

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 4.1. La Leche.

La leche es un líquido blanco y opaco de composición compleja, sabor ligeramente dulce y un pH casi neutro. Es una suspensión de materia proteicas en un suero constituido por una solución que contiene principalmente lactosa y sales minerales (Alais, 1970).

La leche se puede describir como un alimento completo porque contiene proteína, carbohidratos en forma de lactosa, grasa, vitaminas y minerales. Con un valor biológico de 0.75 – 0.80, la leche es una fuente de proteína de las más importantes. El alto contenido de agua genera restricciones en la manera de utilizarla (Banks, 1992).

La mayor parte de la leche que se consume actualmente en el mundo es la leche bovina, aunque también se utilizan leches de otros mamíferos, en algunas regiones lo más común puede ser la leche de cabra o de oveja (Alais, 1970).

#### 4.1.2. Composición de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana.

La leche de cabra juega un papel muy importante en ciertas partes del mundo. La aplicación de leche de cabra ha crecido internacionalmente en años recientes. La leche de cabra se ha utilizado desde tiempos antiguos para la manufactura de diferentes tipos de quesos, la gran mayoría se hace con solo leche de cabra o de la combinación de ésta con leche de vaca, oveja o búfala (Mallatou et al., 1994).

La leche de cabra constituye una alternativa a la leche de vaca muy beneficiosa en ciertos aspectos de la alimentación humana. Su composición, mostrada en la Tabla 1, puede tener variaciones significativas en alguno de los componentes debidas a la raza y la alimentación de las cabras (Capra, 2003).

La leche de cabra tiene mayor grasa que la de vaca. Con diez litros de leche de vaca se hace un kilogramo de queso mientras que con seis litros de leche de cabra se hace un kilogramo de queso. Esa propiedad de tener mas grasa la hace un producto con más aceptación y más demanda en el mercado. Además contiene algunos ácidos, como el caproico, que le da ese sabor diferente con respecto al queso de vaca, lo hace más solicitado y por lo que eleva su precio. Con la desnutrición presente en el mundo lo hace mas solicitado debido a su valor energético (Lampert, 1965).

Tabla 1. Comparación de la composición de la leche de vaca y cabra.

<b>Composición en 100 ml</b>	<b>Vaca</b>	<b>Cabra</b>
<b>Proteína (g)</b>	3.3	3.3
<b>Caseína (g)</b>	2.8	2.5
<b>Lactalbumina (g)</b>	0.4	0.4
<b>Grasa (g)</b>	3.7	4.1
<b>Lactosa (g)</b>	4.8	3,8
<b>Valor Calórico (Kcal.)</b>	69	76
<b>Minerales (g)</b>	0.72	0.77

<b>Calcio (mg)</b>	125	130
<b>Fósforo (mg)</b>	103	159
<b>Magnesio (mg)</b>	12	16
<b>Potasio (mg)</b>	138	181
<b>Sodio (mg)</b>	58	41
<b>Hierro (mg)</b>	0.10	0.05
<b>Vitaminas:</b>		
<b>Vitamina A (I.U.)</b>	158	191
<b>Vitamina D (I.U.)</b>	2.0	2.3
<b>Tiamina (mg)</b>	0.04	0.05
<b>Riboflavina (mg)</b>	0.18	0.12
<b>Vitamina B6 (mg)</b>	0.035	0.001
<b>Ácido Fólico (mcg)</b>	2.0	0.2
<b>Vitamina B12 (mcg)</b>	0.50	0.02
<b>Vitamina C (mg)</b>	2.0	2.0

Fuente: Capra, 2003.

Para la comparación de la composición de las leches, se tomó como referencia a la leche de vaca:

a) **Composición en grasa:** La leche de cabra (4.1 %) suele tener una mayor cantidad de grasa que la de vaca (3.5%) aunque depende mucho de la raza caprina de la que se trate,

(llegando algunas hasta un 5.5%). La principal diferencia no radica en la cantidad sino en la calidad. El tamaño promedio de los glóbulos grasos de la leche de cabra es cerca de 2 micrómetros, comparados con los 2 1/2 a 3 1/2 micrómetros para la leche de vaca. Esta es la razón por la que sus glóbulos al estar dispersos se atacan más fácilmente por las enzimas digestivas y por lo tanto la velocidad de digestión es mayor. Contiene más ácidos grasos esenciales (linoleico y araquidónico) y una proporción mayor de cadenas cortas y cadenas medianas de ácidos grasos que la leche de vaca haciéndola más cardiosaludable.

b) **Composición proteica:** Es la parte más importante en la fabricación de los quesos, la composición proteica está ligada a la genética y no tanto a la alimentación del animal.

