

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL
"MADURACIÓN ACELERADA DE QUESOS"**

MONOGRAFÍA

Presentada por:

LIZBETH GUZMÁN MEJÍA

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

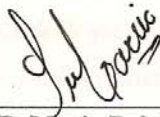
APROBADA



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Presidente



Q.F.B. Carmen Perez Martinez
Vocal



Q.F.B. Maria Del Carmen Julia Garcia

Vocal Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Ing. José Rodolfo Peña Oranday
Coordinador de la División de Ciencia Animal



BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MÉXICO. AGOSTO DE 2009 COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- LA LECHE DE VACA.....	3
2.1 Generalidades.....	3
2.2 Composición de la leche.....	4
Composición media de la leche de vaca.....	4
Criterios de calidad.....	4
Calidad física.....	4
Calidad química.....	4
Calidad bacteriológica.....	4
Otros criterios.....	4
2.3 Animales productores de leche.....	5
2.4 Características físicas y químicas.....	5
Aspecto.....	6
Olor.....	6
Sabor.....	6
Densidad.....	6
pH de la leche.....	6
Acidez de la leche.....	7

Viscosidad.....	7
Punto de congelación.....	7
Punto de ebullición.....	7
Calor específico.....	7
2.5 Propiedades nutricionales.....	8
2.6 Procesos industriales.....	8
Desnatada o descremada.....	9
Homogenización.....	9
Pasteurización o pasterización.....	9
UHT (Ultra alta temperatura).....	9
2.7 Diferentes tipos de presentación de la leche en el mercado.....	9
Leche entera.....	10
Leche descremada o desnatada.....	10
Semidesnatada o semidescremada.....	10
Saborizada.....	10
En polvo.....	10
Condensada, concentrada o evaporada.....	10
Enriquecidas.....	10
Deslactosada.....	10
III.- QUESO.....	11
3.1 Clasificación general de los tipos de queso.....	12
A) Quesos frescos.....	12
B) Quesos curados o madurados	12
Quesos de pasta blanda.....	12
Quesos con corteza enmohecida.....	12
Quesos con corteza lavada.....	13
Quesos de pasta veteada.....	13
Quesos de pasta prensada.....	13
Quesos de pasta prensada no cocida.....	13
Quesos de pasta prensada cocida.....	13
C) Quesos fundidos o de 2da mano.....	13
3.2 Clasificación en base a proceso de curación y prensado.....	13
Quesos frescos.....	13

Quesos blandos.....	13
Quesos semiduros.....	14
Quesos duros.....	14
3.3 Clasificación en base al origen de la leche.....	14
3.4 Clasificación en base al método de coagulación o tipo de cuajo.....	14
Con cuajo tradicional.....	14
Con cuajo vegetal.....	14
Con cuajo microbiano.....	14
Con mezclas de los distintos tipos.....	14
3.5 Clasificación en base al contenido de humedad.....	15
3.6 Clasificación en base al contenido graso.....	15
3.7 Clasificación en base a la textura.....	15
3.8 Tipos de microorganismos que crecen en la corteza.....	16
Quesos veteados de pasta azul.....	16
Quesos de moho blanco.....	16
Quesos de corteza enmohecida.....	16
Quesos madurados por adición de cultivos lácticos.....	16
3.9 Clasificación en base al país de origen.....	16
Quesos franceses.....	16
Quesos suizos.....	16
Quesos holandeses.....	16
Quesos alemanes.....	16
Quesos daneses.....	16
Quesos italianos.....	16
Quesos ingleses.....	16
Quesos estadounidenses.....	16
Quesos españoles.....	16
IV.- MADURACIÓN DE QUESOS.....	17
4.1 Los cambios químicos responsables de la maduración son.....	17
Fermentación o glucólisis.....	17
Proteólisis.....	17
Lipólisis.....	17

La leche.....	18
El cuajo o agente coagulante.....	18
La flora microbiana.....	18
4.3 Factores físico químicos que participan en la maduración.....	18
Aireación.....	18
Humedad.....	18
Temperatura.....	19
Contenido de sal.....	19
pH.....	19
4.4 Sistemas de maduración del queso.....	19
Los quesos duros.....	19
Los quesos blandos.....	19
Un sistema intermedio.....	20
V.- CUAJOS Y SU ACCIÓN EN MADURACIÓN DE QUESOS.....	21
Proteólisis limitada.....	21
La precipitación isoelectrica.....	21
Un aumento en el calor del ácido.....	21
5.1 Sustitutos de cuajo.....	22
5.2 Facturas que afectan la hidrólisis de la k-caseína.....	24
pH.....	24
Fuerza iónica.....	25
Temperatura.....	25
Grado de glicosilación.....	25
Tratamiento de calentamiento de la leche.....	25
Fase secundaria (no enzimática) de la coagulación.....	26
5.3 Efecto de la precoagulación de leche en coagulación por cuajo.....	27
5.4 Proteólisis durante la maduración.....	28
Significancia de la proteólisis.....	29
Agentes proteolíticos en el queso.....	29
Significancia de proteólisis coagulante secundaria.....	31

