

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Ingeniería en Alimentos

Estudio de la maduración en Queso Chanco de reducido tenor graso, elaborado con la incorporación de imitadores grasos

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos.

Profesor Patrocinante: Sra. Carmen Brito Contreras - Ingeniero en Alimentos, M. Sc.
Food Science - Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Ana María Lizama Rojas

Valdivia Chile 2004

Contenido

Profesores Informantes . .

Dedicatoria .

Agradecimientos .

RESUMEN .

1. INTRODUCCION .

2. REVISION BIBLIOGRAFICA . . 1

2.1. Concepto general de la grasa alimentaria . . 1

2.2.La necesidad de reducir la cantidad de grasa en la dieta . . 4

2.3.Productos lácteos con contenido graso reducido . 6

2.4.Contenido energético de los alimentos . 12

2.5.La importancia de la actividad del agua (a_w) en los alimentos . 13

2.6.Características del Queso Chanco . 15

2.7. Maduración del queso . . 16

3. MATERIAL Y METODO . .

4. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS . .

5. CONCLUSIONES . .

BIBLIOGRAFIA .

ANEXOS .

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Concepto general de la grasa alimentaria

El concepto de grasa alimentaria incluye todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos. Las grasas (sólidas) o aceites (líquidos) más comunes son una mezcla de triglicéridos con cantidades menores de otros componentes tales como, mono y diglicéridos (importantes como emulsificadores); ácidos grasos libres; tocoferoles (importantes como antioxidantes); esteroides; fosfátidos, y las vitaminas liposolubles (GIESE, 1996a; FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION, FAO, 1997). Los triglicéridos representan normalmente más del 95% en peso de la mayoría de las grasas y aceites comestibles (ZILLER, 1996).

Los triglicéridos, insolubles en agua, son ésteres formados a partir de tres ácidos grasos y glicerol, existiendo los "simples", constituidos por ácidos grasos idénticos y los "compuestos", que son los más comunes, en los cuales dos o tres residuos diferentes de ácidos grasos están presentes en la molécula. (GIESE, 1996a; ZILLER, 1996).

Existen muchas variedades de ácidos grasos, su estructura y longitud determinan las propiedades de las grasas, entre ellas su estado físico (sólido o líquido) a temperatura ambiente. Los de cadena corta dan lugar a grasas blandas y de menor punto de fusión que las originadas por los ácidos grasos de cadena larga. Los ácidos grasos pueden

tener puntos de insaturación en sus moléculas debido a la falta de átomos de hidrógeno, lo que da lugar a dobles enlaces. En la molécula del triglicérido, todos los ácidos grasos son de la misma longitud: cada uno tiene 18 átomos de carbono, pero el grado de insaturación de cada uno de ellos es diferente. Cuanto mayor es el grado de insaturación de los ácidos grasos que forman parte de la molécula de grasa, tanto más blanda es ésta a una temperatura dada y menor es su punto de fusión. Los ácidos grasos insaturados son altamente reactivos con el oxígeno en sus puntos de insaturación, por tanto las grasas constituidas por ácidos grasos saturados son más resistentes a la oxidación y más estables frente al desarrollo del sabor y olor a oxidado (POTTER y HOTCHKISS, 1999).

Los ácidos grasos son los componentes alimentarios que liberan la mayor cantidad de energía durante la combustión de los lípidos. El glicerol, con el que están esterificados la mayoría de los ácidos grasos, constituye el 10% en peso de los triglicéridos y aporta sólo el 5% de su energía (FAO, 1997).

2.1.1. Influencia de la grasa sobre aspectos sensoriales, funcionales y nutricionales de los alimentos. La grasa contribuye a la formación del gusto, sensación en la boca, apariencia, textura, cremosidad, palatabilidad, suavidad, frescura, humedad, ternura y lubricidad de muchos alimentos, además provocan el carácter crujiente, la sensación de saciedad durante las comidas, aumentan la densidad energética de la dieta, así como la solubilización y el transporte de muchos componentes del sabor, que actúan como precursores para el desarrollo y estabilización del gusto en los alimentos, estimulando el apetito (ARAYA, 1996; LELAND, 1997; LAWSON, 1999).

Las grasas intervienen en el lustre, brillo, y apariencia de la superficie de los productos tales como, bocadillos, galletas, confituras y alimentos fritos. Los atributos de procesos y la estabilidad de almacenamiento de los alimentos también son influenciados por el contenido graso (GIESE, 1996a).

En la dieta humana la grasa provee entre 9 a 9,3 Kcal/g (38 KJ/g), en comparación con las 4 Kcal/g de las proteínas y carbohidratos, por esta razón la disminución del contenido calórico de los alimentos se consigue a menudo sustituyendo la grasa por estos componentes (GIESE, 1996a; VOLLMER *et al.*, 1999; CASANUEVA y BOURGES-RODRIGUEZ, 2001).

Desde el punto de vista fisiológico, la grasa es una fuente de sustancias activas esenciales e imprescindibles para la vida, las cuales no puede sintetizar el organismo, ejemplos de ello son los ácidos grasos linoléico y linolénico, los cuales son precursores de las prostaglandinas, componentes semejantes a las hormonas que regulan variadas funciones fisiológicas y a su vez funcionan como transportadores de las vitaminas liposolubles A, D, E y K; sin la presencia de estos componentes estas vitaminas no podrían absorberse en el tracto digestivo (AKOH, 1998; POTTER y HOTCHKISS, 1999; VOLLMER *et al.*, 1999).

La vitamina E, se encuentra en grandes cantidades en los aceites de origen vegetal, actuando como protectora de los aceites con un elevado contenido en ácidos grasos insaturados, muy reactivos frente a la autooxidación. Buenas fuentes de vitaminas A y D son la mantequilla y la margarina (POTTER y HOTCHKISS, 1999; VOLLMER *et al.*, 1999).

2.1.2. La función de la grasa en el queso. El contenido de grasa juega un papel importante en las sensaciones de gusto, aroma y consistencia del queso. La reducción del contenido graso influye en gran medida sobre varias propiedades físicas del producto tales como firmeza, elasticidad, granulosis, adhesividad y palatabilidad (FENELON *et al.*, 1999; OLSON y JOHNSON, 1990; JAMESON, 1990).

La matriz del queso con niveles de grasa normales inicialmente es elástica y firme, pero a medida que avanza la proteólisis durante la maduración pierde su elasticidad y se torna blanda (JAMESON, 1990).

En cambio, en quesos de grasa reducida, la proteína ocupa una gran porción del volumen, aumentando la posibilidad de entrecruzamiento entre ellas y disminuyendo la cantidad de glóbulos grasos atrapados en la matriz proteica por unidad de volumen, lo que da como resultado un producto demasiado firme y elástico. Dicha situación, se ha explicado además, por la insuficiente degradación de la matriz caseínica, particularmente en relación a la hidrólisis de la caseína α_{S1} (CREAMER y OLSON, 1982; JAMESON, 1990; LUCEY y GORRY, 1993).

Una característica sensorial importante que infunde la materia grasa en los alimentos, es la capacidad de enmascarar sabores que pueden resultar desagradables al paladar del consumidor, los cuales son propios de las degradaciones proteolíticas ocurridas durante el proceso de maduración de los quesos, que se originan en la formación de muchos péptidos amargos, compuestos por aminoácidos cargados negativamente por un extremo y aminoácidos hidrofóbicos por el otro (ARDÖ, 1997).

