

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE QUESOS
CHEESEMAKING TECHNOLOGY. INTRODUCTION

RESUMEN	03
ABSTRACT	04
INTRODUCCIÓN	05
DEFINICIÓN DE QUESOS	06
PRINCIPIOS DE LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE QUESOS	06
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS QUESOS	07
Contenido de agua	08
Grasas	08
Proteínas	09
Lactosa	10
Sales minerales	11
Contenido de sal	11
CLASIFICACIÓN DE LOS QUESOS	13
Clasificación por el grado de maduración	13
Clasificación por el tipo de coagulación de la caseína	13
Clasificación por el contenido de humedad	14
Clasificación por el contenido en grasa extracto seco (GES)	15
Clasificación general propuesta por Olson (2003)	15
FASES FUNDAMENTALES EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS	17
CONCLUSIONES	19
CUESTIONARIO	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

RESUMEN

El objetivo general del presente capítulo es estudiar los elementos que definen a un queso, su composición química y las variaciones que ocurren en proporción al compararla con la composición química de la leche. La principal contribución en este capítulo es la comparación de la composición química de la leche con respecto al queso, y la propuesta de los pasos del esquema tecnológico general. El proceso de elaboración de quesos consiste en tres fases fundamentales: acondicionamiento de la leche y preparación para su coagulación (Fase I), luego se realiza todos los eventos que tienen que ver con la sinéresis de la cuajada formada (Fase II) y finalmente la etapa de maduración a nivel de cava (Fase III), en donde se logran alcanzar las características físico-química, microbiológicas y organolépticas que van a definir a cada uno de los quesos que existen a nivel mundial en función a las condiciones de maduración y tipos de fermentos empleados. El principio por el cual se basa la tecnología de elaboración de queso es la combinación de varios factores como reducción del agua disponible, incremento de la acidez, reducción del pH, incremento del potencial osmótico, y presencia de componentes antimicrobianos. Los quesos se caracterizan por tener una alta proporción de grasas, proteínas, sales minerales y calcio, lo que hace que este tipo de alimento tenga un aporte significativo de nutrientes para la alimentación humana. La combinación adecuada de los factores que afectan la producción de queso en cada una de las fases fundamentales de elaboración, permite obtener la gran variedad de quesos que existen actualmente en el mercado y que pueden ser categorizados en base a su grado de maduración, humedad y contenido de grasa.

Palabras clave: Clasificación, composición química, elaboración. Queso.

ABSTRACT

The general objective of this chapter is to study the elements that define a cheese, its chemical composition, and the variations in proportion regarding the proximate composition of whole milk, the principles of its technology, and the main types of cheese worldwide. The central contribution of this chapter is the comparison of the chemical composition of milk to cheese, and the proposal of the steps of the general technological scheme of cheesemaking. The cheesemaking process consists of three fundamental phases: conditioning of the milk and preparation for its coagulation (Phase I), the syneresis of the formed curd (Phase II), and finally, the aging process (Phase III). This last phase is the most important, since the physical-chemical, microbiological, and organoleptic characteristics defining each worldwide cheese are achieved in this stage accurately, following the maturation conditions and types of cheese cultures used. The principle of cheesemaking technology is based on the combination of several factors such as: reduction of available water, increment in acidity, reduction of pH, increase of osmotic potential, and presence of antimicrobial components. Cheeses are distinguished by high amounts of fats, proteins, mineral salts, and calcium, making this food an essential source for human nutrition. The right combination of the factors affecting cheese production during each of the fundamental phases of its elaboration allows a variety of cheeses currently in the market, which can be categorized based on their degree of maturation, moisture, and fat content.

Key words: Classification, chemical composition, processing, cheese.

INTRODUCCIÓN

El queso es un producto lácteo, de alto consumo a nivel mundial, considerándose una excelente fuente de proteínas (20-34%), grasas (25-32%), calcio (900-1200 mg/100 g), fósforo (650-990 mg/100 g), vitamina A (3600 mg Retinol/kg), D (1300 mcg/kg) y riboflavina (530 mg/kg), siendo el aporte en más del 20% en la ingesta diaria recomendada (Chandan y Kapoor, 2011).

Este producto alimenticio es de alta aceptación por el consumidor, dada sus características sensoriales como sabor, color, acidez, grado de salinidad, textura, aroma y *flavor*, además de una ventaja para la población por el acceso a los componentes nutritivos necesaria para cubrir los requerimientos calóricos y nutricionales. Adicionalmente, los quesos proporcionan nueve de los veinte aminoácidos esenciales que tienen alto valor nutricional necesarios para el desarrollo y mantenimiento de las células y tejidos del organismo (Fox *et al.*, 1995).

Por otra parte, el suero de queso deshidratado o en forma de requesón, además de su alto valor nutricional y mayor digestibilidad, con respecto a las caseínas, presentan una fuente considerable de péptidos biológicos que están relacionados a beneficios a la salud como modulador del sistema inmunológico, reducción del colesterol sanguíneo, protección contra la hipertensión y efectos antiinflamatorios y anticancerígenos (Huffman y De Barros-Ferreira, 2011).

En relación a la producción mundial de quesos para el año 2017, este fue de 23,18 millones de toneladas, siendo el principal productor Estados Unidos con 5,37 millones de toneladas, que equivalen a un 23% con respecto a la producción global, seguida de Alemania y Francia con 9,5 y 8,2%, respectivamente. Italia y Holanda contribuyeron en un 5,4 y 3,8%, respectivamente. Mientras que Rusia tuvo una participación del 2,7%. En Latinoamérica, los tres países que contribuyeron principalmente a la producción mundial fueron Brasil, Argentina y México con 3,2, 2,25 y 1,63%, respectivamente (EuroStat, 2018).

En Venezuela, durante el 2018, la producción diaria de leche estuvo alrededor de los 6 millones de litros, considerando que el 75% de ella, se destinó a la producción de quesos para autoconsumo, y tomando en cuenta que el rendimiento quesero promedio es del 10%, la producción de queso con respecto a la producción mundial, fue de un 0,58% (CAVILAC, 2018).

Con respecto a la producción mundial de leche según OECD/FAO (2018), en el año 2017 fue de 823,30 millones de toneladas. Si se asume un promedio general de 9 litros de leche por kg de queso producido, eso constituye 213,72 millones de toneladas de leche que se utilizan para la elaboración de quesos, lo que equivale a un 25,33% del total de leche producida en el mundo. Por otra parte, se estima que el consumo mundial de quesos superaría los 25 millones de toneladas para el 2023 (25.297.200 TM). Lo anterior significa que el crecimiento interanual sería de 0,264 millones de toneladas, representando un incremento porcentual interanual del 1,14%.

El objetivo general del presente capítulo es estudiar los elementos que definen a un queso, su composición química y las variaciones que ocurren en proporción al compararla con la composición química de la leche, los principios en la cual se basan la tecnología de su elaboración, así como los principales quesos a nivel mundial tomando en cuenta esquema de clasificación basada en el contenido de humedad, grasa y grado de maduración. Al final del capítulo introductorio se presenta el esquema general de cómo estará estructurada la presente monografía a lo largo de sus diferentes capítulos.

Finalmente, se proponen algunas preguntas que son sugeridas en responder, en el apartado denominado cuestionario, para fijar los conocimientos relacionados a los principios de la tecnología de elaboración de quesos, su composición química, su clasificación y las fases fundamentales de su elaboración.

DEFINICIÓN DE QUESOS

La palabra queso deriva de la palabra caseína, del latín “*Caseus*”, cuyo significado origina *carere suerum* (que carece de suero). El queso es el producto lácteo fresco o madurado, sólido o semisólido obtenido por coagulación total de la leche entera o descremada por acción de agentes coagulantes ácidos o enzimáticos de origen animal, vegetal o microbiano y escurrimiento parcial del suero, el cual es sometido o no al proceso de maduración (Scott *et al.*, 1998; FAO/OMS, 2008).

Desde el punto de vista físico-químico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado por la caseína básicamente integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, el cual por coagulación, engloban glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanecen adsorbidas en el sistema o se mantienen en la fase acuosa retenida (Walstra *et al.*, 2006).