VI.- MADURACIÓN ACELERADA DE QUESOS.....	33
6.1 Consideraciones generales.....	33
6.2 El uso de enzimas exógenas para acelerar el madurado del queso.....	35
Adición de enzimas.....	35
6.3 Efecto de adición de enzimas en el madurado de quesos.....	36
6.4 Pretratamiento de leche para queso con β - galactosidasa.....	41
6.5 Uso de iniciadores modificados para maduración acelerada de quesos.....	43
6.6 Células tratadas con lisosimas.....	44
6.7 Células tratadas con solventes.....	46
6.8 Tensiones mutantes.....	46
6.9 Alta presión hidrostática.....	46
6.10 Maduración acelerada con mezclas de cuajada de cheddar.....	48
Maduración con pastas de queso (Cheese slurries).....	49
Variaciones de la adición rutinaria de iniciadores.....	49
VII.- CONCLUSIONES.....	51
VIII.- BIBLIOGRAFIA.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de queso.....

I.- INTRODUCCIÓN

Los quesos son una forma de conservación de los dos componentes insolubles de la leche: la caseína y la materia grasa los cuales; se obtienen por la coagulación de la leche seguida del desuerado, en el curso del cual el lacto suero se separa de la cuajada. La definición legal del queso precisa que “el producto puede o no estar fermentado”, de hecho experimenta por lo menos una fermentación láctica (Alais, 1970).

La manufactura del queso es uno de los métodos más primitivo para la preservación de la leche, y cuando el curado está envuelto, varios cambios son observados, estos incluyen pérdidas de humedad, proteólisis, descarboxilación, lipólisis y muchas reacciones bioquímicas más relacionadas a el sabor y cambios de textura (Kosikowski y Mocquot 1977; Schmith et al. 1076; Federación Internacional de (Laitere) 1981; Goouda et al. 1983).

Cuando son agregados los iniciadores que pasan del grupo de microorganismos modificados se incluye tanto a los que han sido sometidos a tratamientos físicos o químicos para alterar algunas de sus funciones celulares (atenuados) como a aquellos otros modificados genéticamente con el fin de incrementar o disminuir algunas de sus actividades enzimáticas.

La medida de la proteólisis del queso ha sido relacionada al contenido de amonio, que puede ser medido por diferentes métodos. Estos incluyen nihidrina (Schonberg y Singer 1978) ácido trinitrobenzensufónico (TNBS) (Clegg et al. 1982), reactivo de Nelsner (Mrowetz 1979), reactivo Carrez (Behringer y Klostermeyer 1981), o por titulación directa con HCl (Clegg et al. 1982), estudios más recientes ha hecho propuestas para medir el contenido de amonio en diferentes alimentos directamente a través de un electrodo con ion específico (Orion Research Inc.1976; Valle-Vega et al. 1980; Lampo et al. 1982).

El cambio en la fabricación del queso es continuo. La adopción de nuevos métodos en su producción frecuentemente tiene problemas con la textura. Por ejemplo, la renina proveniente de microorganismos presenta diferencias en sus porcentajes de proteólisis, los cuales afectan en la textura final. La adición de otras enzimas para acelerar la maduración tiene efectos adversos en el producto final. La incorporación de proteínas de suero reduce el efecto de la caseína contenida. Se han utilizado nuevas tecnologías por ejemplo: enzimas, colorantes, sabores para lograr las necesidades que el consumidor pide. (Jack et al., 1992).

En estos días las industrias tienen facilidades de mejorar en equipo, calidad y volumen de producción. La inmovilización de enzimas, es usada en varias industrias, haciendo más útil el tratamiento de leche para la fabricación de queso (por coagulación y madurez acelerada).

Un inconveniente en la elaboración de queso es el bajo rendimiento que se obtiene, siendo este alrededor del 10% mediante un método tradicional, situación que repercute en un incremento considerable en sus costos (Kosikowski, 1982).