Según LUCEY y GORRY (1993), la grasa puede actuar como un solvente o reservorio para muchos componentes solubles en ella, además la membrana del glóbulo graso está asociada con importantes enzimas, tales como lipasa y fosfatasa alcalina, todo lo cual afecta el sabor del queso. Por otro lado WIJESUNDERA y DRURY (1999), señalan que la grasa láctea juega un rol físico en la producción de sabor y que ésta proveería una interfase suero-lípido para que ocurran las reacciones de formación del sabor. Según ARDÖ (1997), el queso con grasa normal contiene una mayor superficie de interfase de lípido-agua que el queso de grasa reducida.

Los productos iniciales de degradación de la grasa son los ácidos grasos, los que pueden ser metabolizados posteriormente. Por ejemplo, los sabores característicos de los quesos madurados con hongos se producen mayoritariamente debido a las metilcetonas formadas a partir de la degradación de los ácidos grasos, mientras que los sabores típicos de los quesos duros italianos, tales como Parmesano, Romano y Provolone, se deben a los perfiles característicos de los ácidos grasos generados por las lipasas agregadas (OHREN y TUCKEY, 1969).

Sin embargo en la mayoría de las variedades de quesos, la lipólisis generalmente no es considerada como crítica para la formación de sabor, aunque algunos informes realizados por ARBIGE *et al.* (1986), sugieren que la actividad lipásica es necesaria para la producción del sabor típico del queso Cheddar. La participación de los productos de degradación de la grasa en el sabor del Cheddar elaborado con leche descremada ha sido más dificultoso de establecer, ya que en éste tipo de queso no se presenta el sabor característico de esta variedad (OHREN y TUCKEY, 1969; LUCEY y GORRY, 1993).

2.2. La necesidad de reducir la cantidad de grasa en la dieta

Mediante la nutrición y la correcta elección de sus alimentos el hombre puede influir de manera determinante sobre su salud, su capacidad de rendimiento y su esperanza de vida (VOLLMER *et al.*, 1999).

En los países en vías de desarrollo, el suministro de alimentos es, normalmente, alto en grasa, abundante en productos de origen animal y en alimentos refinados y bajos en fibra, lo que contribuye a aumentar rápidamente la prevalencia de obesidad y de diabetes (TUCKER y BURANAPIN, 2001). Se ha demostrado que las dietas altas en grasa promueven la obesidad por el incremento de la ingesta de energía, aumentando así la probabilidad de balance de energía positiva y ganancia de peso. Hay evidencia que el consumo de dietas con altos niveles de grasa además de aumentar la ingesta de energía total, aumenta el exceso de grasa corporal la que es almacenada con mayor eficiencia que excesos similares de proteínas o carbohidratos (HILL *et al.*, 2000).

La alta ingesta de grasa además de estar asociada con el aumento del riesgo de obesidad, está vinculada a algunos tipos de cáncer, arteriosclerosis, tumores de la mama y del colon, por otro lado, la grasa saturada está asociada con el colesterol alto en la sangre y con enfermedades coronarias (Aha; Usdhhs, citados por AKOH, 1998; CASANUEVA y BOURGES-RODRIGUEZ, 2001).

El sobrepeso se define como un aumento mayor de lo normal del peso corporal en relación con la estatura, en cambio la obesidad, se define como un incremento anormalmente elevado de la grasa corporal (tejido adiposo) en relación con el peso, por ingerir un exceso de energía, a un nivel que representa un riesgo para la salud, incrementando la morbilidad y la mortalidad (FAO, 1997; KAUFER-HORWITZ *et al.*, 2001). Los obesos no sólo tienen mayor riesgo de morir, sino también de enfermarse, tal como el riesgo de padecer diabetes que aumenta en forma directamente proporcional con el grado de obesidad del individuo (KAUFER-HORWITZ *et al.*, 2001).

La obesidad es la alteración nutricia más común en el mundo desarrollado y está alcanzando proporciones significativas en los países en vía de desarrollo, constituyendo el principal problema de malnutrición del adulto y una patología emergente en la población infantil, lo que reduce las expectativas de vida e incrementa la mortalidad por enfermedades crónicas no transmisibles, tales como enfermedades circulatorias, patología coronaria y vascular encefálica, neoplasia, colestiasis, entre otras (ARTEAGA, 1996a; KAUFER-HORWITZ *et al.*, 2001).

Entre los años 1978-1992, en la Región Metropolitana de Chile, se observó en la población adulta una prevalencia de la obesidad entre el 16 y 20% en el hombre, 26 y 40% en la mujer, con aproximadamente un 1% de obesidades severas, 5 al 10% en la población infantil y un 25% en las embarazadas. Otras publicaciones recientes realizadas por UAUY *et al.* (2001), mencionan que en Chile ha prevalecido la obesidad, aumentando

a 32% en las mujeres y 15% en los hombres en las áreas rurales, y 28% de hombres y 45% de las mujeres en las áreas urbanas. Al final del milenio, existen aproximadamente 250 millones de adultos obesos y la prevalencia sigue en aumento (ARTEAGA, 1996a; KAUFER-HORWITZ *et al.*, 2001).

La carcinogénesis de mama, próstata, colon, páncreas y recto, está asociada a una alta ingesta de grasa o consumo calórico excesivo que determinan una mayor secreción de sales biliares, las que pueden ser transformadas en el intestino en ácidos biliares secundarios con capacidad cancerígena (ATALAH, 1996). Por otro lado BIRT *et al.* (1999), han sugerido, que la influencia de las dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados sobre la carcinogénesis en la glándula mamaria y colon puede ser causado por el contenido de ácido linoleico en tales dietas. La tasa de mortalidad por cáncer de colon, recto, mama, útero, ovario y próstata aumenta de 30 a 50% en personas obesas en relación a aquellas con índice de peso normal (ATALAH, 1996).

Los niveles elevados de colesterol sérico y de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la sangre no es un factor de riesgo en sí mismo, sino a través del daño que ocasiona en las arterias al obstruirlas y constituyen factores de alto riesgo de arterosclerosis y de enfermedades coronarias del corazón, por ello se aconseja una restricción razonable del consumo del colesterol, a niveles menores de 300 mg/día (FAO, 1997; KAUFER-HORWITZ *et al.*, 2001).

Al planificar una dieta considerando el contenido calórico de la grasa es importante recordar que las grasas no aparecen en los alimentos sólo de forma visible, como manteca, margarina, mantequilla o aceites de mesa, sino también como grasas no visibles en pescados, preparados cárnicos, pasteles, huevos, frutos secos, snacks y aperitivos, de esta forma es preferible consumir alimentos pobres en grasa y, si es posible, sustituir las grasas animales por grasas vegetales con elevado contenido en ácido linoleico (VOLLMER *et al.*, 1999).

Reducciones de la grasa en forma consistente en la dieta provocan disminución proporcional en la ingesta de energía y reducciones potencialmente importantes en el peso corporal. El efecto potencial mayor de una dieta baja en grasa puede no ser la reducción de peso, pero sí prevenir la ganancia de éste (HILL *et al.*, 2000).

La ingesta conveniente de ácido linoleico debería ubicarse entre el 4 y el 10% de la energía diaria, y se recomienda valores próximos al límite superior, cuando los consumos de ácidos grasos saturados y de colesterol sean relativamente elevados (FAO, 1997).

Así mismo, se recomienda no más de un 30% de ingestión total de grasa en relación a la ingestión total de energía diaria, con no más de un 10% de grasas saturadas y ácidos grasos trans, y un mínimo de dos tercios de ingestión de energía diaria de grasa poliinsaturada y monoinsaturada, por su capacidad de reducir el colesterol total, HDL, lipoproteínas de alta densidad y LDL, lipoproteínas de baja densidad (AKOH, 1998; ARTEAGA, 1996b; LAWSON, 1999).

Hoy en día hay estudios que demuestran que el reducir la ingesta de grasa, puede resultar en una reducción de un 10% del riesgo de contraer enfermedades al corazón, y si la gente con sobrepeso pierde peso modificando su dieta, ellos pueden disminuir su riesgo de adquirir afecciones cardiovasculares en un 20% (Latta, citado por GIESE,

1996a).