Desde el punto de vista nutricional los quesos son una excelente fuente de varios nutrientes para la alimentación humana, porque proveen de calcio, fósforo, vitaminas (A y D), proteínas y grasas y debido a sus características sensoriales, este tipo de alimentos puede llegar fácilmente a la población (Delbes *et al.*, 2006).

PRINCIPIOS DE LA TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE QUESOS

La fabricación de los quesos está basada en la obtención de un producto auto estable debido a la remoción de una gran parte del agua disponible (en forma de suero), disminución del pH, incremento de la acidez, y cuyos nutrientes importantes en la leche como la caseína y la grasa aumentan de 4 a 8 veces su proporción dependiendo del contenido de humedad retenida en los quesos (Everet y Auty, 2008).

Hoy en día existen más de 2000 variedades de quesos alrededor del mundo, que en su mayoría, son sometidos a un proceso de maduración para adquirir la consistencia y el *flavor* (definido como la combinación de sabor, aroma y sensación al paladar) deseado. Para alcanzar los objetivos de la maduración, la cuajada fresca es colocada en cavas bajo condiciones favorables a los cambios bioquímicos y físicos. La fabricación de los quesos es un proceso complicado que envuelve muchos pasos y varias transformaciones bioquímicas. Todas estas variables afectan el rendimiento, la composición y calidad de los quesos como de los subproductos (predominantemente el suero) (Walstra *et al.*, 1999).

Ninguno de los nutrientes en la leche son completamente retenidos, y otras sustancias deben ser adicionadas ya sea para realzar su sabor, como por ejemplo la sal (Ramírez-Navas *et al.*, 2017) o para incrementar la vida útil como el uso de los agentes antimicrobianos como la nisina (Dimod *et al.*, 2005) o Natamicina (Stark, 2000). El rendimiento y la composición de los quesos son determinados por las propiedades de la leche, especialmente la composición en grasas y proteínas, además de las prácticas aplicadas en el esquema general de fabricación (Lucey y Kelly, 1994).

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS QUESOS

El enfoque para el análisis de la composición química de los quesos es del tipo comparativo, en función a la composición química de la leche y cómo cambia sus proporciones en números de veces con respecto al producto de su procesamiento en queso.

Es posible señalar entonces que, la leche de vaca, se caracteriza por presentar un contenido de agua del 87,5%, con un porcentaje de sólidos totales del 11,85%, además de las proteínas (3,17%), grasas (3,51%), lactosa (4,61%), sales minerales (0,66%), entre otros de menor proporción como el sodio (0,06 %) y el calcio (0,124%). Con base a lo indicado, la leche contribuye con un valor energético de 62,71 Kcal/100 g (Taverna *et al.*, 2001).

Tomando en cuenta la proporción inicial de los componentes de la leche y la que se obtiene una vez transformada en un queso fresco semiduro, es posible apreciar que la composición química incrementa, en todos sus componentes como sólidos totales, grasa, proteínas, sales minerales, calcio y sodio, con excepción de la humedad y lactosa, (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de los principales componentes de la leche y su variación al transformarse en queso.

Componentes	Producto lácteo		
	Leche entera de vaca ¹ (%)	Queso semiduro (%bh)	Variación
Humedad	88,15	50,6 ²	-42,59%
Sólidos Totales	11,85	49,4 ²	4,16
Grasa	3,51	21,4 ²	6,09
Proteína	3,17	19,9 ²	6,27
Lactosa	4,61	3,4 ²	-26,24%
Sales minerales	0,66	4,3 ²	6,51
Calcio	0,124	1,03 ³	8,3
Sal (Como sodio)	(0,06)	(1) 2,5 % (NaCl) ²	16,66
Valor nutricional (Kcal/100 g)	62,71	286	4,56

Fuente: ¹Taverna *et al.*, (2001). ²Arispe y Westhoff, (1984). ³Maldonado *et al.*, 2014.

En un principio, se puede verificar que los sólidos totales pasan de 11,85 a 49,4% en el queso, incrementando ($49,4/11,85=4,16$ veces) su valor con respecto a la proporción inicial. Lo anterior se debió a una reducción del contenido de agua de 88,15 a 50,6 %, equivalente a una disminución de 42,59%. Esto generado por la sinéresis producida durante el proceso de elaboración del queso, de hecho Lucey y Kelly (1994) señalaron que, la fabricación de los quesos puede considerarse como un proceso de deshidratación en la cual las caseínas y las grasas de la leche son concentrados aproximadamente 10 veces su valor.

A partir del corte del gel formado en la coagulación de la leche, comienza la expulsión de líquido (Walstra, 1999). La reducción de la humedad, ocasiona también, un incremento de los componentes sólidos que componen la leche como la grasa (6,09 veces), proteína (6,27 veces), sales minerales (6,51), calcio (8,3) y sal expresada como sodio (16,66 veces su valor inicial). Por su parte, la lactosa se reduce de 4,61 a 3,4 equivalentes a una reducción del 26,24%, ya que gran parte de ella queda en el suero y constituye un sub-producto de la elaboración de los quesos.

Por último, el valor nutricional se incrementa 4,56 veces con respecto a su valor inicial. Lo anterior es importante porque indica que los quesos desde el punto de vista nutricional, representan una forma de consumo indirecto de leche y son una muy buena fuente de nutrientes como grasas, proteínas y minerales como el calcio, contribuyendo de esta manera a la formación de tejido muscular y óseo del cuerpo humano (Chandan, 2011).

Las proteínas y las grasas son los componentes básicos del queso y responsables de su rendimiento. En función de la composición de la leche, composición del queso y la tecnología de fabricación, entre el 75 al 78% de las proteínas de la leche y entre el 85 al 95% de grasa de leche son retenidas en la cuajada del queso durante la coagulación enzimática (Fenelon y Guinee, 1999).

Contenido de agua

El contenido de agua representa el componente de mayor proporción en un inicio de la etapa de su elaboración, sin embargo se puede ir reduciendo conforme avanza el proceso de elaboración del queso. Permite clasificar a los quesos en términos de consistencia o dureza. Un queso fresco recién elaborado, presenta un contenido de humedad del 79%. (Queso Cottage) (Brito *et al.*, 2006). Un queso semiduro como el Gouda con 4 meses de maduración en cava, presenta un contenido de agua del 45% (CFR, 1983), mientras que el Parmesano con al menos nueve meses de maduración, presenta un porcentaje de humedad del 32 % (CFR, 1993).

El contenido de agua en los quesos va a depender del tipo de coagulación, acidificación y capacidad buffer de la caseína (Kuo *et al.*, 2003). Sumado a lo anterior y tomando en cuenta el esquema de elaboración de quesos, la pérdida de humedad e incremento de los sólidos se deben al corte-desuerado, acidificación/cocción, batido, prensado, salado y condiciones de la cava en la fase de maduración (Kindstedt, 2014). Además, el porcentaje de agua es determinante en la vida útil de los quesos, a menor humedad, mayor es su vida de anaquel.

Grasas

Tienen importancia no solo desde el punto de vista nutricional, sino también contribuye a la textura y las propiedades sensoriales (*flavor* del queso vía lipólisis) y propiedades funcionales (McSweeney y Sousa, 2000).

Desde el punto de vista sensorial, cuando los ácidos grasos de cadenas corta son liberados por la actividad de las lipasas, generan componentes que contribuyen al sabor global en los quesos (Ej. Ácidos grasos de cadena corta al reaccionar con los alcoholes generan olores florales o a nuez en queso Pecorino). La grasa butírica y caproíca que son ácidos grasos de cadena corta volátiles, están en una proporción de 5%, son los que contribuyen significativamente en el sabor (Mistry, 2001).

Por otra parte, la grasa juega un papel muy importante en la humedad final de los quesos, ya que ella es capaz de evitar la salida del agua que queda retenida en los poros de la matriz del queso, incrementando de esta manera la retención de humedad debido a que forma una capa que evita la salida de agua en la fase de maduración, por lo que a mayor proporción de grasa estandarizada en la leche, mayor es la humedad retenida (Chandan y Kapoor, 2011).

A nivel funcional, la estructura de la grasa tiene implicaciones en el derretido o fusión de los quesos de pasta hilada, ya que la grasa permite lubricar la capa de caseína permitiéndoles fluir con mayor facilidad (Rowney *et al.*, 2004).