c) **Contenido mineral de leche:** El contenido mineral de la leche de cabra y de vaca es semejante pero la leche de cabra contiene 13 por ciento más de calcio, 47 por ciento más vitamina A (responsable de su coloración más blanca), 134 por ciento más potasio, y tres veces más ácido nicotínico. Es también cuatro veces más alta en cobre. La leche de la cabra contiene también 27 por ciento más del selenio. Sin embargo, la leche de la vaca contiene cinco veces más de vitamina B-12 respecto a la leche de cabra y diez veces más de ácido fólico (12 mg. en la leche de vaca contra menos de 1 mg. para la leche de cabra en 300ml para cubrir unas necesidades diarias de 75-100 mcg. en los niños) (Capra, 2003).

## 4.2. Quesos

### 4.2.1. Historia.

No se sabe cuando fue hecho el primer queso. Pero ha de haber ocurrido después de la domesticación de la vaca y otros mamíferos (8000 A.C.). El queso ha jugado un papel importante en la economía de las naciones. Era vital para las tribus nómadas y se convirtió

un medio de intercambio porque provee leche en forma menos perecedera (Eckles et al., 1951).

Sir Leonard Woolley, en 1924, en una expedición arqueológica en el área de Ur, concluyó que el queso fue elaborado de la leche de vaca y cabra en los años 6000-7000 A.D. En la literatura concerniente a quesos, revela que existen casi 2000 nombres para los quesos y conforme se van realizando nuevas variedades aparecen más nombres. (Scott et al., 1998).

El queso es un producto lácteo el cual es particularmente salado y concentrado, en la mayoría de los quesos y fermentado en algunos otros tipos; ha sido una de las contribuciones más importantes a la civilización. En algunas civilizaciones, el queso fue usado como moneda. Se puede encontrar en diferentes tamaños y figuras. El más grande fue un Wisconsin Cheddar que pesaba 34,591 libras, presentado en Nueva York en 1964 (Kosikowski, 1982).

Un queso natural empieza con una concentración selectiva de componentes insolubles de la leche. El calor, acidez, sal y bacterias juegan un papel importante en transformar el concentrado en un producto aceptable y fresco (Kosikowski 1982).

El queso es un producto donde la textura es un factor crítico de calidad (Marshall, 1990). Las propiedades texturales afectan su calidad de uso, manejo y sabor (Visser, 1991). Estudios previos han confirmado que el queso exhibe comportamiento tanto sólido (elástico) y fluido (viscoso), por lo que se le considera un producto viscoelástico (Drake et al., 1999).

La Ley General de Salud Mexicana (1994) indica que entendemos por queso el producto hecho de la cuajada obtenida de leche entera, semidescremada o descremada de vaca o de otra especie de animales, con adición de crema o sin ella, por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos u otra enzima apropiada, con o sin tratamiento posterior de la propia cuajada por calentamiento, presión o por medio de fermentos de maduración, mohos especiales o sazónamiento.

El queso de leche de cabra es el más antiguo de todos los quesos. La cabra ha sido siempre un elemento indispensable para la alimentación de las poblaciones que viven en climas secos, ha proporcionado leche y carne como fuentes importantes de proteínas, ácidos grasos, minerales y vitaminas (Santana, 1997).

El queso de cabra, al igual que el de vaca, es un producto rico en nutrientes esenciales. Los aportes de cada uno dependen de la composición de la leche así como del proceso industrial al que ha sido sometida para transformarla en queso. La concentración de vitaminas liposolubles depende del contenido de grasa del queso. El 80-85% del contenido de vitamina A de la leche pasa al queso. Los contenidos en vitaminas hidrosolubles son bajos. Sin embargo, los quesos tienen importantes aportes en vitaminas B2 y B12. Durante la maduración estas vitaminas son utilizadas y sintetizadas por la microflora del queso (Santana, 1997).

#### 4.2.2. Clasificación de los quesos.

La gran variedad de quesos se explica por dos hechos esenciales (Alais, 1970):

Naturaleza de la leche. Las pequeñas diferencias en la composición, independientemente de las diferencias existentes entre leches de especies o de razas diferentes, tienen repercusiones sobre las propiedades del queso.

Formas de preparación. Ligadas a una región, fabricándose en escasa proporción en otros lugares. Sin embargo el desarrollo de los medios han modificado estas condiciones, pudiéndose encontrar fuera del lugar de origen.

El queso es una mezcla de proteínas, grasa y otros componentes lácteos. Esta mezcla se separa de la fase acuosa de la leche después de la coagulación de la caseína (Meyer, 1985).