2.3.Productos lácteos con contenido graso reducido

En la actualidad se tiende a reducir en la dieta no sólo las calorías sino también la grasa saturada y el colesterol. Por ello han aparecido recientemente una serie de productos similares a los lácteos pero con un contenido reducido o bajo en grasa, que no afecta negativamente sus características sensoriales. Dado que la grasa es un importante transportador de muchas sustancias hidrofóbicas que producen sabor, el cambio de la grasa por un ingrediente análogo frecuentemente afecta la regulación del tiempo necesario para liberar estos componentes, y de esta forma, la percepción del sabor se modifica (BAKKER, 1997; POTTER y HOTCHKISS, 1999).

Los reemplazantes grasos frecuentemente aportan calorías por sí mismos, ya que la densidad energética de la grasa es dos veces mayor que la de proteínas o carbohidratos; por ello la sustitución basada en una equivalencia de peso da lugar a una reducción total de las calorías. Un producto muy popular de este tipo es el helado de bajo contenido graso, que tiene las mismas características de palatabilidad que un helado normal pero con menos calorías (POTTER y HOTCHKISS, 1999).

2.3.1. Queso reducido y bajo en grasa. Los productos queseros con reducido contenido en grasas están bastante bien situados en el mercado, aunque su calidad en relación con los productos paralelos de contenido graso normal es cuestionable. Estos productos varían entre una reducción del 33% e incluso a un nivel cero de grasa láctea (LAWSON, 1999).

Según JAMESON (1990), los quesos con índices disminuidos de grasa se pueden clasificar en “Quesos de baja grasa”, que son los que poseen un contenido de grasa láctea en materia seca inferior al 15%, y “Queso (...nombre de la variedad...) de grasa reducida”, cuya grasa en materia seca no supere el rango de 75 a 85% respecto de la variedad de grasa normal correspondiente.

Por su parte ARDÖ (1997), señala que un queso podría ser clasificado como bajo en grasa solamente si el contenido de ésta es considerablemente reducido, esto es, que su contenido de grasa sea dos tercios o menos del valor correspondiente a la grasa normal del queso.

Wagner y Nelson, citado por PUNIDADAS *et al.* (2000), definen al queso de baja grasa como aquel que contiene un 25% menos de grasa con respecto al queso con todo su contenido graso, mientras que el queso de grasa reducida es aquel que contiene un 50% menos de grasa.

Según Varnam y Sutherlands citados por MUÑOZ (1999), en Gran Bretaña, los quesos reducidos en grasa son aquellos que poseen un 75% de materia grasa del queso tradicional, en cambio el queso bajo en grasa es el que tiene un 50% del peso equivalente de materia grasa con respecto al queso convencional.

Por otra parte, el párrafo II, artículo 120, del Reglamento Sanitario de los Alimentos (D.S.N°977) señala, que un producto se puede catalogar con el descriptor “reducido”, cuando el producto modificado nutricionalmente contiene 25% menos de un nutriente particular o 25% menos de las kcal del alimento normal de referencia, y se señala como “liviano”, al producto modificado que contiene un tercio menos de las calorías o 50% menos de las grasas que el alimento de referencia (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 2004).

De acuerdo con LUCEY y GORRY (1993), en los últimos años se ha detectado un interés creciente de los consumidores por los quesos de reducida o baja grasa, debido principalmente a la preocupación de disminuir la ingesta de grasa en beneficio de la salud. Sin embargo, muchos de los quesos de grasa reducida que están en el mercado, son inferiores sensorialmente, a sus contrapartes con toda la grasa.

La reducción de la calidad sensorial en los quesos con baja y reducida grasa se atribuye principalmente a defectos texturales, que incluyen el aumento de la firmeza, elasticidad, gomosidad, dureza, sequedad, opacidad y al aspecto granular de la masa. En el caso del queso Cheddar de grasa reducida además se asocian defectos en el sabor, incluyendo disminución de aroma y gusto, sabores defectuosos tales como amargor, astringencia, y sabor a sucio (LUCEY y GORRY, 1993; MERRILL *et al.*, 1994; DRAKE *et al.*, 1996; FENELON y GUINEE, 1997; FENELON *et al.*, 1999; LOBATO-CALLEROS *et al.*, 1999)

El queso bajo en grasa contiene menores concentraciones de ácidos grasos libres de cadena corta que su contraparte, pero no de ácidos grasos libres de cadena larga. También se ha señalado que su nivel de metilcetonas es considerablemente reducido, por ello deja de desarrollar el sabor característico del queso de grasa normal (ARDÖ, 1997).

Según los experimentos realizados por VERSTEEG *et al.* (1998), distintos niveles de grasa tuvieron efecto sobre el contenido de humedad y sobre las propiedades de consistencia y composición en quesos de grasa reducida, aumentando la humedad al ir reduciendo los niveles de grasa. En tanto, características tales como dureza, masticabilidad y contenido de proteínas solubles aumentan a medida que el contenido graso se reduce.

Por otra parte, según ARDÖ (1997), en los quesos de grasa reducida es necesario realizar algunos ajustes en el procedimiento de elaboración para poder lograr un aceptable producto final. Algunos cambios incluyen variaciones en el pH, contenido de sal, contenido de humedad, entre otros, que influyen en la proteólisis primaria. Los problemas que pueden ocurrir debido a estos cambios son:

- insuficiente degradación de la caseína, lo que produce mayor firmeza y elasticidad;
- un perjudicial incremento de la actividad de las proteasas mesófilas iniciadoras provenientes de los cultivos, atacando principalmente a péptidos de tamaño mediano a grande, lo que puede conducir a aumentar las cantidades de péptidos amargos en el queso;
- insuficiente autólisis de las bacterias iniciadoras, lo que conduce a una escasez de

aminoácidos, los cuales contribuyen a la característica de sabor del queso; y

- un crecimiento estimulado e incontrolable de las bacterias no iniciadoras.

La grasa juega un rol crucial en la prevención del encogimiento de la red caseínica que puede llegar a formar una estructura resistente e incomedible. Para obtener un queso reducido en grasa con una estructura atractiva lo más común es que se utilicen agua y/o suero para reemplazar a la materia grasa, la que, a su vez, sirve de relleno de la red caseínica tridimensional. Otras alternativas incluyen el uso de diferentes agentes para retener el agua, como sal, celulosa microcristalina, gelatina o proteínas de suero, las que son agregadas para estabilizar la estructura, mejorar la textura y cuerpo del queso (ARDÖ, 1997; EI SODA, 1997; MISTRY, 2000).

2.3.2. Reemplazantes grasos, una opción para el mejoramiento de las características sensoriales de los alimentos de menor tenor graso. En los párrafos anteriores se ha establecido la conveniencia de reducir el aporte calórico de los alimentos grasos, cuidando de no alterar en exceso las características organolépticas propias del producto. Esto es particularmente sensible en el caso del sabor, el cual es uno de los atributos sensoriales más importantes ya que guarda directa relación con la acogida del producto por parte del consumidor (AKOH, 1998).

La grasa puede ser reemplazada en productos alimenticios por técnicas tradicionales tales como sustitución de la grasa por agua o aire, o bien reformulando el alimento con ingredientes a base de lípidos, proteínas, o carbohidratos, individualmente o en combinación. Los reemplazantes grasos poseen una diversidad de tipos químicos con diversas propiedades funcionales y sensoriales, y efectos fisiológicos (AKOH, 1998). Son sustancias que poseen uno o más de los efectos funcionales de la grasa en los alimentos, pero no son metabolizados como las grasas y así pueden ser usados en los alimentos bajos en grasa y en las dietas (HATHCOCK y ARDER, 1999).