Una manera de clasificar a los quesos, es en función al contenido de grasa en base seca. Esto tiene una ventaja, ya que el queso pierde constantemente humedad, por el contrario se mantiene constante la relación sólidos no grasos a grasa.

En este sentido se debe dividir el porcentaje de grasa en base húmeda (21,4%) sobre el total de sólidos (49,4%) y multiplicarlo por 100. El resultado es 43,31% lo que lo ubica como un queso semigraso (semigraso: quesos que están entre 25-45% de grasa en base seca).

Por otra parte, existe una presión por parte de los nutricionistas en reducir la cantidad de grasas saturadas en los quesos por razones de salud, sin embargo esto reduce el sabor e incrementa la firmeza de los quesos a niveles que pueden ser inaceptables para el consumidor. En este sentido hay alternativas para evitar lo anterior, como el uso de proteínas, carbohidratos o triacilgliceridos modificados tales como poliéster de sacarosa (llamados miméticos de la grasa), esto incrementa la retención de humedad y produce quesos más suaves (Zisu y Shah, 2005).

Proteínas

La proteínas en el queso representa el componente que se encuentra en mayor proporción en los sólidos no grasos (66,11%) por lo que forman la estructura elemental en los quesos (Everett y Auty, 2008) y contribuyen al *flavor* a través de la proteólisis durante la maduración (Fox y Wallace, 1997). Para obtener un queso se debe usar un agente coagulante y a nivel industrial se emplean ya sea ácidos orgánicos o cuajos (enzimas) (Miller *et al.*, 1999).

Cuando la leche se cuaja usando renina, las caseínas pierden una fracción que es soluble en agua y se denomina glicomacropéptido que constituye el 4% del total de caseína. En función a los rendimientos, esto significa que el proceso de elaboración de quesos es capaz de recuperar el 96% de la caseína y el 76,8% (80% caseína de la leche x 0,96) de la proteína total presente en la leche (Inda, 2000).

Si el agente coagulante es un enzima (quimosina o renina), su objetivo es hidrolizar las caseínas el cual representa la proteína más importante por su concentración (80%), al coagular

la caseína arrastra la grasa, las vitaminas liposolubles (E, D, K y A) y lactosa en pequeñas proporciones (0,2-0,5%) (Chandan y Kapoor, 2011).

En el suero quedan las proteínas solubles (20% de las proteínas de la leche), como la alfa-lactoalbúmina y beta-lactoglobulina y la mayoría de la de lactosa. Tomando en cuenta el comportamiento y las propiedades de la matriz proteica (en promedio el 19,9% de proteínas en el queso), dominan la textura y propiedades reológicas en los quesos, tales como la rigidez, plasticidad, elasticidad, viscoelasticidad y derretibilidad (Walstra y Van Vliet, 1986).

Desde el punto de vista funcional, las proteínas son capaces de absorber agua y retienen toda la humedad presente en el queso. La caseína puede retener entre 2 a 5 g de agua por g de proteína (Pritchard y Kailasapathy, 2011). En este sentido, en un queso fresco con 50,6% de agua y 19,9% de proteínas, cada gramo de proteína retiene $50,6/19,9=2,54$ gramos de agua. En función a los rendimientos, significa que por cada gramo de caseína que se pierde en el proceso 3,54 g de queso (1+2,54) no formaran parte de los rendimientos.

Cuando se precipita con ácidos, ya sea el ácido acético, láctico o cítrico, hay una solubilización del fosfato cálcico coloidal, mientras más ácido se le incorpore a la leche vía fermentación o acidificación directa con una solución de alguno de estos ácidos, más es el desplazamiento del calcio coloidal a soluble y esta es total cuando el pH llega a 4,6, la micela de caseína se hace más pequeña y el área o superficie de contacto se incrementa, por lo que se incrementa la absorción de agua (Lucey y Fox, 1993).

Si a este proceso viene acompañado de la aplicación de calor por encima de los 60°C, ocurre una precipitación termo-isoeléctrica que es el principio de la elaboración de la Ricotta y del queso Blanco latinoamericano (queso obtenido de una cuajada termo-isoeléctrica y posteriormente prensada). Las proteínas del suero son solubles a pH 4,6, sin embargo, temperaturas superiores a 60 °C en un suero acidificado pierden su solubilidad (Inda, 2000).

El mismo autor señala que la caseína isoeléctrica forma pliegues entre sí con interacción hidrofóbica, lo que la hace que se separe del resto de los componentes. Ambas proteínas, las caseínas y las proteínas del suero, precipitan en un medio altamente ácido en presencia de calor, por lo que se elevan los rendimientos y su calidad nutricional, ya que quedan retenidas todos los aminoácidos esenciales presentes en la leche. Esto es una de las ventajas del queso blanco con respecto al resto de los quesos obtenidos por coagulación enzimática. Además, esta forma de coagulación es particularmente importante, porque permite clasificar a los quesos en dos grandes grupos: quesos por coagulación enzimática y los quesos obtenidos por coagulación ácida.

Lactosa

Este es un disacárido formada por dos moléculas, galactosa y glucosa y existe solo en la leche en forma de solución verdadera. Esta comprende entre 4,7 a 5,8 % de la leche, y 70 % de los sólidos del suero (Walstra y Jenness, 1987). La lactosa es hidrolizada por la β -D-galactosidasa (lactasa), en sus dos monosacáridos, estos azúcares pueden ser fermentados por las bacterias y de esta forma ser aprovechado para la fabricación de quesos (Baró, Lara y Corral, 2010).

Durante el proceso de fabricación del queso, existe una etapa denominada corte del gel, el

cual conduce a la salida de un componente líquido denominado suero, este contiene el 55 % de los nutrientes de la leche, y por otra parte la obtención de una cuajada que representa la parte sólida luego de la separación (Inda, 2000).

Los componentes que permanecen solubles en el suero (líquido de color amarillo-verdoso), el cual es considerado un sub-producto en la industria láctea son: la lactosa (4,5-5 % p/v), proteínas solubles (0,6-0,8 % p/v) y lípidos (0,4-0,5 %) (Parra, 2009), en la cuajada quedan retenidas entre 0,1 a 5 % de la lactosa que son suficientes para que ocurra el proceso de fermentación, dado que este contribuye en el sabor, aroma y textura así como en la preservación del queso (Kindstedt, 2014).

Sales minerales

Las sales minerales en la leche, se encuentran en una proporción promedio del 0,72% y los principales constituyentes son (mg/100g): el calcio 125, potasio 138, cloruro 103, fósforo 96, sodio 58, azufre 30, magnesio 12 y minerales traza como cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc selenio y yodo. Las sales minerales no se encuentran exclusivamente bajo la forma de sales solubles, otra parte importante se encuentra en forma insoluble en fase coloidal (Judkins, 1984; Alais, 1994).

Tomando en cuenta los valores reportados en el Cuadro 1, una porción diaria de 40 gramos de queso, contribuye de manera significativa al aporte de calcio (496 mg), si se suma el consumo de 100 gramos de yogurt (124 mg de calcio) el cual representa el 100 % de rendimiento de su elaboración a partir de leche entera de vaca, y 250 gramos de leche diario (310 mg de calcio), estos tres productos lácteos proporcionan 930 mg, que son aproximadamente el 90% de la ingesta diaria recomendada para el consumo de calcio en una dieta para adulto de 2000 calorías. Lo anterior es la base de la dieta a lo que denominaremos “tres al día”.

Una parte de los minerales en la leche se encuentra asociados a otros componentes. En una leche sin alteraciones, el 65% del calcio, el 60% del magnesio y el 50% de fósforo se encuentran asociados a la caseína en forma coloidal (Kennelly, 1999).

En la leche, el equilibrio entre el calcio coloidal y el calcio soluble es clave para lograr la aptitud de la leche a la coagulación. Una de las maneras de romper este equilibrio es precipitando el calcio soluble por aplicación de calor (pasteurización), en cuyo caso el calcio coloidal debe pasar a calcio soluble para mantener el equilibrio, por lo que se sacrificaría en la reducción del tamaño de la micela de caseína y por ende el rendimiento quesero. Es por esto, que para incrementar la proporción de calcio coloidal y restituir el tamaño de la micela de caseína a su estado original luego de la pasteurización, es necesaria la incorporación del cloruro de calcio (CaCl_2) a la leche pasteurizada previo a la fase de coagulación (Tornadijo *et al.*, 1998).