Existen diferentes clases de quesos, basados en la consistencia, edad, agentes de maduración, cualidades reológicas, resistencia del cuerpo y el método de madurez (Campbell, 1975):

-Muy duros- 30 a 35% de humedad, madurez por bacterias (Romano, Parmesano)

-Duros- 35 a 40% humedad

a) Madurez por bacterias sin “ojos” (Cheddar, Gouda)

b) Madurez por bacterias con “ojos” (Emmentaler, Suizo, Gruyère).

-Semisuaves- 40 a 45% humedad

a) Madurez principalmente por bacterias (Queso criollo)

b) Madurez por bacterias y microorganismos en la superficie (Limburger y Brick)

c) Madurez por moho azul en el interior (Roquefort, Cabrales)

-Suaves

a) Madurez por microorganismos en la superficie, 45 a 52 % humedad (Brie, Camembert, Bel Paese)

b) Inmaduros, 52 a 80 % humedad (Cottage, Crema, Neufchâtel, Mozzarella y Pizza)

La dureza esta controlada principalmente por el contenido de humedad, pero la grasa y el grado de hidrólisis de proteínas son también importantes (Campbell, 1975).

#### 4.3.Elaboración de queso.

La transmisión de los métodos para elaborar quesos por medio de recetas transmitidas a través de la escritura o palabra no tuvo el éxito esperado, por la ausencia de términos cuantitativos que definieran los estados del proceso. La falta de conocimiento de la composición de ingredientes y de las reacciones físicas y químicas, se convirtió más en un “Arte” que en una “Ciencia”. En 1557 la situación cambió con el resultado de las investigaciones de Pasteur, Conn, Storch, Hansen y Loyd. El uso de calor para destruir a las bacterias dañinas al proceso, fue reportado primero por Pasteur en 1857, donde fue desarrollado como tratamiento para la leche que destruiría las bacterias peligrosas, así como a los microorganismos patógenos. El primer tratamiento de calor para la leche fue probablemente el de Baja Temperatura-Alto Tiempo (LTLH) método de calentar y enfriar, la leche se calentaba a 60°C por 30 min. Después apareció, Alta Temperatura-Corto Tiempo



(HTST) la leche se calentaba alrededor de 70°C por 15 s. Algunas personas estipularon que la baja temperatura era esencial para una buena calidad, pero la ventaja de la pasteurización con respecto a la salud pública eran obvias, por lo que la mayoría de las compañías insistieron que todo queso debe elaborarse por HTST o su equivalente (Scott et al., 1998).

En la manufactura del queso, la leche es transformada en un concentrado o producto alimenticio y menos perecedero. Mucha de la proteína y grasa de la leche es retenida por el queso, pero los constituyentes más solubles como la lactosa y minerales se pierden en el suero (Lampert, 1965).

Tratamiento calorífico:

La pasteurización (61.8°C por 30 min., 71.8°C por 15 s) representa el mínimo tratamiento calorífico para la destrucción de organismos patógenos. Este tratamiento inactiva muchas de las enzimas de degradación, es decir, lipasas lipolíticas. Los productos pasteurizados no son estériles y poseen un periodo de vida limitado, a temperatura de refrigeración.

Es evidente que la leche elaborada a temperaturas altas no forma una cuajada normal, cuando se trata con renina, de lo que resulta que una leche de este tipo no sirve para producir queso. Según parece, el punto de acción específico del enzima en la k-caseína queda bloqueado por las proteínas acomplejadas del suero o el complejo proteínas séricas-caseína y no forma un gel de estructura normal (Fennema, 1985).

Existen tres pasos fundamentales en la elaboración de los quesos:

1) Cuajado de la leche:

La coagulación de la leche, que se traduce por la formación de un gel, es el resultado de las modificaciones fisicoquímicas que intervienen a nivel de las micelas de caseína; los mecanismos que intervienen en la formación del coágulo difieren totalmente según que estas modificaciones sean inducidas por la acidificación o bien por la acción de enzimas coagulantes.

En quesería se emplea el término cuajada, concerniente únicamente al gel obtenido desde el principio del desuerado hasta el final de esta operación. Antes del cortado, la estructura del coágulo es más o menos frágil según los parámetros de la coagulación. El cortado puede tener efecto en el mismo sentido, favorable a la formación de enlaces, si es realizado en el momento oportuno, teniendo en cuenta la acidificación y una salida de suero suficiente. Haciendo salir el suero pronto con relación a la velocidad de acidificación, los caracteres enzimáticos de la cuajada se ven favorecidos. Inversamente, los caracteres lácticos se ven favorecidos con una temperatura relativamente baja la cual retarda el proceso de coagulación, el endurecimiento y la salida de suero, mientras que la acidificación, al contrario, aumenta (Eck, 1990).