Según LINDEN y LORIENT (1996), los reemplazantes grasos deben cumplir ciertos requisitos:

- Deben estar exentos de toxicidad y no producir efectos secundarios desagradables para el consumidor;
- Proporcionar menos calorías metabolizables que la grasa que reemplazan;
- Poseer propiedades físicas y químicas próximas a las de los elementos grasos que reemplazarán para otorgar a los alimentos de menor tenor graso cualidades reológicas parecidas a las del alimento con toda la grasa;
- Otorgar cualidades organolépticas iguales a las del elemento graso normal.

Si bien es cierto que se asemejan a las grasas, normalmente están compuestos por proteínas o carbohidratos y se clasifican en dos grupos, los sustitutos grasos e imitadores grasos (AKOH, 1998).

2.3.2.1. Sustitutos grasos. Son macromoléculas que física y químicamente se asemejan a los triglicéridos y pueden reemplazar teóricamente a la grasa en una proporción “uno a uno” o gramo a gramo. Muchos de ellos son estables a altas temperaturas, tales como las de fritura, sin aumentar el poder calórico de alimentos fritos,

son sintetizados químicamente o son derivados de grasas y aceites convencionales cuyo principio es la reducción de la digestibilidad de las moléculas gracias a cambios de la estructura por modificación enzimática, lo que los hace resistentes a la acción de la lipasa pancreática responsable de la digestión de los lípidos, de esta forma no contribuye al aumento de la grasa en la dieta y por lo tanto proporciona menos energía (LINDEN y LORIENT, 1996; AKOH, 1998; HATHCOCK y ARDER, 1999; JONES y KUBOW, 1999; POTTER y HOTCHKISS, 1999).

En el mercado existen diversos sustitutos grasos comerciales, tales como OlestraTM, SorbestrimTM, CapreninaTM, SalatrimTM, entre otros. OlestraTM es el nombre común para una mezcla de poliésteres de sacarosa, que es una clase de grasa sintética, estable al calor y puede reemplazar hasta el 100% de la grasa, no es absorbido por el organismo, por ello no proporciona calorías (GIESE, 1996b; KOSMARK, 1996; AKOH, 1998; HATHCOCK y ARDER, 1999; LAWSON, 1999).

Algunos sustitutos grasos están compuestos por ésteres de ácidos grasos de sacarosa (SFE), ésteres de ácidos graso-carbohidratados y ésteres de ácidos graso-poliol, dentro de los cuales se encuentra el SorbestrimTM, cuyo valor calórico es de 1,5 kcal/g, pero no se encuentra disponible comercialmente (AKOH, 1998).

Otros sustitutos grasos, como los emulsificantes, pueden reemplazar hasta el 50% de la grasa, y son aplicables en productos lácteos. Los lípidos estructurados, por su parte poseen un valor calórico de 8,3 kcal/g, dentro de estos sustitutos se encuentran la CapreninaTM, que provee solamente 5 kcal/g (AKOH, 1998). También se encuentra el SalatrimTM, el cual reduce un 45% de las calorías, y es utilizado en productos lácteos tales como quesos (KOSMARK, 1996).

2.3.2.2. Imitadores grasos. Son sustancias que reducen el valor energético al reemplazar la grasa por otra sustancia menos densa energéticamente (POTTER y HOTCHKISS, 1999). Imitan las propiedades físicas y organolépticas de los triglicéridos, su valor calórico va desde 0-4 kcal/g, aunque no pueden reemplazar a la grasa en una relación uno a uno. A diferencia de los sustitutos grasos, cuya materia prima son grasas modificadas, los imitadores son elaborados a partir de carbohidratos o proteínas; estos imitadores son constituyentes frecuentes de los alimentos y pueden ser modificados física o químicamente para poder imitar la función de la grasa, no son adecuados para ser utilizados a altas temperaturas de fritura y de cocción, ya que ligan agua en forma excesiva y denaturan o caramelizan el producto, pero muchos son adecuados para la cocción y pastelería, sin embargo el sabor que entregan es inferior al de las grasas que intentan reemplazar, ya que transportan los sabores solubles en agua pero no los componentes del sabor solubles en lípidos (AKOH, 1998).

Los imitadores grasos podrían mejorar las características sensoriales y funcionales de los quesos bajos en grasa por la ligazón del agua, mejorando la consistencia y un mayor rendimiento de estos (DRAKE *et al.*, 1996).

2.3.2.2.1. Imitadores grasos basados en carbohidratos. Se obtienen aumentando la viscosidad de la fase acuosa y utilizando las propiedades gelificantes de los glicanos (LINDEN y LORIENT, 1996).

Imitan a los aceites en productos tales como los aliños de ensaladas reduciendo así

su valor calórico hasta 4 kcal/g. Algunos son agentes espesantes y gelificantes, producen en la boca la sensación de haberse incluido grasa en el alimento; otros ligan grandes cantidades de agua, proveyendo también textura, palatabilidad y opacidad (GIESE, 1996a; POTTER y HOTCHKISS, 1999).

Muchos de los imitadores se utilizan para controlar la actividad de agua (a_w), entre ellos se encuentran las gomas y los almidones, que poseen un valor calórico de alrededor de 16 KJ/g. También se encuentran los imitadores grasos elaborados en base a celulosa microcristalina, maltodextrinas, y povidonas, que proveen 1 kcal/g, entre otros (LINDEN y LORIENT, 1996; AKOH, 1998).

2.3.2.2. Imitadores grasos basados en proteínas. Tienen en común el estar compuesto por partículas proteicas no agregadas de pequeño tamaño, redondas y duras. Estas partículas, dispersadas en una fase acuosa (agua o en leche fría) se espesan e imitan las propiedades organolépticas de las emulsiones de aceite en agua, otorgándole una textura cremosa. La cremosidad o suavidad que se percibe en la boca es igual a la de la grasa de productos tales como los helados (LINDEN y LORIENT, 1996; POTTER y HOTCHKISS, 1999).

Existe un umbral de percepción próximo a 3 μm por debajo del cual las partículas no son percibidas en la boca como partículas individuales sino más bien como un fluido continuo, como una emulsión de materia grasa (LINDEN y LORIENT, 1996). Partículas con tamaño superior a 3 μm son percibidas como polvoriento o arenoso, mientras que partículas más pequeñas a 0,1 μm son percibidas como acuoso o sin sabor (LUCEY y GORRY, 1993).

Los imitadores grasos presentan distinto origen, algunos son microparticulados que mantienen las propiedades funcionales de la grasa imitando su palatabilidad, viscosidad, textura y propiedades organolépticas, aunque sólo a bajas temperaturas. Otros son procesados para modificar otros aspectos de la funcionalidad de los ingredientes, tal como ligar agua y propiedades de emulsificación, son estables al calor y pueden ser sometidos a cocción y repostería, son generalmente usados en productos lácteos, postres congelados y margarinas (AKOH, 1998).

Entre los imitadores grasos más investigados se encuentran Dairy-LoTM, que es un concentrado de proteína de suero lácteo sometidas a ultrafiltración y desnaturalización térmica, y Simplese[□], que es un concentrado proteico microparticulado a base de proteínas del suero y/o huevo y pueden ser digeridos y metabolizados en la dieta como proteína, su valor calórico en base seca es de 4 kcal/g, provee cremosidad y tiende a enmascarar el sabor. El proceso de microparticulación no provee estabilidad al calor, de esta forma los productos que incorporan este proceso no pueden ser sometidos a cocción ni fritura (AKOH, 1998; HATHCOCK y ARDER, 1999; LOBATO-CALLEROS *et al.*, 1999).