Contenido de sal

A nivel general, la sal es un ingrediente de los alimentos utilizados comúnmente y que ofrece muchas funciones tecnológicas (sobre la composición de los quesos, actividad enzimática y control de la microbiota). La sal se añade a todos los tipos de queso al final del proceso de producción con la finalidad primaria de coadyudar a eliminar el agua hasta los niveles de humedad deseado (Sutherland, 2002).

Desde el punto de vista sensorial incrementa en el sabor del queso, ya que potencia el sabor de otros componentes y suprime el sabor amargo, mejorando así el sabor general del alimento (IOM, 2010). La percepción de la sal se atribuye al sodio en un 70-85%, y al cloro en un 30-15% (Ramírez-Navas, 2017). Actúa también en la preservación y modificación de la textura del queso (Hutton, 2002). Las norma venezolana COVENIN-1813, (2000) establecen un máximo de 3% (base seca).

Como agente antimicrobiano, la sal aumenta la presión osmótica en la fase acuosa de los alimentos, causando la deshidratación de las bacterias, por ende su muerte, o previniendo su crecimiento y proliferación (Cruz *et al.*, 2011).

Basados en el principio de la tecnología de los métodos combinados o de obstáculos, se puede aseverar que junto con la reducción del pH, la actividad de agua (a_w) y el potencial redox, contribuyen a la reducción del deterioro y la prevención del crecimiento de patógenos en los quesos. Además la sal, promueve cambios físicos y químicos en los procesos de maduración y regula el crecimiento de organismos deseables, incluyendo las bacterias ácido lácticas (Sutherland, 2002).

La concentración de sal en los quesos oscila entre 0,7 a 7 g/100g, correspondiente a un a_w de 0,99 a 0,95, respectivamente. Muchos microorganismos pueden crecer bajo tales condiciones, por ejemplo el *Staphylococcus aureus* crece con 20% de sal y *Lactococcus lactis* subsp *lactis*, es capaz de crecer con concentraciones de hasta 6% de sal (Cogan, 2000).

El sodio forma parte de la sal y su consumo en exceso está relacionado con problemas de presión arterial alta (IOM, 2010). En cuanto a la contribución de los quesos a la ingesta diaria recomendada, Drake *et al.* (2011) señalaron que el ser humano requiere consumir 2,4 g de sodio al día (equivale a 6 g de sal), los quesos contribuyen en un 10 % del sodio en la ingesta diaria recomendada, si el consumo es de 40 g diario. Por otra parte, para que el queso se considere bajo en sodio, este no puede contener más de 280 mg Na /100 g, equivalente a 0,7 % de sal (por gravimetría: 0,04 g de Na equivalen a 0,1 g de sal en 100 g muestra).

Para superar el valor insípido de los quesos se requiere de un 0,8 % (Guinee y Fox, 2004). Quesos con un contenido de sal (3% de NaCl) para una porción de 30 gramos, equivale un 15% de la ingesta diaria recomendada. Quesos como azul, Romano, queso Parmesano y queso Feta se esperan ser salados (>3 % sal) (Johnson *et al.*, 2009).

La sal normalmente se reporta como porcentaje de sal (p/p), pero a nivel microbiológico, según Hystead *et al.*, (2013) la relación entre el porcentaje de sal y la humedad (S/H) en el queso es un indicador de inocuidad. La sal en humedad es calculada de acuerdo a la siguiente formula (1), descrita por Johnson (2014):

$$\frac{s}{H} = \frac{\% \text{ sal en queso}}{\% \text{ humedad en queso}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

En donde S= porcentaje de sal (p/p) y H= porcentaje de humedad en queso.

Valores de S/H menores a 3,5 % en el queso, presentan mayor crecimiento de BAL indeseables que generan defectos de sabor y textura. Valores de sal en humedad (S/H) superiores a 6%, se presenta la inhibición del metabolismo de la lactosa por cultivos iniciadores, resultando en una maduración lenta, con defectos de sabor y textura. Valores de S/H entre 4 a 6% presentan una alta probabilidad de obtener quesos de calidad satisfactoria.

En el ejemplo de los valores de sal y humedad publicados por Arispe y Westoff, (1984) para queso semiduro colocados en el Cuadro 1 del punto 3, y con la ecuación 2, es posible realizar el cálculo de S/H para verificar la calidad de los quesos en función al contenido de sal. En este sentido tenemos:

$$\frac{S}{H} = \frac{2,5 \% \text{ NaCl}}{50,6 \% \text{ humedad}} \times 100 = 4,94\% \dots\dots\dots(2)$$

Debido a que el valor obtenido se encuentra entre 4 a 6 %, se considera que los quesos analizados por dichos autores presentan calidad satisfactoria desde el punto de vista de inocuidad alimentaria.

CLASIFICACIÓN DE LOS QUESOS

El queso es producido ampliamente en el mundo existiendo más de 2000 tipos con gran variedad en sabor, aroma, textura, y formas. La clasificación puede ser realizada basada en diferentes criterios como tipo de coagulación de la leche, grado de maduración, contenido de humedad sin materia grasa y contenido de grasa en base seca. Otra clasificación incluyen a los quesos que son procesados, composición química, tipos de orificios (ojos) formados y los quesos de pasta hilada (Spreer y Mixa, 1998).

Clasificación por el grado de maduración

De acuerdo a la forma como es manipulado el queso al final del esquema tecnológico, la norma COVENIN-1813, (2000) clasifica a los quesos como quesos frescos y quesos madurados.

Quesos frescos. Estos quesos son aquellos que están listo para su consumo poco después de su fabricación y no son sometidos a cambios bioquímicos a nivel de cavas (Ramirez y Velez, 2012). Ejemplos: Blanco pasteurizado, queso Mozzarella, Palmita, Palmizulia, Blanco criollo, Cottage, queso crema.

Quesos madurados. Son todos aquellos quesos que, deben ser sometidos durante cierto tiempo a condiciones de aireación, temperatura y humedad relativa que le permitan experimentar los cambios bioquímicos, físicos y sensoriales necesarios y característicos, exigidos en el mismo antes de ser consumidos (Chandan, 2011). Ejemplos, queso Cheddar, Camembert, Gouda, Gruyere (Smith *et al.*, 2005).

Clasificación por el tipo de coagulación de la caseína

De acuerdo al tipo de coagulación de la caseína (Cuadro 2; FAO/OMS, 2008), los quesos se pueden clasificar en quesos obtenidos por coagulación enzimática, el cual emplean enzimas de

origen animal, vegetal o microbiano. Quesos de coagulación ácida, el cual usan bacterias ácido lácticas, que se encargan de producir el ácido láctico para lograr reducir el pH y de esta manera coagular la caseína. Quesos de coagulación enzimática/ácida, emplean bacterias ácido lácticas para reducir el pH, y por último los quesos de coagulación ácido/térmica.

Cuadro 2. Clasificación de los quesos de acuerdo al tipo de coagulación de la caseína.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Queso de coagulación enzimática	Son aquellos quesos que usan enzimas proteolíticas como agente coagulante	Queso Parmesano, Cheddar, Colby, Llanero, Gouda, Pecorino, Telita, Mozzarella
Quesos de coagulación ácida	Son aquellos quesos que usan ácidos orgánicos como agente coagulante	Queso Cottage
Quesos de coagulación ácida/enzimática	Son aquellos quesos que usan tanto ácidos orgánicos como enzimas en pequeñas proporciones (0,5-1%) como agentes coagulante	Queso crema
Quesos de coagulación ácido/térmica	Son aquellos quesos que usan tanto ácidos orgánicos como calor para lograr la coagulación de las proteínas de la leche	Ricotta, Requesón, Queso blanco.

Fuente: FAO/OMS (2008).

Clasificación por el contenido de humedad

Los quesos pueden ser categorizados tomando en cuenta su humedad y representa uno de los criterios más importante para su clasificación (Cuadro 3). La humedad en los quesos determina su textura. Esta, es calculada sin tomar en cuenta la materia grasa (HSMG; Humedad Sin Materia Grasa), ya que permite trabajar en base a los sólidos no grasos, que es una fracción de la leche que queda sin cambios, y de esta forma comparar las humedades entre los quesos.