a) Coagulación por acidificación: La acidificación brusca por adición de un ácido mineral u orgánico determina la floculación de las caseínas de pH 4.6 en forma de un precipitado más o menos granuloso que se separa del lacto suero. Una acidificación progresiva, determina la formación de un coágulo liso, homogéneo que ocupa totalmente el volumen inicial de la

leche. A lo largo de la acidificación se produce una profunda desorganización de la micela acompañada de una modificación de la estructura cuaternaria de las caseínas.

b) Coagulación por acción de enzimas: Un gran número de enzimas proteolíticas, de origen animal, vegetal o microbiano, poseen la propiedad de coagular el complejo caseínico. El cuajo, mezcla de quimosina y pepsina excretada en el estomago de los rumiantes lactantes, es la enzima coagulante mejor conocido (Eck, 1990).

La formación del cuajo depende de la coagulación de la caseína en la leche. Con renina, ocurre en 2 pasos: el caseinato de calcio en la leche se cambia a paracaseinato, el cual se combina con los iones calcio presentes en la leche para formar un cuajo insoluble. En el otro caso, la adición de pequeñas cantidades (0.02%) de cloruro de calcio a la leche generalmente restaura el balance de los iones calcio y permite un funcionamiento normal de la renina (Lampert, 1965).

La velocidad y la capacidad de un cuajo se ven influidas por los siguientes factores:

- Acidez de la leche: el cuajo actúa en un medio ligeramente ácido.
- Cantidad de cuajo: la cantidad de leche puede oscilar entre 2.000 a 15.000 veces respecto al volumen del cuajo comercial de fuerza 10.000 (o 520 mg/L de quimosina; la fuerza se refiere a los litros de leche que se cuajan con 1 litro de cuajo en 40 minutos a 35°C).
- Temperatura de la leche: la pasteurización de la leche para la elaboración de quesos debe ser a una temperatura de 62°C durante 30 minutos ó 72°C durante 16 seg.
- Presencia de Calcio: las sales solubles de calcio ayudan a la actividad del cuajo.
- Cantidad de Nitratos: solubles en la leche porque estos actúan protegiendo a las partículas de caseína evitando el cuajado.

Para la mayoría de las fabricaciones, la coagulación es obtenida por vía enzimática, la cual se acompaña de una acidificación cuya intensidad varía según el tipo de queso que se desea obtener. La relación entre la cantidad de enzima y la acidez, confiere a cada coágulo características propias, que se sitúan en un gradiente que va desde las de un coágulo obtenido por vía enzimática y las de un coágulo obtenido por vía ácida exclusivamente. Se puede prever que la aptitud intrínseca de un coágulo mixto a desuarse es consecuencia de la fuerza de contracción que ejercen una presión sobre las paredes que retienen el lacto suero y la permeabilidad de éstas. Estas fuerzas disminuyen con la acidificación, mientras que la permeabilidad aumenta con esto, hasta que el estado micelar es destruido (Eck, 1990).

## 2) Desuerado:

Consiste en el drenaje de la fracción líquida producida durante la coagulación. La cantidad y la composición del suero varían en función del tipo de queso que se realice y por lo tanto del tipo de cuajado al que se haya sometido la leche.

Para obtener el queso, el lacto suero es expulsado por sinéresis, tanto si se encuentra en el exterior como entre las capas o granos de cuajada. La separación se realiza generalmente por decantación y filtración, a estas operaciones se le denominan desuerado. El desuerado se presenta en dos fases; la primera es el desuerado principal, durante el cual la mayor parte del lacto suero es eliminado; esta fase se sitúa entre el fin de la coagulación y el final del moldeado. La segunda es el desuerado complementario que va desde el desmoldado hasta el inicio del afinado, esencialmente es debido a la operación del salado y oreado. El desuerado es un fenómeno dinámico que se caracteriza por la cantidad de lacto suero expulsado en función del tiempo (Eck, 1990).

### 3) Maduración:

Excepto los quesos que se consumen frescos en los días siguientes a su fabricación, el resto se somete a maduración. Esta fase influye en la composición, la apariencia, la consistencia, el cuerpo y el sabor del queso.

Hasta hoy no se conoce con exactitud todos los complejos procesos que se llevan a cabo pero esencialmente afectan a tres compuestos fundamentales (Scott et al., 1998).

Según Alais (1970), las modificaciones en el curso de la maduración son las siguientes:

- a) Pérdida de humedad o secado.
- b) Destrucción total de la lactosa; neutralización o destrucción parcial del ácido láctico; elevación del pH. La fermentación propiónica del ácido láctico es la causa de la abertura de los quesos de pasta cocida.
- c) Solubilización parcial de la caseína (proteólisis) y modificación de la textura.
- d) Hidrólisis limitada de la materia grasa (lipólisis)
- e) Formación de la corteza.