Dentro de las variantes del Simplese[®], se encuentra el Simplese[®] D100, el cual es un sustituto natural de la grasa, a base de proteína concentrada de suero microparticulada, de tamaño uniforme, con un diámetro promedio de 1 μm . Por su tamaño puede proveer la textura de la grasa, dando la sensación de cremosidad, ya que la boca percibe como cremosa las partículas de tamaño desde 0,1 a 0,3 μm (LUCEY y GORRY, 1993).

En Febrero de 1990, el FDA aprobó el Simplese[®] como un ingrediente GRAS y se ha aprobado su uso en postres congelados y en un amplio rango de productos alimenticios, particularmente lácteos (LUCEY y GORRY, 1993).

2.3.2.3. Sustitutos e imitadores grasos utilizados para mejorar las características físicas y sensoriales en quesos de grasa reducida. La retención de mayor humedad en la matriz proteica del queso reducido en grasa constituye una de las acciones principales de los imitadores de la grasa en el mejoramiento de sus propiedades mecánicas. Imitadores grasos a base de proteínas de suero microparticulada, tal como Simplese[®] y proteínas de suero lácteo ultrafiltradas y parcialmente denaturada, tal como el Dairy-Lo[™], se han utilizado para ayudar a aumentar el contenido de humedad, bajar los niveles de grasa y por lo tanto reducir las calorías, mejorar la opacidad, disminuir la elasticidad, adicionar cremosidad, aumentar la suavidad y así disminuir la dureza del queso Cheddar, lo que origina un producto de grasa reducida significativamente más blando, además de un mejor rendimiento de producción (LUCEY y GORRY, 1993; MERRILL *et al.*, 1994; FENELON y GUINEE, 1997; FENELON *et al.*, 1999; LOBATO-CALLEROS *et al.*, 1999).

En el aspecto sensorial LUCEY y GORRY (1993), declaran que el uso de imitadores grasos a base de proteína de suero entrega además el beneficio de realzar el sabor lácteo de los quesos de baja grasa. Contrariamente FENELON y GUINEE (1997), han concluido que no existe un mejoramiento importante del sabor en el queso Cheddar de grasa reducida al agregar imitadores grasos.

En cuanto a la proteólisis del queso durante la maduración, aumentaron en forma normal los niveles de formación de nitrógeno soluble y se concluyó que no hubo influencia significativa en la proteólisis por la adición del imitador graso (FENELON y GUINEE, 1997; FENELON *et al.*, 1999).

Estudios realizados por Salem *et al.* citados por DRAKE *et al.* (1996), dan a conocer la incorporación de proteína de suero denaturada para elaborar queso procesado bajo en grasa, la cual mejoró el sabor y consistencia del queso. A iguales conclusiones llegaron Tratnik *et al.* citados por MANN (2000), donde la incorporación de proteína de suero denaturada en la elaboración de queso bajo en grasa, dio como resultado un producto con excelentes propiedades sensoriales y una producción quesera más alta que en el tratamiento control. Los quesos experimentales fueron también más húmedos, con menos contenido de grasa y con niveles de minerales y proteínas significativamente más altos, incluyendo una considerable proporción de proteínas de suero.

LUCEY y GORRY (1993), al estudiar el efecto del Simplese[®]D100 sobre la elaboración de queso Cheddar bajo en grasa, no encontraron diferencias significativas en el pH, NaCl, grasa o contenido de proteína entre el control bajo en grasa y el tratamiento elaborado con Simplese[®]D100. Sin embargo, encontraron diferencias en el rendimiento al obtener una mayor producción y más alta humedad en el queso bajo en grasa elaborado con Simplese[®]D100 en comparación al queso bajo en grasa utilizado como control. La mayor producción se debió particularmente al aumento del contenido de humedad y a la incorporación de las micropartículas durante la fabricación quesera. El aumento del contenido de humedad se debe probablemente a la retención de agua

asociada a las proteínas del suero altamente hidratantes del Simplese[®] D100 y posiblemente también por una reducción en la sinéresis ocurrida durante el procesamiento. Además, se observó que el queso bajo en grasa elaborado con Simplese[®] D100 fue más blando que el queso control bajo en grasa, por lo tanto mejoró la textura, lo que sugiere que la incorporación de este ingrediente debilitó, dentro de la cuajada, la matriz proteica del queso evitando el excesivo entrecruzamiento. Los niveles de nitrógeno soluble fueron levemente superiores en el control bajo en grasa (alrededor del 1%), con respecto al queso bajo en grasa con Simplese[®] D100, aunque no fue una diferencia estadísticamente representativa.

DRAKE *et al.* (1996), estudiaron la incorporación de tres imitadores grasos comerciales (Novagel[™], Dairy Lo[™] y Alaco Pals[™]) en queso Cheddar bajo en grasa, llegando a la conclusión que los imitadores grasos aumentaron la producción, humedad y contenido proteico, y disminuyeron la elasticidad y gomosidad del queso Cheddar bajo en grasa.

En el queso Mozzarella de bajo tenor graso, también se han utilizado imitadores grasos a base de proteínas (Simplese[®] y Dairy-Lo[™]) y a base de carbohidratos (Stellar[™] y Novagel[™]), para aumentar el contenido de humedad y mejorar las propiedades funcionales del queso, tal como la habilidad de fundir. El queso Mozzarella elaborado con Stellar[™] y Simplese[®] demostraron mayor capacidad para fundir. El queso elaborado con Novagel[™] contuvo mayor humedad y resultó más blando, siguiéndolo en cuanto a contenido de humedad el Simplese[®] y posteriormente Stellar[™]. Con relación a los quesos que contenían Simplese[®] y Dairy-Lo[™], su contenido de humedad fue similar (McMAHON *et al.*, 1996).

Resultados similares obtuvieron VERSTEEG *et al.* (1998), quienes realizaron una serie de experimentos en quesos de grasa reducida, con distintos niveles de grasa y procedimientos de elaboración, una de ellas utilizó cuatro distintos reemplazantes grasos: Dairy Lo[™]; Novagel[™]; Simplese[®] y Stellar[™]. Los quesos de grasa reducida elaborados con reemplazantes grasos, comparados con el queso control de grasa reducida, resultaron con mayor contenido de humedad y menor elasticidad.

2.4. Contenido energético de los alimentos

Los alimentos son el combustible que proporciona toda la energía química que el cuerpo necesita, tanto para desempeñar su actividad diaria como para la biosíntesis de compuestos químicos. Las principales fuentes de energía para el hombre son los carbohidratos, las grasas y las proteínas (POTTER y HOTCHKISS, 1999).

La unidad estructural básica de todos los nutrientes ingeridos es el carbono, tales nutrientes se queman por muchas transformaciones bioquímicas en presencia de oxígeno donde se libera energía por la degradación completa de las grasas e hidratos de carbono hasta obtener como producto dióxido de carbono y agua. A partir de la degradación de las proteínas se obtiene además urea y ácido úrico, pero menos energía. La energía

liberada se denomina “energía o energía fisiológica”, la cual antiguamente se denominaba como “valor de combustión fisiológico”, ésta representa la energía liberada en el organismo por gramo de nutriente, el que se expresa en kilocalorías (kcal) o KiloJoule (KJ) (ARAYA y VERA, 1996; VOLLMER *et al.*, 1999).

El queso presenta un alto aporte energético, alrededor de 350 kcal/100g., por ello es un alimento que debe consumirse en cantidades moderadas debido a su elevada densidad energética y contenido de lípidos, de los cuales la mayoría corresponden a grasa saturada (ALVIÑA, 1996).