Los quesos de textura blanda, tienen un porcentaje de HSMG superior al 67% por ejemplo el Mozzarella (queso de pasta hilada Italiano elaborado a partir de leche de búfala), Camembert (queso francés blando cuyo proceso de maduración es por superficie) mientras que los quesos extra duros, su porcentaje de HSMG es inferior al 42%, como el Parmesano cuya sinéresis es extrema tanto a nivel del corte, acidez y cocción de la cuajada, como en la maduración a nivel de cava.

Cuadro 3. Clasificación de los quesos según su consistencia y humedad.

Clases	Humedad	
	Sin materia grasa (%)	
Fresco o blando	> 67	Camembert, Mozzarella, Cottage, Crema, Feta
Firme/Semiduro de	54 - 69	Edam, Gouda, Manchego, Azul, Roquefort, Tilsit, Brick
Duros	49 - 56	Emmenthal, Gruyere, Cheddar, Colby
Extraduros	< 51	Parmesano, Pecorino, Romano

Fuente: FAO/OMS (2008). ; HSMG=Humedad sin materia grasa. bh=base húmeda.

Clasificación por el contenido en grasa extracto seco (GES)

Es posible clasificar a los quesos según su contenido de grasas en base seca. En este sentido se encuentran los quesos extra grasos, con más del 60% de materia grasa (queso crema). La gran mayoría los quesos pueden ser grasos, cuyo valor se encuentran entre 45 y 60% de materia grasa (Gouda, Tilsit, Cheddar, Gruyere, Roquefort). En los quesos semigraso el porcentaje de grasa se encuentra entre 25 y 45% (Parmesano, Emmenthal) y los quesos de bajo contenido en grasa o magros si el contenido de GES es inferior al 10% (Ej. Queso blanco desnatado, Ricotta desnatada, requesón desnatado) (FAO/OMS, 2008).

Clasificación general propuesta por Olson (2003)

Olson (2003), clasifica a los quesos en 4 categorías de acuerdo al contenido de humedad, firmeza y grado de maduración (Figura 1). Los quesos pueden ser de pasta blanda, cuya humedad está entre >50 a 80%. Quesos semiduros son aquellos cuya humedad se ubica entre >39 y ≤50%, mientras que los quesos duros se encuentran entre 34 a <39%.

Por último, los quesos con el menor contenido de humedad (<34%), son categorizados como quesos extra duro, como el parmesano cuya sinéresis es extrema tanto a nivel del corte de la cuajada como maduración en cava.

Quesos de pasta blanda. Los quesos de pasta blanda, se caracterizan porque presentan mayor humedad y además, mayor número de categorías. En este sentido, se tienen los quesos blandos no madurados y madurados, a su vez, los no madurados se pueden ubicar en quesos con bajo y alto contenidos de grasa, como el queso Cottage y el queso crema, respectivamente. Dentro de los madurados, se encuentran los quesos madurados por superficie, ya sea, por hongos, tal es el caso de los quesos Camembert y Brie, o por bacterias como el queso Liederkranz. Si la maduración es interna por bacterias ácido lácticas el queso obtenido es el Caciotta, ahora si la maduración se realiza con la cuajada sumergida en una salmuera se obtiene el queso Feta.

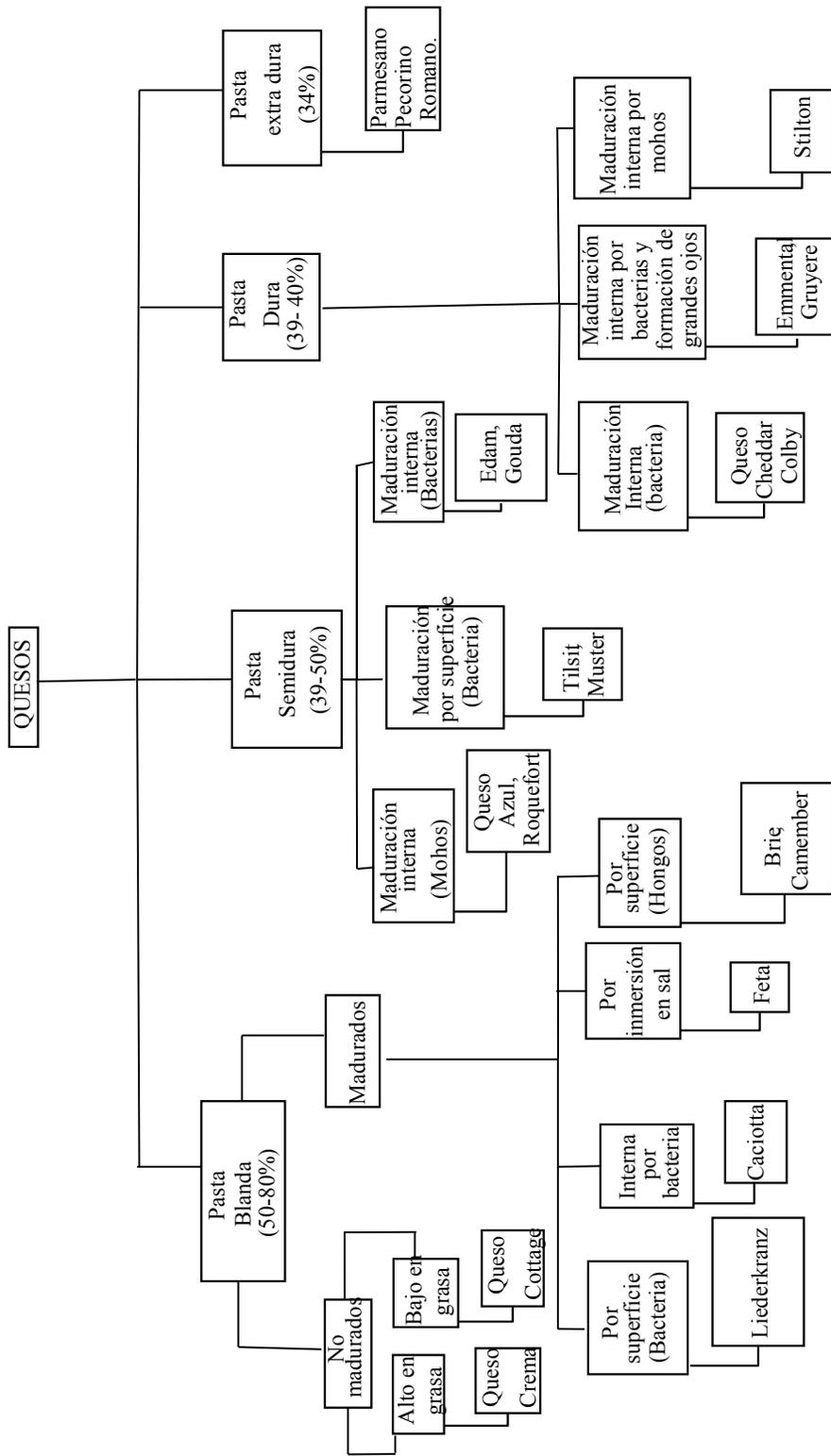


Figura 1. Clasificación de los quesos según Olson (2003).

Quesos de pasta semidura. Al igual que los quesos blandos, se pueden obtener ya sea por maduración interna por bacterias ácido lácticas, como el queso Gouda y Edam, el cual pueden tener o no ojos en la matriz del queso, y quesos madurados por superficie, ya sea, por mohos como el queso Azul y Roquefort o por bacterias como el queso Tilsit, Muster o Brick.

Quesos de pasta dura. La maduración se logra usando, ya sea bacterias o mohos, en ambos casos por maduración interna de la pasta. Cuando en la maduración se emplean las bacterias ácido lácticas, se pueden obtener quesos como el Cheddar y queso Colby. Ambos quesos se diferencian principalmente porque en el caso del Colby, la cuajada es lavada. Si la maduración es interna pero por acción de mohos, estamos en presencia del queso Stilton.

Cuando en el proceso de maduración es interna por bacterias y se forman ojos u orificios grandes, debido a la acción de bacterias ácido lácticas, los quesos que presentan esta característica diferencial son el queso Gruyere y el Emmenthal.