Hasta hoy no se conocen con exactitud todos los procesos complejos que se llevan a cabo pero esencialmente afectan tres compuestos fundamentales (Santana, 1997):

**Lactosa:** Este azúcar se convierte en ácido láctico durante la fase de maduración, gracias a la acción bacteriana y juega un papel importantísimo a la hora de determinar la consistencia blanda del queso al contrario de las proteínas.

**Grasa:** Todavía no se conoce el papel que juega en el proceso de maduración de un queso pero se sabe a ciencia cierta que la leche descremada produce quesos que maduran muy

rápido, y además cuanto menor es el contenido en grasa mayor es el peligro de desarrollar microorganismos putrefactores que estropeen el producto. Es indiscutible su influencia en el aroma, la calidad y originalidad del queso.

Caseína: Es la fracción que se ve más afectada durante el proceso de maduración relacionándose directamente con la consistencia, el aroma y el sabor del queso. Son la combinación de las diferentes enzimas microbianas las que degradan la caseína en distintos compuestos, a este proceso se le conoce como proteólisis. La degradación de la caseína es más importante cualitativamente que cuantitativamente puesto que se ha comprobado que en los quesos de pasta blanda, por ejemplo actúa solamente sobre el 25-30% del total de la proteína. El queso obtenido se puede consumir en estado fresco o en diversas etapas de maduración o añejamiento (Meyer, 1985).

Según los diferentes tipos de quesos, el moldeado, el salado y el desuerado se realizan en un orden diferente. Sin embargo, la maduración provoca los mismos efectos sobre todos los tipos de quesos. (Alais, 1970).

#### 4.4. Quesos untables.

En los mercados un queso untable comúnmente es conocido como “queso crema”, algunas veces como “queso Philadelphia”. Es suave, con sabor agradable. Como su nombre lo indica es hecho con crema con diferentes porcentajes de grasa, con o sin la adición de leche descremada. La crema es pasteurizada y homogeneizada (Eckles et al., 1951). Se le compara con el Petit Suisse, Gervais o Fromage frais à la crème de Francia. Contiene 33% de grasa y no más de 55% de humedad. Al queso crema se le agregan condimentos como

clavo, vegetales, pimientos, cerezas, piña, nuez, variando la humedad de 57 a 93% y el pH (Kosikowski, 1982).

El queso crema es un queso suave no madurado, que se cultiva con microorganismos lácticos. Se hace una mezcla con la crema, se añade un “iniciador”, se espera hasta que coagule, el proceso es de tal manera que se obtiene una cuajada ácida y suave, después se coloca en bolsas de tela para que drene. Después se sala, se coloca en maquinas para la mezcla, para después ser empacados. Se pueden realizar diferentes modificaciones añadiéndole diferentes ingredientes. Existe la posibilidad de elaborar un queso crema de imitación de buena calidad, acidificado químicamente.

Los principales usos de este queso son: relleno de pastel, como aderezo en ensaladas y queso para untar. Su composición es la siguiente, grasa 33.5 %, agua 55.5 %, proteína 9.8%. Los ingredientes más comúnmente utilizados en su elaboración son: mezcla de leche entera y crema fresca (45% grasa) se puede emplear leche descremada condensada y leche descremada en polvo, y aditivos como estabilizadores (Eckles et al., 1951).

#### 4.5.Gomas.

En sus orígenes, este término era empleado para referirse a los productos de la exudación de algunas plantas y árboles; sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido a un grupo muy amplio de polisacáridos de alto peso molecular que tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes, además presentan algunas propiedades funcionales tales como la de emulsificación, la de estabilización, etc.

Estos hidrocoloides, tanto naturales como sintéticos, se utilizan ampliamente en la industria alimentaria para controlar las propiedades reológicas de muchos productos, en concentraciones que varían desde 0.5% hasta 5 %. No contribuyen al valor nutritivo de los alimentos ya que el humano no los metaboliza y además no imparten olor o sabor a los productos finales en los que se emplean (Badui, 1999).

#### 4.5.1 Goma de algarrobo.

La goma de algarrobo se obtiene del endospermo de las semillas de la planta de *Ceratonia siliqua*. Esta goma es un polisacárido de alto peso molecular compuesta de unidades de galactosa y manosa unida por enlaces glucosídicos. Es un polvo de coloración blanco a blanco amarillento, casi inodoro. Se puede dispersar en una solución acuosa fría o caliente; con pH entre 5.4 y 7.0, la cual forma un gel con la adición de pequeñas cantidades de borato de sodio (Glicksman, 1986).