2.5.La importancia de la actividad del agua (a_w) en los alimentos

Es importante la comprensión del rol que cumple la actividad de agua en los alimentos, ya que es la propiedad más importante relacionada con las reacciones de deterioro, propiedades físicas, calidad, estabilidad y seguridad del alimento respecto al crecimiento microbiano. La actividad del agua es una medida del estado de energía del agua en un sistema (o el grado en que ésta es “ligada”) y por lo tanto de su disponibilidad para actuar como solvente, participar en reacciones químicas y bioquímicas, y su influencia sobre el crecimiento microbiano (FONTANA, 2000).

La actividad de agua se define de la siguiente manera:

$$a_w = (P_w / P_{o_w}) = (H.R.E) / 100$$

Donde P_w es la presión parcial del agua por encima de la muestra (ambiente que la rodea), P_{o_w} es la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura, y H.R.E. la Humedad Relativa en Equilibrio. Mediante esta relación, se puede cuantificar la a_w que tiene un alimento, la cual se calcula a través de las mediciones realizadas en el espacio que lo circunda y siempre que exista un equilibrio dinámico entre la presión parcial de vapor de agua existente en el alimento, con la del ambiente (GUARDA y ALVAREZ, 1991; FENNEMA, 1993).

Según GUARDA y ALVAREZ (1991), el control de la actividad del agua en los alimentos tiene una gran influencia en la predicción de la estabilidad de un producto frente a alteraciones causadas por agentes químicos, enzimáticos o microbiológicos.

Muchas bacterias manifiestan su máxima velocidad de crecimiento entre un a_w de 0,90 y 0,995, sin embargo, *Staphylococcus aureus*, a un a_w de 0,90, alcanza solamente un 10% de su velocidad máxima de crecimiento. A valores de a_w más bajos que el mínimo para su desarrollo, las células quedan latentes o mueren (SPERBER, 1983).

Según SPERBER (1983), alimentos de alta humedad como el queso, el cual tiene un pH superior a 5,0, poseen un a_w que fluctúa entre 0,90 y 0,95. Esta combinación de pH y una a_w reducida produce un alimento que no permite el crecimiento de esporas bacterianas que hayan sobrevivido al tratamiento de pasteurización de la leche con que se elaboró el queso.

La actividad de agua de un producto también puede ser calculada a través de la humedad relativa del aire en equilibrio con el producto. Por lo tanto, esta puede ser determinada estableciendo la humedad relativa a la cual el producto no absorbe ni libera agua. El a_w de la mayoría de los productos lácteos es bastante alto, por ejemplo, la leche posee un a_w de 0,993, la leche evaporada de 0,986, mezcla de helado de 0,97 y queso entre 0,94 y 0,98 (WALSTRA *et al.*, 1999).

Según WALSTRA *et al.* (1999), si el contenido de agua de un producto disminuye su actividad de agua también disminuye. La a_w se expresa como una fracción, donde el agua pura posee un $a_w = 1$ y en un sistema sin agua el $a_w = 0$. Para soluciones ideales $a_w = m_w$, donde m_w es la fracción molar del agua en la solución. En los productos lácteos la relación se desvía de $a_w = m_w$, la mayoría de las veces se da que $a_w < m_w$, especialmente cuando la leche está altamente concentrada. Por lo tanto, debido a la presencia de varios solutos, la presión de vapor ejercida por el agua en un sistema alimenticio es siempre menor que aquella del agua pura.

La actividad de agua, junto con la temperatura y pH, es uno de los parámetros más importantes que determinan las velocidades de los cambios químicos, bioquímicos y microbiológicos que ocurren en los alimentos. La a_w es una propiedad del agua dependiente de la temperatura la cual podría usarse para caracterizar el equilibrio o estado constante del agua en un sistema alimenticio, de ahí la importancia de especificar la temperatura a la cual se realiza el ensayo (Ross citado por FOX y McSWEENEY, 1998).

Existen distintas relaciones entre la composición química de diferentes tipos de queso y su actividad de agua, éstas, determinadas por análisis de regresión lineal, son aplicables a todo tipo de queso con $a_w > 0,90$ (ESTEBAN y MARCOS, 1990). RÜEGG y BLANC (1977), estudiaron la relación entre la actividad de agua y la composición química de 26 variedades de quesos europeos y determinaron que el a_w es dependiente de la humedad, nitrógeno total, cenizas, cloruro de sodio, nitrógeno no proteico (NPN) y el pH. Posteriormente MARCOS *et al.* (1981) analizaron quesos europeos investigando la correlación entre la composición química sobre una base húmeda y a_w , encontrando correlaciones positivas y altamente significativas entre a_w y humedad, y relaciones altamente significativa pero inversas, entre el a_w y la concentración de cloruro de sodio (NaCl) y nitrógeno no proteico (NPN).

Una investigación realizada por MARCOS *et al.* (1983), relaciona la composición química de quesos españoles con su actividad de agua. En ella se analizan 10 variedades representativas de quesos españoles, que van desde quesos suaves a quesos semi-duros y duros. Según los resultados obtenidos la a_w tiende a decrecer con la disminución de humedad obteniéndose coeficientes de a_w correlación altamente significativos entre el a_w y la concentración de cloruro de sodio para los quesos con un contenido de humedad sobre el 40%.

Investigaciones más sencillas, realizadas por ESTEBAN y MARCOS (1990), relacionaron la actividad de agua con el contenido de cenizas en el queso madurado, donde la actividad de agua de los quesos madurados por bacterias o mohos resultó fuertemente deprimida por el efecto de los solutos inorgánicos, tales como las cenizas,

que incluye tanto el NaCl como otros materiales inorgánicos, principalmente calcio y fósforo solubilizados de las caseínas en pH ácido. Para quesos madurados por bacterias, se encontró una ecuación con correlación altamente significativa entre el a_w y el contenido de cenizas, que es aplicable a todas las variedades de quesos madurados por bacterias, como es el caso del Chanco, la que corresponde a:

2.6. Características del Queso Chanco

Según Norma Chilena Oficial 2090 (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION, 1999), el queso Chanco es un producto de origen chileno definido como “un producto madurado, que se elabora con leche pasteurizada de vaca, obtenido por coagulación enzimática coayudado por la acidez desarrollada por cultivos lácticos puros, con las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales especificadas en la norma”.

Las condiciones técnicas óptimas para la maduración del queso Chanco corresponden a una temperatura cercana a los 14°C y alrededor de 85 a 90% de humedad relativa (BRITO, 2000), y el requisito más importante en este período es mantener, en forma permanente, las condiciones técnicas señaladas para obtener quesos de calidad sensorial, físico-química y microbiológica estandarizada (BRITO *et al.*, 1995).

2.6.1. Clasificación del queso Chanco. De acuerdo a su proceso y período de maduración, la Norma Chilena Oficial 2090, clasifica tres tipos de queso Chanco:

- de campo o de fundo de corta maduración, o queso Chanco de corta maduración, que ha sido madurado por un período corto de entre 8 a 12 días.
- de campo o de fundo madurado, o queso Chanco madurado, que ha sido madurado por al menos 21 días.
- queso Chanco, que ha sido madurado por al menos 21 días.

2.6.2. Características organolépticas del queso Chanco. Las características organolépticas según Norma Chilena, ya sea para queso Chanco de campo de corta maduración o madurado, o queso Chanco, deben ser de una consistencia mantecosa, semiblanda, de forma de bloque rectangular de 8 a 11 kg., o de bloque cuadrado o rectangular de 1 a 4 kg., o cilíndrico en varios diámetros de 1 a 6 kg., de lados ligeramente convexos, con cáscara fina, seca y lisa de color exterior amarillo o amarillo pálido. El color de la masa interna debe ser homogéneo, blanco cremoso o amarillo muy suave. Su textura debe ser abierta, con abundantes ojos mecánicos o irregulares, distribuidos en forma uniforme por toda la masa (CHILE, INN, 1999).

