacteriol. (Symp. Suppl.)*. 79: 49S-64S.
- COVENIN-573. 1979. Leche y sus derivados. Determinación de actividad fosfátasa. Método de referencia. 20 p.
- COVENIN-903. 1993. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma Venezolana. Leche cruda. COVENIN 903-93. 8 p.
- COVENIN-3821. 2003. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondo Norma N°3821-2003. Norma General de Quesos. 2da Revisión. 7p.
- Dalla, C. 2015. Rendimiento quesero teórico y real de la leche de la Cuenca de Villa María, Córdoba. Tesis Maestría en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Córdoba. p. 65.
- Dejmek P.; P. Walstra. 2004. The syneresis of rennet-coagulated curd, p 71–104. In Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (ed), *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*, 3rd ed, vol 1. General Aspects. Elsevier Academic Press, San Diego, CA.
- DPIA. 2003a. Departamento de Producción e Industria Animal (DPIA). Cátedra de Ciencia y Tecnología de la Leche. Introducción al control de calidad de la leche cruda. Guía práctica. 24 p.
- DPIA. 2003b. Departamento de Producción e Industria Animal (DPIA). Cátedra de Ciencia y Tecnología de la Leche. Fundamento para la elaboración de quesos. Guía práctica. 21 p.
- Emmons, D.; C. Emstrom; C. Lacroix; P. Sauvé. 1993. Further Considerations in Formulas for Predicting Cheese Yield from the Composition of Milk¹. *Journal of dairy science*, 76(4): p. 914-920.
- FAO. 1999. "Extension services for quality milk production" Proceeding of an international workshop in conjunction with the east-West-Forum of the Federal Ministry for Food, Agriculture and Forestry, Germany.
- Farkye N.; P. Fox. 1990. Objective indices of cheese ripening *J. Food Sci. and Technol.* Vol. 1(2): 37-40.
- Farnham, J.; M. Druart. 2011. *The joy of Cheesemaking. The ultimate guide to understanding, making and eating fine cheese.* Skyhorse publishing. New York, USA. 244 p.
-

- FIL-IDF, F.I.D.L. 1991. Factors affecting the yield of cheese. IDF Special Issue 9301. p. 197 p.
- Fisher, W.; A. Tritscher; B. Schilter; R. Stadler. 2003. Contaminants resulting from agricultural and dairy practices. *In: Roginski, H. (Ed). Encyclopedia of Dairy Science. Vol 1. Elsevier Science, London. pp. 516-525.*
- Forde, A.; G. Fitz-Gerald. 2000. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavor. *Curr. Op. Biotechnol. 11: 484-489.*
- Fox, P.; J. Law. 1991. Enzymology of cheese ripening. *Food Biotechnol. 5: 239-262.*
- Fox, P.; J. Lucey; M. Cogan. 1990. Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 29: 237.*
- Fox, P.; T. Guinee; T. Cogan; P. McSweeney. 2000. *Fundamentals of Cheese Science. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD. pp. 384 -387.*
- Fox, P.; L. McSweeney; M. Cogan; P. Guinee. 2004. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Vol. 2. 3rd ed. Elsevier Academic Press, London, UK.*
- Fox, P. F. 1998. "Developments in biochemistry of cheese ripening," in *Proceedings of Dairy Science and Technology 25th International Dairy Congress, Aarhus, 11-37.*
- Fox, P.; P. McSweeney; C. Lynch. 1998. Significance of non-starter lactic Acid bacteria in Cheddar cheese. *Australian Journal of Dairy Technology 53: 83-89.*
- Fox, P.; T. Cogan. 2004. General aspects. Salting. *In: P. McSweeney; P. Fox; P. Cotter; D. Everett. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Vol 1. General aspect. 1032 p.*
- Fox, P.; T. O'Connor; P. McSweeney; T. Guinee; N. O'Brien. 1996. Cheese; physical, biochemical and nutritional aspects. *Adv. Food Nut. Res. 39: 163-328.*
- Fox, P.; T. Singh; P. McSweeney. 1995. Biogenesis of flavor compounds in cheese. *In: Malin, E.; M. Tunick. (Eds). Chemistry of Structure-Function Relationships in Cheese. New York Press, USA. pp. 59-98.*
- Fox, P.; J. Wallace. 1997. Formation of Flavor Compound in Cheese. *Advance in applied Microbiology, 45: 17-85.*
- Furtado, M. 2003. "Queijos finos maturados por fungos". Primera edición. Editorial Milkbizz. Brasil. pp. 83-84.
- Gauna, A. 2005. Elaboración de quesos de pasta semidura con ojos. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. INTI. Cuaderno Tecnológico N°3. Lácteos. 104 p.
- Guinee, T.; B. Sutherland. 2011. Cheese: salting of cheese. *Encyclopedia of dairy science. 2^{da} ed. Academic press. San Diego. USA. pp. 595-606.*
- Guinee T.; P. Fox. 2004. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. *In Fox PF, McSweeney PLH, Cogan TM, Guinee TP (ed), Cheese Chemistry, Physics and Microbiology, 3rd ed, vol 1. General Aspects. Elsevier Academic Press, San Diego, CA. pp. 207-260.*