Pasta extra dura. Son todos obtenidos por maduración interna a partir de bacterias ácido lácticas. Entre los quesos clasificados como de pasta dura están el queso Parmesano, Pecorino y Romano. El Pecorino se diferencia del Parmesano porque, en el caso del queso Pecorino se emplea en su mayoría usando leche de cabra, aunque puede ser empleado la leche de vaca estandarizada a 3,2% de grasa, a este se le debe incorporar la lipasa proveniente de cabrito, para conferirle ese sabor picante y característico a nuez afrutado.

El parmesano se fabrica a partir de leche de vaca y estandarizada a un porcentaje de grasa del 2,6 %, además, se emplean lipasas provenientes de becerros. Por otra parte, el corte del coagulo en el caso del Pecorino se realiza del tamaño de un grano de arroz, y la cuajada se cocina a 45 °C, mientras que en el Parmesano, el corte del coagulo es del tamaño de un grano de trigo y la cuajada se cocina a 55 °C.

FASES FUNDAMENTALES EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS

El proceso general de elaboración de cualquier tipo de queso, presenta tres fases fundamentales que se puede apreciar en el esquema presentado en la Figura 2.

La Fase I, llamada acondicionamiento de la leche y coagulación, comprende todas las etapas en la cual es sometida la leche que ha sido pasteurizada, hasta llegar a su coagulación, esta fase incluyen: recepción de la leche, estandarización de las grasas, pasteurización de la leche, la pre-maduración de la leche con fermentos lácticos, el ajuste del calcio coloidal-calcio soluble con el cloruro de calcio y la coagulación por incorporación del agente coagulante. Los aditivos químicos empleados como ingredientes en la Fase I serán explicados en el Capítulo II de la presente monografía.

La Fase I se realiza con la finalidad de eliminar las bacterias patógenas y reducir de manera significativa las bacterias deteriorativas que pudieran estar presente en la leche, cambiar la proporción de grasas en la leche para estandarizar el proceso, restituir población de bacterias ácido láctico, restituir el tamaño de la micela de caseína e iniciar la formación del gel de paracaseinato fosfato di-cálcico, así como preparar la matriz del queso para iniciar la próxima fase que es la sinéresis. Lo anterior se realiza bajo el control de los parámetros operacionales como pH/acidez, temperatura de premaduración/coagulación y contenido de calcio soluble. Los detalles de esta fase se darán a conocer en el Capítulo III.

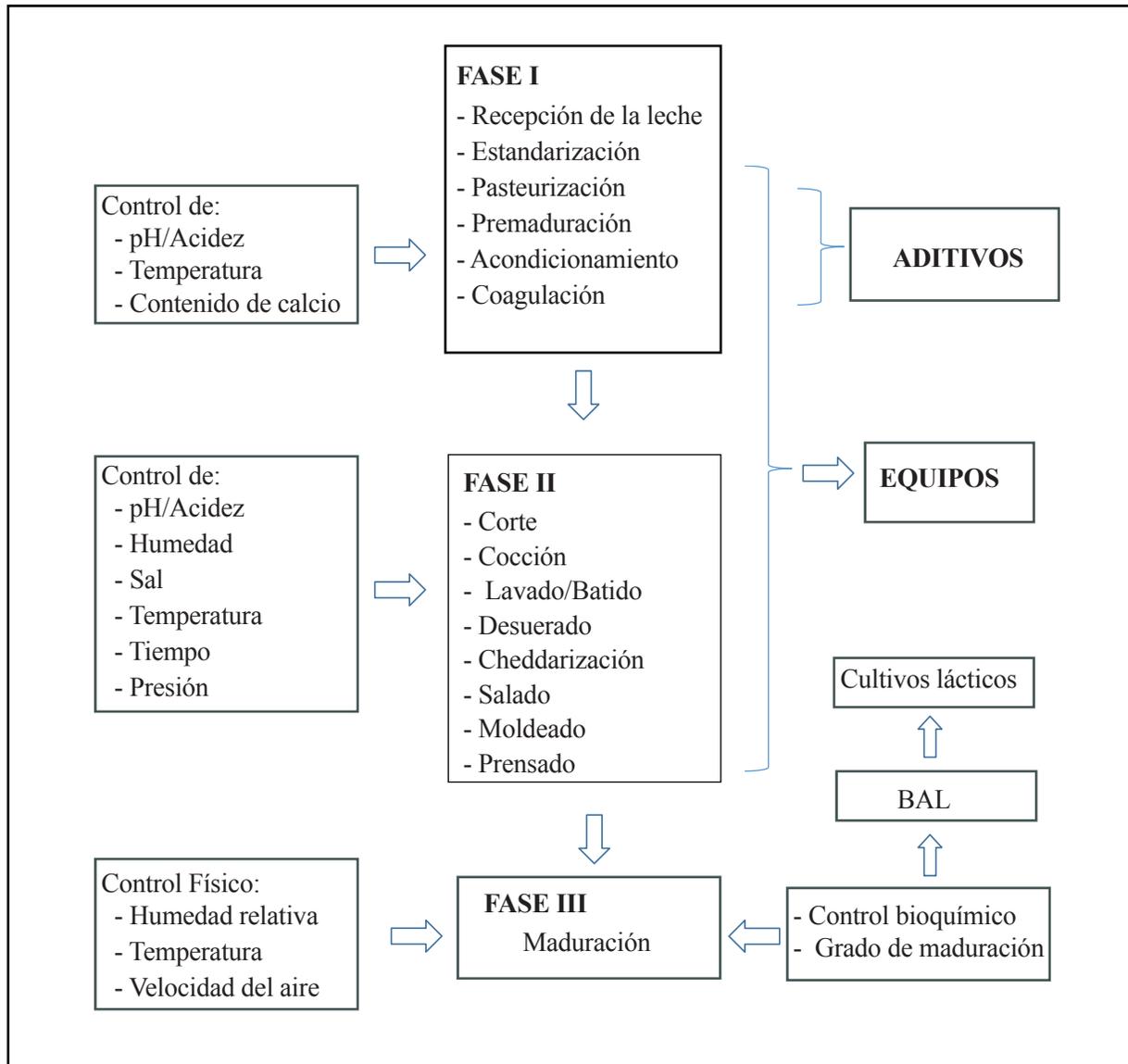


Figura 2. Resumen de las fases fundamentales y controles en el esquema general del proceso de elaboración de quesos.

En la Fase II, denominada desuerado o sinéresis, comprenden las etapas de corte, cocción/lavado/batido, desuerado, cheddarización, salado, moldeado y prensado de la cuajada. Las actividades anteriores se realizan con la finalidad de facilitar la mayor expulsión del suero de la matriz del queso. Los parámetros operacionales a controlar para estimular la sinéresis o salida del suero de la cuajada son el control del pH/acidez, temperatura, sal, tiempo y presión. El Capítulo IV, del presente trabajo, versará lo concerniente a esta fase del proceso de elaboración de quesos.

Finalmente, la Fase III, que es el afinado o maduración de los quesos. Esta fase comprende todas las actividades que se realizan a nivel de cava como el control de la humedad relativa, temperatura y velocidad del aire con la finalidad de crear las condiciones necesarias para el

ajuste de la humedad final en el queso, estimular los cambios bioquímicos en el queso como la acidificación, metabolismo de los citratos y lactatos, proteólisis de las proteínas y lipólisis de las grasas con el fin último de lograr las características, físico-químicas, microbiológicas, sensoriales y nutricionales que van a caracterizar a cada uno de los quesos. El análisis en detalle referente a la maduración de los quesos será realizado en el Capítulo V.

En el Capítulo VI se trata de como las BAL, pueden ser empleadas en forma de cultivos lácticos de tal manera que los queseros puedan manipularlas sin dificultad (a nivel de planta) en los procesos de maduración de los quesos. El capítulo de cierre (Capítulo VII), se concretarán de una manera abstracta e integral los conocimientos presentados en los capítulos anteriores explicando, como es el esquema tecnológico general a lo largo de cada una de las fases estudiadas con todos los parámetros de control operacional que influyen en cada una de las etapas del esquema de elaboración en quesos representativos (Camembert, Gouda y Gruyere) de acuerdo a su consistencia o textura.

CONCLUSIONES

Este capítulo se trata de introducir al lector, de una manera general, en que consiste la tecnología de elaboración de quesos, enmarcados en la definición general de quesos, principios de su tecnología, cual es la importancia de los quesos desde el punto de vista de su composición química. Además, se discutieron las fases fundamentales del proceso de elaboración de quesos y como se encuentra estructurado la presente monografía en función a la diferentes fases estudiadas.