La goma de algarrobo es muy utilizada en queso crema y productos similares. Además de controlar la humedad en el producto final, realiza un efecto único en la textura. Otras gomas como la de guar, no han tenido alternativas satisfactorias. Aunque hay similitud en la composición química entre las gomas de guar y la de algarrobo, los resultados indican que resultan quesos cremas diferentes al utilizar estas 2 gomas (Parnell-Clunies et al., 1985).

#### 4.5.2. Goma de karaya.

Se obtiene del árbol *Sterculia*, el cual crece en el centro y norte de la India, es un polisacárido complejo. La goma karaya es similar a la goma tragacanto, se le ha utilizado como adulterante o reemplazador de la goma tragacanto. Lo que más distingue a la goma



karaya es su baja solubilidad en agua y su fuerte adhesividad cuando se utiliza en altas concentraciones. La goma karaya no se disuelve pero absorbe agua y se hincha, produciendo una coloidal viscosa solución. Las dispersiones tienen una gran viscosidad cuando se prepara con agua fría. Aunque si se hierven las dispersiones aumenta la solubilidad de la goma (Glicksman, 1986).

La viscosidad de la goma depende de su frescura, es decir que tan reciente se extrajo de los árboles, la viscosidad se ve afectada por las condiciones de clima y almacenamiento. El polvo de karaya disminuye su efectividad después de 6 meses de almacenamiento. Su principal función es impartir estabilidad a través de propiedades de enlace, la acidez natural de karaya no afecta a quesos untables, previene la separación de agua y promueve una fácil untabilidad cuando se utiliza arriba de 0.8%. Se ha utilizado en una variedad de productos como en la ensalada francesa, en sorbetes para prevenir la formación de cristales de hielo y pérdida de agua libre, en merengues, en quesos para prevenir la separación de agua y facilitar la untabilidad (Dziezak, 1991).

#### 4.6. Textura.

La textura es una calidad importante de muchos productos y ha sido el objeto de muchas investigaciones. La textura del queso es un factor prominente en asignar su calidad (DeMan, 1976).

Una definición de textura ampliamente aceptada es que la textura define el atributo de un alimento resultante de una combinación de propiedades físicas y químicas, percibidas por los sentidos del tacto, vista y oído (Tay, 1998).

Los tres componentes mayoritarios del queso son la caseína, la grasa, y el agua, los cuales contribuyen directamente en su estructura y textura; el contenido de humedad de los quesos es el factor principal que afecta el mecanismo de fractura durante la mordida y la masticación (Jack y Paterson, 1992).

Davis, demostró que era posible el describir la consistencia (cuerpo) de un queso a través de un conjunto de parámetros reológicos con un sentido físico preciso: módulo de elasticidad, viscosidad, tiempo de relajación, etc. De su estudio realizado sobre diferentes quesos se puede concluir que, en general, el queso es un cuerpo viscoplastoelástico. Dicho de otra forma, cuando es sometido a una fuerza (presión de un dedo, mordedura con los incisivos, compresión mecánica, penetración con una aguja, etc.) una deformación global puede ser analizada como una combinación de deformaciones elementales que revelan la elasticidad, viscosidad y plasticidad.

Si el queso puede, en general, ser clasificado como viscoplastoelástico, es patente que existen diferencias entre un queso y otro según la importancia relativa de los modos de deformación elemental o del tipo de fuerza aplicada. Se puede decir que cada queso, en un instante dado de su proceso, constituye una entidad reológica y que numerosos parámetros son capaces de modificar su comportamiento (Eck, 1990).

#### 4.6.1. Compresión.

Se utiliza frecuentemente en la evaluación de textura de quesos, principalmente porque es muy simple. En estas pruebas se utilizan cilindros de medidas conocidas. El estrés se expresa como la fuerza aplicada por unidad del área en contacto (Konstance y Holsinger, 1992).

El producto es presionado con cierta fuerza o velocidad, se pueden utilizar una gran variedad de compresores, como cilindros planos de diferentes diámetros, agujas, platos y cuñas. Dependiendo del experimento, los datos obtenidos se relacionan con el módulo (dureza), fractura de tensión, trabajo de fractura o la combinación de estos parámetros. En algunas pruebas, el producto se comprime a cierta distancia, esto implica que con piezas de diferente altura, la deformación va a ser diferente. Al aplicar la fuerza requerida para obtener una deformación relativa, algunos productos pueden fracturarse y otros no, haciendo que la comparación de los datos sea difícil (Rosenthal, 1999).