-
- Gut, J.; J. Pinto. 2003. Selecting optimal configuration for multisection plate heat exchanger. In: Pasteurization process. *Indian Journal of Engineering and chemical research*, 42: 6112-6124.
- Hassan, F.; M. Abd El-Gawad; A. Enab. 2012. Flavour compounds in cheese. (Review). *International Journal of Academic Research*. 4(5): 169-181.
- Honkanen-Buzalski, T.; W. Reybroeck. 1997. Antimicrobials. Monograph on residues and contaminants. In: Milk and Milk Products. IDF special issue 9701. International Dairy Federation, Brussel: 26-33.
- IDEAL. 2020. Ingeniería y Desarrollo Alimentario, S.A. Boletín Técnico. Queso, proceso de elaboración. 26 p.
- Kindstedt, P. 2014. The Basic of Cheesemaking. In: Donnelly, C. (Ed.). Cheese and microbes. ASMpress. Washington, D.C. United State. 333 p.
- Law, B. 2001. Controlled and accelerated cheese ripening: The research base for new technologies. *Int. Dairy J.* 11: 383-398.
- Lawrence, R.; H. Heap; J. Gilles. 1984. A controlled approach to cheese technology. *J. Dairy Sci.* 67(8): 1632-1645.
- Lawrence, R. 1993. Processing conditions. Factors affecting the yield of cheese. IDF Special Issue 9301. p. 197.
- Lee, M.; W. Lee. 2009. The role of Ca equilibrium on the functional properties of cheese: A review. *Korean. J. Food. Sci. Ani. Resour.* 29(5): 545-549.
- Lewis, M. 2000. Continuous thermal processing of foods Pasteurization and UHT Sterilization, Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Lucey, J. 1990. Physico-chemical aspect of Cheddar cheese. In: Proc. 2nd Moorepark cheese Symp. Fermoy. Ireland. Teagase. Dublin, Ireland.
- Lucey, J.; J. Kelly. 1994. Cheese yield. *Journal of the Society Dairy Technology*. 47 (1): 1-14.
- Mazzeo, M.; F. Diaz; L. Pérez; L. Agaton; A. Castaño; A. Jaramillo. 2009. Desarrollo de procesos productivos de quesos madurados en tres municipios del departamento de caldas. *Revista ingeniería e investigación*. 29 (3): 42-47.
- Mendez, C.; E. Ramírez. 2018. Elaboration of Gouda type cheese at experimental level. *Ventana Científica*. 9(15): 36-50.
- McMahon, D.; R. Brow. 1984. Enzyme coagulation of casein micelle: A review. *J. Dairy Sci.* 67: 919-929.
- McSweeney, P.; M. Sousa. 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheese during ripening: A review. *Lait* 80: 293-324.
-

- Moreno, G. 2003. Higiene e inspección de carnes. Vol II. España. Días de Santos. 624 p.
- Morillo, O.; P. García; C. Guerrero; R. Balmore; V. Torres; R. Castañeda. 2015. Revista Colombiana de Biotecnología. 17 (1): 54-60.
- Picon-Nuñez, M.; J. López-Robles; C. Miranda-Alvarez. 2004. Diseño termohidraulico de intercambiadores de calor de plato y marco. Revista Mexicana de Ingeniería Química. (2): 23-34.
- Ramesh, M. 2007. Pasteurization and food preservation. *In*: Rahman, M. (Ed). Handbook of Food Preservation. 2^{da} ed. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Ratón, l. USA. pp. 571-583.
- Ramírez, J.; P. Ulloa; M. Velázquez; J. Ulloa; F. Romero. 2011. Bacterias lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Revista Fuente. 2(7): 1-16.
- Scott, R. 1986. Cheese Making Practice. Elsevier Applied Science, London, UK.
- Smit, G.; B. Smit.; J. Wim; J. Engels. 2005. Flavor formation by lactic acid bacteria and biochemical flavor profiling of cheese products. FEMS Microbiol. Rev. 29: 591-610.
- Sousa, M.; Y. Ardo; P. McSweeney. 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. Int. Dairy J. 11: 327-345.
- Tesfay, T.; A. Kebede; E. Seifu. 2015. Physico chemical properties of cow milk produced and marketed in Dire Dawa Town, Easter Ethiopia. Food Science and Quality Management. 42: 56-61.
- Thomson, C.; P. Delaquis; G. Mazza. 1999. Detection and measurement of microbial lipase activity: A review: Crit. Rev. Food Sci. Nut. 39: 165-187.
- Tornadijo, M.; A. García; B. Prieto; J. Caraballo. 1998. La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: calidad química. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 2(2): 79-91.
- Tunick, M. 2014. The science of cheese. Oxford. University Press. New York. 273 p.
- Udayarajan, C. 2007. Relating Physico chemical characteristics of cheese to its functional performance. Tesis doctoral (PhD; of Philosophy Food Science). Universidad de Wisconsin-Madison, EE.UU. 290 p.
- Wang, L.; B. Sunden; R. Manglik. 2007. Plate heat exchangers: Design, applications and performance. Witpress, Southampton, Boston. 2669 p.