A través del análisis de los anteriores argumentos, se puede señalar que, el queso está delimitado por los siguientes criterios: producto lácteo, obtenido por la coagulación de la leche entera o descremada, por acción de un agente coagulante ácido o enzimático de origen animal, vegetal o microbiano, con escurrimiento parcial del suero y cuyo producto final puede ser sometido o no al proceso de maduración.

Una de las contribuciones importantes en este capítulo, fue conocer el incremento de los sólidos en un queso semiduro, con respecto a los componentes presentes en la leche, debido a la sinéresis o expulsión del suero de la cuajada, de allí el principio de la tecnología de elaboración de quesos. El hecho que, la transformación de la leche en queso ocasione una reducción de la humedad (42,59 %), indirectamente condujo a un incremento en la proporción de los principales componentes químicos de la leche como las grasas (6,09 veces su proporción inicial), proteínas (6,27 veces), sales minerales (6,51 veces) y calcio (8,3 veces), lo que permite en este tipo de alimento, un aporte significativo de gran parte de los nutrientes necesarios para la alimentación humana.

Cabe destacar que, la gran variedad de quesos pueden ser categorizados con base al grado de maduración, humedad y contenido de grasa. Por lo tanto, la combinación adecuada de los factores que afectan la producción de queso en cada una de las fases fundamentales de elaboración, permite obtener la gran variedad de quesos que existen actualmente en el mercado.

Es posible resaltar, la gran importancia de la etapa de maduración de los quesos, ya que, proporcionan el estándar de identidad final característico en cada una de ellos. No obstante, es notable la contribución de cada etapa del proceso de elaboración de quesos y su relación con los parámetros operacionales como pH, acidez, temperatura para obtener un mejor control

del proceso y contribuir de manera efectiva, a proporcionar las características deseables en producto final.

Como conclusión general, se puede afirmar que el proceso de elaboración de quesos consiste en tres fases fundamentales: acondicionamiento de la leche y preparación para su coagulación (llamada Fase I), luego se realiza todos los eventos que tienen que ver con la sinéresis o expulsión del suero de la cuajada formada (Fase II) y finalmente la etapa de maduración a nivel de cava (Fase III), en donde se logran alcanzar las características físico-química, microbiológicas y organolépticas que van a definir a cada uno de los quesos que existen a nivel mundial en función a las condiciones de maduración y tipos de fermentos empleados.

CUESTIONARIO

Preguntas iniciales.

1. Que significa la palabra *caseus*. _____
2. Liste los 4 principales elementos nutritivos que pueden aportar los quesos.

a.	b.
c.	d.

3. Cuáles son los cuatro principales países en el mundo productores de queso.

a.	b.
c.	d.

4. Qué porcentaje de la producción de leche se emplea para la producción de quesos. _____
5. Indique el crecimiento interanual promedio de la producción de quesos en el mundo. _____

Preguntas relevantes

6. Proporcione la composición química de la leche.
 - a.- Sólidos totales: ____; b. Proteínas: _____; c. Grasas: _____
 - d.- Lactosa: __; e. Sales minerales: _____.
7. Nombre un queso de textura blanda y uno de textura semidura.
 - a. _____.
 - b. _____.
8. Qué porcentaje de la humedad presentan los quesos duros. _____
9. Si un queso tiene menos del 10% de grasa en base seca, ¿Qué tipo de queso representa? _____

Estudio de casos

10. Si los sólidos totales de la leche son 11,85 % y en el queso aumenta 4,16 veces su proporción, cual es el contenido de sólidos totales en queso. **Respuesta: ST=49,4%.**
11. Si la leche tiene un porcentaje de grasa y proteínas de 3,51 % y 3,17%, respectivamente, y en el queso tiene 21,4% de grasa y 19,9% de proteínas, indique cuantas veces se incrementó la proporción de grasa y proteínas en el queso. **Respuesta: Grasa: 6,09; Proteínas: 6,27.**
12. Calcule la Humedad sin materia grasa y porcentaje de grasa en base seca de un queso que presenta 50 % de humedad y 20 % de grasa. Como se clasificarían estos quesos desde el punto de vista de la humedad y en base al contenido de grasas. **Respuesta: HSMG=62,5%; %Gbs)=40%. Quesos semiduro y semigraso.**

Preguntas finales

13. Quesos de pasta blanda Camembert emplea un hongo para la maduración por superficie. Verdadero Falso
14. El cloruro de sodio (NaCl) se emplea para restituir el tamaño de la micela de caseína. Verdadero Falso
15. La fase II en el proceso de elaboración del queso es la de acondicionamiento de la leche y coagulación. Verdadero Falso
16. Un queso es considerado bajo en sodio cuando su porcentaje de cloruro de sodio (NaCl) es del 0,7%. Verdadero Falso
17. Es posible madurar un queso de contextura blanda? Verdadero Falso
18. Los quesos madurados se pueden consumir poco después de su fabricación. Verdadero Falso.
19. Los cultivos lácticos se emplean para incrementar la acidez en la leche previa a su coagulación. Verdadero Falso
20. El queso Crema es un queso fresco alto en grasa. Verdadero Falso

5. Palabras de reflexión

Sabía usted que el consumo de tres porciones de cualquier tipos de productos lácteos, en cualquiera de las combinaciones (Queso, leche, yogurt; leche, mantequilla o helados), puede proporcionar, desde el punto de vista nutricional, más del 20% de la ingesta diaria (*daily value*) en proteínas, grasas, Vitaminas A, D, B₂, Calcio, fosforo y magnesio requeridas para el crecimiento y desarrollo de la población! Es la base del programa 3 al día propuesta por la FAO/OMS (2008).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alais, Ch. 1994. Ciencia de la Leche. Continental. 9^{na} ed. México. pp. 40-187.
- Arispe, I.; D. Whesthoff. 1984. Manufacture and quality of Venezuelan white cheese. J. Food Sci, 49(4): 1005-1010.
- Baró, L.; F. Lara; E. Corral. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Lácteos y derivados lácteos. In: Gil Hernández, A. (ed). Tratado de nutrición (Tomo II). 2^a ed. Madrid: Médica Panamericana. pp. 1-26.
- Brito, C.; F. Marianella; L. Molina; I. Molina; M. Horzella; R. Schobitz. 2006. Queso Cottage elaborado con cultivos lácticos Redi-set y DVS, usando crema homogeneizada y sin homogeneizar. Rev. Chil. Nutr. 33(1): 1-13.
- CAVILAC, 2018. Cámara Venezolana de Industria Láctea. Venezuela presenta un déficit de millones de litros de leche al día. (Disponible en: <https://www.eltubazodigital.com/vuelta-al-campo/venezuela-presenta-un-deficit-de-millones-de-litros-de-leche-al-dia/2018/03/27/>).
- Chandan, R. 2011. Dairy ingredients for food processing: An overview. In: Chandan, R.; A. Kilara (Eds). Dairy Ingredients for Food Processing. Wiley-Blackwell, Iowa. pp. 3-33.
- Chandan, R.; R. Kapoor. 2011. Principles of Cheese Technology. In: Chandan, R., A. Kilara (Eds). Dairy Ingredients for Food Processing. Blackwell publishing Ltd. pp. 225-265.
- 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). Parmesan and Reggiano Cheese. Title 21, Chapter I, subchapter B, part 133. Subpart B. Contents 133.165. Disponible en: <https://www.ecfr.gov>. [Consultado: 9 Enero 2020].
- Cogan, T. 2000. Cheese microbiology. En P.F. Fox, T. Guinee, T. M Cogan y P.L.H. McSweeney (Eds), Fundamentals of cheese science. Gaithersburg: Aspen Publishers.
- COVENIN-1813. 2000. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma Venezolana N° 1813-2000. Quesos 2da Revisión. 6 p.
- Cruz, A.; J. Faria; M. Pollonio; H. Bolini; R. Celeghini; D. Granato; N. Shah. 2011. Cheeses with reduced sodium content: effect on functionality, public health benefits and sensory properties. Trend. Food Sci. Technol. 22: 276-291.
- Delbes, C.; J. Alomar; N. Chougui; J. Marting; M.C. Ontel. 2006. *Staphylococcus aureus* growth and enterotoxin production during the manufacture of uncooked, semi-hard cheese from cow milk. J. Food Prot. 69: 2161-2167.
- Dimov S.; Ivanova P.; Harizanova N. 2005. Genetics of bacteriocins biosynthesis by lactic acid bacteria. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 19(Supl 2): 4-10.