#### 4.6.2. Penetración.

Es un método no destructivo, es también otra prueba de compresión, solo requiere de una aguja que va a entrar al cuerpo del queso, con una determinada altura. Se mide la profundidad de la penetración, se puede llevar a cabo de diversas maneras, como por ejemplo, el introducir la aguja al cuerpo del queso bajo la acción de una carga o la aplicación de una fuerza. Al ir penetrando la superficie del queso, se va separando y rompiendo, de manera que la fuerza necesaria para lograr esto es insignificante. Esta prueba es más útil para quesos de cuerpo razonablemente homogéneos en la escala macroscópica, tales como algunos quesos suizos y holandeses (Tay, 1998).

La profundidad de la penetración depende de las medidas, como altura y de la combinación de las propiedades del material a prueba, está determinada por una combinación de propiedades reológicas (Rosenthal, 1999).

#### 4.6.3. Creep.

Se impone un esfuerzo al tiempo cero y después se mantiene constante durante la prueba, describiendo el comportamiento de creep. La curva resultante muestra la deformación como función del tiempo. Los experimentos de creep van acompañados por una prueba de recuperación o relajación (Konstance y Holsinger, 1992).

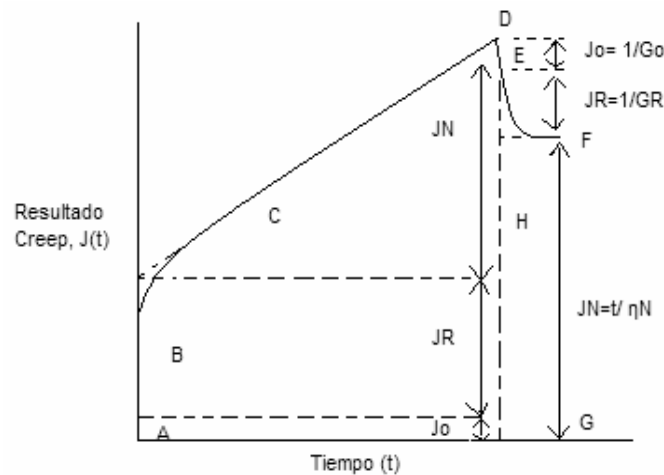


Figura 1. Curva característica de la prueba de Creep (Rao, 1999).

Una curva típica de creep puede dividirse en 3 regiones principales (Sherman, 1970), como se describe a continuación:

1. Una región de respuesta (A-B)  $J_0$ , en donde los enlaces entre las diferentes unidades de estructuras son estiradas elásticamente. En esta región, si el estrés es removido, la estructura de la muestra se recuperara completamente. La respuesta esta relacionado con el modelo siguiente:

$$J_0 = 1/G_0$$

$G_0$  = modelo elástico instantáneo.

2. La región B-C corresponde al tiempo retardado de la región elástica con una respuesta  $J_R$ . En esta región los enlaces se rompen y reforman, pero no al mismo tiempo. La ecuación para esta parte es:

$$J_R = J_m [1 - \exp(-t/\tau_m)]$$

$J_m$  = es la media de la respuesta de todos los enlaces.

$\tau_m$  = es la media del tiempo de retardo.

3. La región C-D es región linear de respuesta Newtoniana, donde las unidades como resultado de la ruptura de los enlaces fluyen una tras otra. La respuesta  $J_N$  y la viscosidad están relacionadas por:

$$J_N = t / \eta_N$$

Las curvas de creep y relajación contienen toda la información del comportamiento reológico de la muestra bajo la influencia de un esfuerzo particular (Fox, 1987).

#### 4.6.4. Relajación.

La prueba de relajación se describe como la habilidad de un queso para reducir un estrés impuesto en determinado tiempo en una constante deformación. En cuerpos elásticos, toda la energía se invierte en la deformación y no hay relajación (Konstance y Holsinger, 1992).

En las pruebas de relajación del esfuerzo la muestra recibe una deformación instantánea y se observa la fuerza necesaria para mantener esa deformación. Los materiales viscoelásticos se van a relajar gradualmente donde el punto final depende de la estructura molecular del material utilizado en la prueba (Tay, 1998).

En esta prueba el material se encuentra sujeto a cierta fuerza. Para líquidos,  $\sigma$  será finito durante la deformación y será cero para  $t$ , para materiales elásticos  $\sigma$  permanece constante con el tiempo, sin embargo para otros materiales sólidos,  $\sigma$  inicialmente disminuye rápido y después gradualmente,  $\sigma$  puede acercarse a cero o algún valor limitado.