2.6.3. Características físicas y químicas del queso Chanco. Según IDF/FIL, las características composicionales del queso Chanco son: 48% de humedad como máximo; 45% de materia grasa en materia seca como mínimo y como promedio 59,5% de humedad en el queso libre de grasa (INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, IDF,

1981).

Estudios realizados por BRITO *et al.* (1995) en queso Chanco tipo campo, dan a conocer que esta variedad posee un peso que oscila entre 8 a 10 kg y tiene las siguientes características físicas y químicas: 46,7% \pm 2,8 de humedad; 27,2% \pm 3,1 de materia grasa; 1,28% \pm 0,47 de sal (NaCl) y pH de 5,42% \pm 0,21.

Las características fisicoquímicas que debe cumplir el queso Chanco según Norma Chilena Oficial 2090 son: 44 a 48% de humedad (m/m); 52 a 56% materia seca (m/m); un mínimo de 25% de materia grasa (m/m); un mínimo de 45% de materia grasa en extracto seco (m/m); un rango de 58 a 66% de humedad en queso sin grasas (m/m); pH de 5,2 a 5,4; como máximo 50 mg/kg (%) de nitrato (m/m) y con fosfatasa negativa (CHILE, INN, 1999).

2.7. Maduración del queso

Un queso en maduración es un sistema bioquímico muy complejo donde se establecen numerosos equilibrios y se entrecruzan múltiples rutas de degradación y síntesis; el producto de algunas de estas reacciones con frecuencia se convierte en sustratos de otras (ORDOÑEZ, 1987).

Según FOX y McSWEENEY (1998), durante este período, ocurre una muy compleja serie de reacciones biológicas, bioquímicas y químicas, donde en algunos quesos, cuatro, cinco o tal vez seis agentes son responsables de estos cambios, los cuales corresponden a:

(1) Leche para la elaboración del queso. Contiene casi 60 enzimas nativas, muchas de las cuales están asociadas a los glóbulos grasos o micelas de caseína y de esta manera quedan incorporadas dentro de la cuajada quesera; las enzimas solubles son en su mayor parte removidas en el suero. Algunas lipasas y muchas de las enzimas nativas son estables al calor y sobreviven la pasteurización HTST, tales como la plasmina, fosfatasa ácida y xantina oxidasa, que están activas en el queso y contribuyen al desarrollo de la maduración;

(2) Coagulante. La mayor parte del coagulante se pierde con el suero, el resto se retiene en la cuajada; la cantidad de cuajo retenido depende del pH y de la remoción del suero, cuánto más bajo es el pH de la cuajada mayor es el nivel de retención. El coagulante es el principal contribuyente para la proteólisis en la mayoría de las variedades de queso, con excepción de aquellas que llevan cocción a altas temperaturas (Emmental y Parmesano), en las cuales el coagulante es denaturado durante la elaboración de la cuajada;

(3) Bacterias iniciadoras. El cultivo iniciador logra su máxima concentración al final del proceso de elaboración para luego ir declinando hasta cerca de un mes de maduración. Una proteínasa extracelular que está fija a la membrana celular de los *Lactococcus* y *Lactobacillus* sale al exterior a través de la pared celular de estos microorganismos, contribuyendo al desarrollo de los procesos bioquímicos que dan

origen a la maduración;

(4) Bacterias no iniciadoras. El queso elaborado con leche pasteurizada de alta calidad, contiene pocas bacterias no iniciadoras (< 50 ufc/g), pero estas se van multiplicando a través del tiempo hasta llegar a $10^7 - 10^8$ ufc/g dentro de dos meses de maduración dependiendo de la temperatura. Debido a que la población de bacterias iniciadoras van declinando en el primer período de maduración, las bacterias no iniciadoras dominan la microflora del queso durante la etapa posterior de ésta;

(5) Cultivos adjuntos y secundarios Estos cultivos tienen una fuerte actividad metabólica y dominan la maduración y características de muchas variedades de quesos; y

(6) Otras enzimas exógenas. Son utilizadas en algunas variedades de quesos para acelerar la maduración, las cuales pueden ser agregadas a la leche o a la cuajada en varias formas, por ejemplo libre, microencapsulada o en células atenuadas.

Durante la maduración del queso se producen cambios en la textura, en el gusto y en el aroma, como consecuencia de las reacciones ocurridas por acción de los agentes señalados anteriormente, los que afectan principalmente a las proteínas, a la grasa y a los hidratos de carbono y que son degradados a productos primarios y luego secundarios. Las proteínas se descomponen en péptidos, aminoácidos, aminas, ácidos, tioles y tioésteres; las grasas se degradan en menor medida, llegando a ácidos grasos libres, metil cetonas, lactonas y esteroides. Ambas degradaciones son responsables del olor y sabor del producto final. La lactosa es fermentada por las bacterias ácido lácticas a ácido láctico desapareciendo rápidamente, además se produce ácido acético, ácido propiónico, ésteres y alcoholes. Durante este proceso se forma, además, dióxido de carbono a partir de la lactosa, que es también el responsable de la formación de los ojos del queso (SCOTT, 1991; FOX y McSWEENEY, 1997; VOLLMER *et al.*, 1999). Estas transformaciones están, en su mayoría, catalizadas por enzimas de diversa procedencia; unas están presentes en forma natural en la leche de cuya composición forman parte; otras, las aporta el cuajo, y la mayor parte son de origen microbiano (ORDOÑEZ, 1987).

Al principio de la maduración la velocidad de solubilización de la caseína es más rápida que al final y si se agrega mayor dosis de cuajo, más pronunciado se hace este proceso. La caseína se digiere más rápidamente en los quesos bajos en grasa que en los quesos con toda su grasa, ya que los ácidos grasos insaturados tienen un efecto inhibitor sobre las bacterias proteolíticas (ALAIS, 1985).

En esta etapa también se distribuye homogéneamente la sal dentro de la masa, la humedad se reduce ligeramente, el pH aumenta con lo cual el queso es menos ácido al paladar, se forma la cáscara y en general se intensifica su colorido normal (BRITO, 1982).

En resumen, durante la maduración ocurren tres sucesos bioquímicos primarios: la glicólisis, lipólisis y proteólisis (FOX y McSWEENEY 1998).

2.7.1. Glicólisis. Afecta al único carbohidrato cuantitativamente importante de la leche, la lactosa. Casi el 98% de la lactosa es removida a través del suero como lactosa o ácido láctico. Sin embargo, la cuajada del queso fresco contiene alrededor de 1 a 2% de lactosa, para la mayoría de las variedades de queso la lactosa dentro de un día es

normalmente metabolizada a ácido L-láctico por las bacterias lácticas iniciadoras *Lactococcus* o *Streptococcus salvarius spp. thermophilus* y *lactobacillus spp.* para los tipos Suizos y Mozzarella. Luego de 3 meses es racemizado a DL-Lactato por las bacterias ácido lácticas no iniciadoras y una pequeña cantidad es oxidada produciendo ácido acético, acetoina, etc., que contribuyen al sabor y aroma de los quesos (ORDOÑEZ, 1987; FOX y McSWEENEY, 1998).

Los principales factores que afectan la actividad de los cultivos que promueven la glicólisis son: la temperatura de trabajo en el proceso, la presencia de bacteriófagos y residuos de antibióticos e inhibidores (BRITO, 1993).

Según ORDOÑEZ (1987), el ácido láctico generado a partir de la lactosa desempeña diversas funciones:

1° No sólo es capaz de coagular la leche y favorecer la acción del cuajo (coagulación mixta), sino que también influye en la retracción del coágulo y en la expulsión del suero, otorgándole a la cuajada ciertas características físicas que influyen en la textura final y gobierna las reacciones enzimáticas que acontecen en el queso durante la maduración.