-
- Drake, S.; K. Lopetcharat; M. Drake. 2011. Salty taste in dairy foods: can we reduce the salt. *Journal of Dairy Science* 94(2): 636-645.
- FAO/OMS. 2008. Leche y productos lácteos. 2da edición. Norma general para el queso. Codex Stan 283-1978. Revisión 1999. Enmienda 2006.
- EuroStat, 2018. Production of cheese. Tables, maps and graphs. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do>. [Consultado en 23 Noviembre 2018].
- Everett, D.; M. Auty. 2008. Cheese structure and current methods of analysis. *International Dairy Journal*. 18: 759-773.
- Fenelon, M.; T.P. Guinee. 1999. The effect of milk fat on Cheddar cheese yield and its prediction, using modifications of the Van Slyke cheese yield formula. *Journal of Dairy Science*, 82: 2287-2299.
- Fox, P.F.; T.K. Singh; P.L. McSweeney. 1995. Biogenesis of flavour compounds in cheese. In: Malin E. L; M.H. Tunick (Eds). *Chemistry of Structure / Function relationship in Cheese*. New York. pp 59-98.
- Fox, P.; J. Wallace. 1997. Formation of flavor compounds in cheese. *Advances in Food Microbiology*, 45: 17-85.
- Guinee, T.; P. Fox. 2004. Salt in Cheese: physical, chemical and biological aspects. In: Fox, P.; P. McSweeney; T. Cogan; P. Guinee (Eds.). *Chemistry, physics and microbiology. General aspects*. 3ra Ed. Vol. 1. Elsevier Academic Press, San Diego, C.A. pp. 207-259.
- Huffman, L.; L. De Barros-Ferreira. 2011. Whey-based ingredients. In: Chandan, R.; A. Kilara (Eds.). *Dairy Ingredients for Food Processing*. Wiley-lacwell, USA. pp.179-197.
- Hutton, T. 2002. Sodium technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *Br. Food J.* 104: 126-152.
- Hystead, E.; T. Diez-Gonzalez; T. Schoenfuss. 2013. The effect of sodium reduction with a without potassium chloride on the survival of *Listeria monocytogenes* in Cheddar cheese. *Dairy Sci.* 46 (10): 6172-6185.
- Inda, A. 2000. Productividad en la pequeña y mediana empresa. Cap. I. La leche y el queso. Organización de los Estados Americanos (OEA). Saltillo, México. pp.1-20.
- IOM. 2010. Institute of Medicine. Strategies to reduce sodium intake In the United State. Institute of medicine and the National Academies Press, WA,DC,USA.
- Johnson, M.E; R. Kapoor.; D. McMahon; D. McCoy; R. Narasimmon. 2009. Compr. Rev. Food Sci. Food Safety. 8: 252-268.
- Johnson, M. 2014. Mesophilic and thermophilic cultures used in traditional cheesemaking. In: Donnelly, C. (Ed). *Cheese and Microbes*. ASM PRESS. Washington, D.C. United States. 346 p.
-

- Judkins, H. 1984. La leche. Su producción y procesos industriales. Continental, Mexico.
- Kennelly, J. 1999. Milk composition in the cow. In: Proceeding of the 1999. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures. Rochester, N.Y.
- Kindstedt, P. 2014. The basics of cheesemaking. In: Donnelly, C. Cheese and Microbes. ASM PRESS, Washington, DC, USA. pp. 17-38.
- Kuo, M.; M. Anderson; S. Gunasekaran. 2003. Determining effects of freezing on pasta filata and non-pasta filata Mozzarella cheeses by nuclear magnetic resonance imaging. *Journal of Dairy Science*, 86: 2525-2536.
- Judkins, H. 1984. La leche. Su producción y procesos industriales. Continental, México.
- Lucey J.; P. Fox. 1993. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review, *J. Dairy Sci.* 76: 1714-1724.
- Lucey, J.; J. Kelly. 1994. Cheese yield. *Journal of Society of Dairy Technology*. 47(1): 1-14.
- Maldonado, R.; B. Melendez; I. Arispe. 2014. Tecnología, Calidad y dinámica de crecimiento y control de patógenos *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* sp. Mediante el uso de cultivos iniciadores en los quesos de pasta hilada tipo telita. Trabajo de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 164 p.
- McSweeney, P.; M. Sousa. 2000. Biochemical pathways for the production of flavor compound in cheese during ripening: a review. *Le Lait*. 80: 293-324.
- Miller, G.; J. Jarvis; L. McBean. 1999. "Handbook of dairy foods and nutrition. 2da ed. CRC Press LLC.
- Mistry, V. 2001. Low fat cheese technology. *Int. Dairy J.* 11: 413-422.
- OECD/FAO, 2018. "OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2018)", OECD Agriculture Statistics (database). Disponible en: <https://doi.org/10.1787/d4bae583-en>. [Consultado en 23 Noviembre 2018].
- Olson, N. 2003. "Types of cheese" *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2da ed. Vol2. Caballero, B; L. Trugo; P. Finglas (Eds.). Academic Press, New York. pp.1046-1052.
- Parra, R. 2009. Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 62(1): 4967-4982.
- Pritchard, S.; K. Kailasapathy. 2011. Chemical, physical, and functional characteristics of dairy ingredients. In: Chandan, R.; A. Kilara. (Eds). *Dairy Ingredients for Food Processing*. Editorial Wiley-Blackwell. Iowa, USA. pp. 35-57.
- Ramírez-Navas, J.; J. Aguirre-Londoño; V. Aristizabal-Ferreira; S. Castro-Narváez. 2017. La sal en queso: diversas interacciones. *Agron. Mesoam*. 28 (1): 303-316.

-
- Rowney, M.; P. Roupas; M. Hickey; D. Everett. 2004. Salt-induced structural changes in 1-day old Mozzarella cheese and the impact upon free oil formation. *Int. Dairy J.* 14: 809-816.
- Scott, R.; R. Robinson; R. Wilbey. 1998. Cheese Varieties. In: Scott, R.; R. Robinson; R. Wilbey. (Eds.). *Cheesemaking Practice*, 3ra Edición. Kluwer Academic plenum publisher, Nueva York, USA. 449 p.
- Smit G.; B. Smit; W. Engels. 2005. Flavor formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews* 29 (2005) 591-610.
- Spreer, E.; A. Mixa. 1998. *Milk and Dairy Product Technology*. Marcel Decker Inc. USA. 260 p.
- Stark J. 2000. Permitted preservatives- natamycin. In: RK Robinson, CA Batt and PD Patel, editors. *Encyclopedia of Food Microbiology*. vol. 3. San Diego: Academic Press. p. 1776-1781.
- Sutherland, B. 2002. Cheese: Salting of cheese. In: R. Hubert, (Ed.). *Encyclopedia of dairy sciences*. Elsevier, Oord, G.B.R. pp. 293-300.
- Taverna, M. A.; L. Calvino; V. Canavesio; L. Negri; R. Páez; V. Charlón; A. Cuatrín. 2001. Caracterización de la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida en la cuenca lechera central de la Argentina. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 21 (Supl. 1): 270-271.
- Tornadijo, M.; A. Marra; M. 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.
- Walstra, P.; T. Van Vliet. 1986. The physical chemistry of curd making. *Neth. Milk Dairy J.* 40: 241-259.
- Walstra, P.; R. Jenness. 1987. *Química y física lactológica*. Acribia. Zaragoza, España. pp. 98-423.
- Walstra, P.; T. Geurts; A. Noomen; A. Jellema; M. van Boekel. 1999. *Dairy Technology. Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker Inc. New York, USA, pp. 107-147.
- Walstra, P.; J. Wouters; T. Geurts. 2006. *Dairy Science and Technology*. CRC Press. New York, US. pp. 140-155.
- Zisu, B.; N. Shah. 2005. Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. *International Dairy Journal*, 15: 957-9.
-