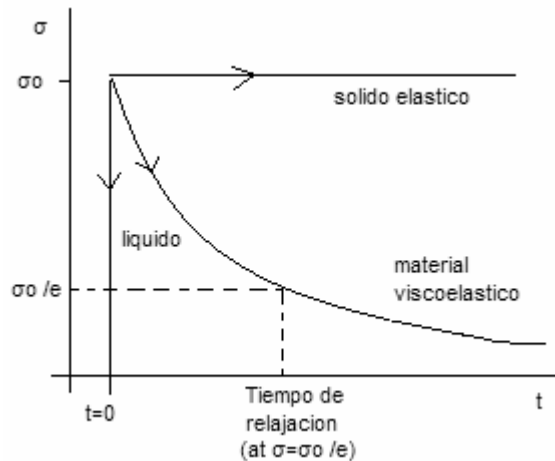


Figura 2. Curva característica de la prueba de relajación (Rosenthal, 1999)

Lo importante de la curva de relajación es la parte donde después de sufrir la deformación, se relaja, es en donde el queso trata de recuperar su forma original, esta deformación es irreversible, pero si los valores altos muestran que su deformación no fue tan severa, regresa casi a su “estado original” (Rosenthal, 1999).

#### 4.6.5. TPA.

Un grupo de expertos del Centro Técnico de la Corporación de General Foods, impulsó una prueba que se llama Análisis del Perfil de Textura (Texture Profile Analysis) o TPA. Consiste en el registro de los datos de Fuerza contra Tiempo, de una prueba de doble compresión, la cual simula un proceso de masticación, a partir de la curva obtenida se tienen los parámetros de textura definidos por Szczesniak (1975).

- Dureza: Fuerza necesaria para lograr una deformación dada.
- Cohesividad: Fuerza de interacción que tienen los enlaces internos que forman el cuerpo del producto.
- Viscosidad: Relación del flujo por unidad de fuerza.
- Elasticidad: Relación de recuperación de la deformación después de retirar la fuerza.
- Adhesividad: Fuerza necesaria para vencer las fuerzas de atracción que existen entre la superficie de un alimento y la superficie de otro material con el que está en contacto.
- Fragilidad: Fuerza necesaria para que un material se fracture.
- Masticabilidad: Energía necesaria para masticar un alimento a un estado listo para deglutirlo.
- Gomosidad: Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado listo para deglutirlo.

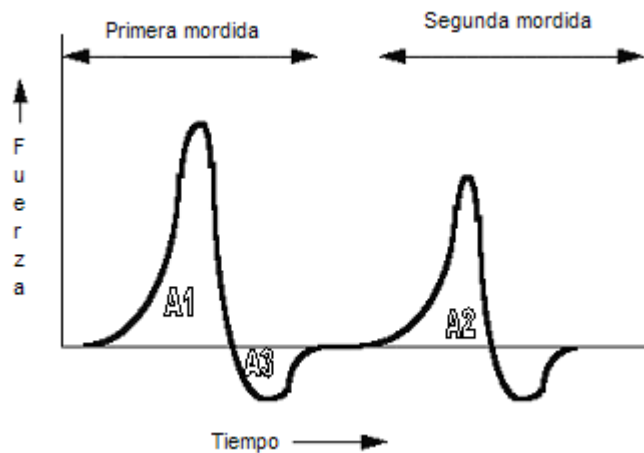


Figura 3. Curva característica de TPA (Bourne, 1982).

De la figura 3 (fuerza contra tiempo), se obtienen los parámetros texturales, para lo cual la curva se debe analizar de izquierda a derecha. El primer y segundo pico simulan la

primera y segunda masticadas durante el proceso de masticación. La altura del primer pico (A1) es el máximo en fuerza desarrollada y representa la dureza de la muestra. Si el alimento es pegajoso o adhesivo, entonces la fuerza disminuye por abajo del eje, el área A3 es una medida de la adhesividad. Cuando ocurre la segunda compresión, se genera un pico A2 de menor altura que A1, esto se debe a que la estructura interna fue destruida durante la primera compresión. También el segundo pico negativo es menor que A3. La cohesividad se define como la relación de A2/A1. La gomosidad esta dada por el producto de la dureza y cohesividad. La masticabilidad se saca multiplicando la dureza por la cohesividad y por la elasticidad. La fracturabilidad es el primer pico de la primera compresión. La elasticidad se refiere al grado con el que el producto empuja en contra de los molares (recobra su forma) durante la masticación (Cherl-Ho et al., 1978). Para obtener la elasticidad se realiza una segunda prueba en la cual se emplea material inelástico, como el barro. La distancia a lo largo de la línea base desde la primera compresión se mide tanto para el alimento como para el barro. B es la distancia recorrida para el alimento y C para el barro, la elasticidad esta dada por C-B (Szczesniak, 1975).