2° Contribuye al sabor de algunas variedades de quesos frescos.

3° La acidez que le otorga al queso ayuda a prevenir el crecimiento de bacterias patógenas y el de otros microorganismos no deseables.

2.7.2. Lipólisis. En la mayoría de las variedades de quesos, la lipólisis es bastante limitada y es causada principalmente por la actividad lipolítica de las enzimas específicas de las bacterias ácido lácticas iniciadoras y no iniciadoras, con alguna contribución de la lipasa láctea nativa, donde la materia grasa sufre una hidrólisis de sus triglicéridos con la acumulación en el medio de ácidos grasos libres dando lugar a un incremento de su acidez. Los ácidos grasos resultantes no afectan a la consistencia del queso pero sí, contribuyen al sabor y aroma del producto madurado (ORDOÑEZ, 1987; FOX y McSWEENEY, 1998).

Los ácidos grasos de cadena corta son los que contribuyen en una forma más acentuada al sabor y aroma del queso. La composición en ácidos grasos libres de esta naturaleza es muy diversa en las distintas variedades de quesos, por ejemplo, el Emmental contiene una elevada cantidad de ácido propiónico, en el Provolone es el butírico, y en los quesos holandeses es el acético (ORDOÑEZ, 1987).

La lipólisis extensiva ocurre solamente en dos familias de queso, en ciertas variedades Italianas como Romano y Provolone y, en los quesos azules, en los cuales los ácidos grasos y/o sus productos de degradación son los mayores contribuyentes al gusto picante del queso (FOX y McSWEENEY, 1998).

2.7.3. Proteólisis. Es el más complejo y, tal vez, el más importante de los tres eventos bioquímicos primarios ocurridos durante la maduración de la mayoría de las variedades de queso especialmente en los quesos madurados internamente por bacterias y los madurados en la superficie (FOX y McSWEENEY, 1997; McSWEENEY y SOUSA, 2000).

La extensión de la proteólisis varía desde muy limitada (queso Mozzarella), moderado (Cheddar y Gouda) a muy extensa (quesos duros italianos y queso azules), y

es importante para el desarrollo de la consistencia correcta y el sabor final del queso (KELLY *et al.*, 1996; FOX y McSWEENEY, 1998). La duración de la maduración está relacionada con la intensidad del sabor deseado en el queso, y al mismo tiempo, es más o menos inversamente proporcional a su contenido de humedad (ARDÖ, 1997).

La proteólisis consiste en la solubilización progresiva de las caseínas insípidas e insolubles, retenidas en la cuajada, lo que se pone de manifiesto por un aumento del nitrógeno soluble, dando como resultado una masa blanda y la aparición de numerosas sustancias sápidas y solubles (ORDOÑEZ, 1987; BRITO, 1993).

Los productos de la proteólisis, van desde polipéptidos largos y pequeños, hasta aminoácidos, los cuales pueden, a su vez, ser catalizados a diversos tipos de compuestos menores, incluyendo aminas, ácidos y compuestos sulfurados. Los pequeños péptidos y aminoácidos libres contribuyen directamente en el sabor del queso y los aminoácidos sirven como sustratos en varias reacciones que generan el sabor, por ejemplo: descarboxilación, desaminación y desulfuración. Los aminoácidos pueden también reaccionar químicamente con los carbonilos vía reacción de Maillard y degradación de Strecker, con la producción de una gran diversidad de compuestos sápidos. No obstante, se pueden producir bajo ciertas circunstancias excesivas cantidades de péptidos hidrofóbicos con carácter sávido de amargor, aunque en una concentración y balance apropiado con otros compuestos, los péptidos amargos probablemente contribuyen positivamente al sabor del queso (FOX y McSWEENEY, 1998).

Según FOX y McSWEENEY (1997) y BROOME y LIMSOWTIN (1998), los agentes proteolíticos que contribuyen a la hidrólisis de las proteínas durante la maduración son:

(1) Las proteinasas nativas de la leche, donde la principal enzima proteolítica es la plasmina la cual es estable al calor, sobreviviendo a la pasteurización e incluso a procesos UHT, degrada las caseínas β , α_{S1} y α_{S2} a κ -caseínas, proteosomas peptonas y posiblemente κ -caseína, y estos productos, a su vez, pueden ser degradados por las peptidasas bacterianas a aminoácidos;

(2) Los coagulantes lácteos, cuajo o sustituto del cuajo, que contribuyen a los cambios de textura e indirectamente al sabor del queso al producir péptidos de tamaño grande y mediano que son posteriormente degradados por las proteinasas y peptidasas bacterianas produciendo péptidos pequeños y aminoácidos libres;

(3) Bacterias iniciadoras y sus enzimas, poseen un complejo sistema proteolítico que consiste en una célula envuelta asociada a una proteinasa extracelular (lactocepina), las cuales son liberadas después que las células se han lisado, hidrolizando la caseína a oligopéptidos durante el transcurso de la maduración del queso, las bacterias iniciadoras van decreciendo con la muerte celular y autólisis, lo cual es un factor importante en el desarrollo del sabor del queso;

(4) Bacterias no iniciadoras, corresponden a los organismos que sobreviven la pasteurización de la leche usada en la elaboración del queso o acceden a la leche pasteurizada o a la cuajada durante la elaboración. Consisten de varias especies de *lactobacilos*, *micrococos* o *pediococos*, las cuales alcanzan niveles similares a las iniciadoras, seis meses después lentamente decrecen, ellas tienen un rol en la

maduración del queso aunque ocasionalmente tienen efectos negativos; y

(5) Iniciadores secundarios, por ejemplo, las bacterias ácido propiónicas. Br. Linens, levaduras y mohos (*Penicillium roqueforti* y *P. camemberti*), y sus enzimas son de gran importancia en algunas variedades de quesos.

Para KELLY *et al.* (1996), la velocidad de la proteólisis está influenciada por numerosos factores, tales como el contenido de humedad, de sal, pH y temperatura de maduración.

Según ALAIS (1985), un contenido elevado de sal retarda la proteólisis, al igual que un medio ácido, por ejemplo bajo pH 5,5. Cuanto mayor es la humedad del queso fresco, más rápida es la proteólisis a una temperatura dada y la solubilización de la caseína es más rápida a temperaturas más elevadas.

En queso Cheddar, a valores altos de sal en humedad (S/H), se han observado velocidades de producción más lenta de nitrógeno soluble, ya que hay menor producción de péptidos pequeños (KELLY *et al.*, 1996).

En los quesos Cheddar con menos grasa, ya sea reducida, baja, o libre de grasa, el porcentaje de sal en fase húmeda (S/H) es aproximadamente un 4,5% inferior que el óptimo, y puede ser tan bajo como de 3,5%, dependiendo de la reducción de grasa y del contenido de humedad del queso (MISTRY y KASPERSON, 1998). La disminución de S/H para aquellos quesos de menor contenido graso permite un excesivo crecimiento microbiano y proteólisis durante la maduración, lo cual podría ser responsable del defectuoso desarrollo del sabor de éstos (KELLY *et al.*, 1996). Por otra parte, al aumentar el contenido de sal en base húmeda, también aumenta la dureza y fracturabilidad. Durante la maduración, el número de bacterias ácido lácticas disminuye más lentamente en queso con 2,7% de S/H que en aquellos con 3,7% o 4,5% de S/H (MISTRY y KASPERSON, 1998).

Una forma sencilla para medir el nivel de la proteólisis en el queso, es a través de sus fracciones nitrogenadas solubles, las cuales se originan durante la maduración del queso, y se determinan mediante el método rápido de rutina semi micro Kjeldahl (PINTO *et al.*, 1998).