A la gente le gusta el queso por su sabor, textura y porque es compatible con muchos platillos. Existen varios tipos de quesos, clasificados en cinco grupos: quesos frescos y maduros, quesos suaves y suaves maduros, quesos naturales duros y semiduros, quesos más duros y quesos con especias y sabores. Los quesos frescos son muy ricos por si solos, untados sobre pan o ensaladas y mezclados con vegetales. Los más populares en esta categoría son el queso fresco, el requesón y el ricotta. Los quesos suaves y suaves maduros son productos que han sido añejados hasta diferentes grados. Los quesos duros incluyen una gran variedad de texturas, desde semifirmes hasta muy firmes. El Jack y el cheddar son los más populares en esta categoría. Por lo general el cheddar es de un color anaranjado, y su sabor puede ser suave o fuerte. Los quesos duros son otra categoría, también conocida como quesos para rallar. El parmesano es el más conocido, a demás del romano o el queso cotija. Por último, la categoría de queso con especias y sabores está conformada generalmente por los productos como el Jack, cheddar, Feta y Brie, a los que se les ha incluido chile jalapeño, cebolla, pimienta negra y tomates secos al sol, entre otros (Alais, 1970).

Recientemente, han aparecido en el mercado quesos suaves, ya sea que incluyan especias o no, en su fabricación se emplean mezclas de leche de vaca y de cabra. Pero a pesar de su presencia en el mercado que satisface los gustos del consumidor, la información existente sobre este tipo de quesos es limitada, y por otro lado, sus características de untabilidad dejan mucho que desear.

PALABRAS CLAVES: Composición de la leche, composición de quesos, tipos de quesos, maduración en quesos, tipos de maduración acelerada en quesos

II.- LA LECHE DE VACA

2.1 Generalidades

La leche es un líquido nutritivo de color blanquecino, producido por las hembras de los mamíferos (incluidos los monotremas). Esta capacidad de las hembras es una de las características que definen a los mamíferos. La principal función de la leche es la de alimentar a los hijos hasta que sean capaces de digerir otros alimentos: es el único alimento de las crías de los mamíferos (del niño de pecho en el caso de los seres humanos) hasta el destete.

La leche de los mamíferos domésticos es un producto de consumo corriente en la inmensa mayoría de las civilizaciones humanas: leche de vaca principalmente, pero también de oveja, cabra, de yegua, de camella, de dromedaria, etc.

La leche es la base de numerosos productos lácteos, como la mantequilla, el queso, crema, yogurt o también es utilizada en las industria agroalimentarias, químicas y farmacéuticas por ejemplo: leche concentrada, leche en polvo, caseína o lactosa. La leche de vaca se utiliza también en la alimentación animal. La leche está compuesta principalmente por agua, materia grasa, proteínas, hidratos de carbono (lactosa) y calcio.

En la mayoría de los países, el término "leche" sin otra precisión, designa la leche de vaca. Para la leche de otras especies, es normal precisar cuál. Llamamos también leche al jugo de ciertas plantas o frutos: leche de coco, leche de soja, leche de arroz, o leche de almendra.

La leche de los mamíferos marinos, tales como las focas o las ballenas, es mucho más rica en grasas y nutrientes que la de los mamíferos terrestres. La leche es producida por las células secretoras de las glándulas mamarias o ubres (llamadas "pecho" en el caso de la mujer y "ubres" en los mamíferos domésticos). La leche secretada en los primeros días después del parto se llama el calostro.

2.2 Composición de la leche

La leche es un líquido complejo, compuesto principalmente de agua y de 4 tipos de constituyentes importantes, cuya proporción varía en función de la especie y la raza.

87.5% Agua, 4.5% carbohidratos, 4% lípidos, 3% proteínas, 1% sales minerales.

Composición media de la leche de vaca

- ❖ Carbohidratos: esencialmente la lactosa (glucosa y galactosa)
- ❖ Lípidos: principalmente grasas ordinarias (triglicéridos)
- ❖ Proteínas: como las caseínas, albúminas y globulinas
- ❖ Sales minerales: nitratos, sulfatos, carbonatos y fosfatos
- ❖ Minerales: calcio, sodio potasio, magnesio y hierro
- ❖ Enzimas: fosfatasa, catalasa, xantinoxidasa, reductasa, peroxidasa y lipasa
- ❖ Vitaminas: vitamina A, vitamina D, vitamina B1 y vitamina B2.

La leche desde la explotación lechera que la produce, hasta la fábrica que la transforma, debe ser objeto de un cuidado exquisito para conservar sus cualidades.

Criterios de calidad:

La calidad de la leche colectada en la granja puede analizarse siguiendo los criterios siguientes:

- **Calidad física:** La leche no debe presentar ninguna impureza.
- **Calidad química:** Contenido de materia grasa y de proteínas.
- **Calidad bacteriológica:** Contaje de la flora total aerobia mesófila. Ésta debe ser lo más escasa posible.

Otros criterios:

- Contaje de las células (leucocitos: indicadores de mastitis)
- Contaje de las esporas butírico nefastas para la transformación quesera

- Índice de lipólisis (degradación de la materia grasa)
- Ausencia de inhibidores (antisépticos y antibióticos)
- Ausencia de aguado (añadido de agua)
- Ausencia de gérmenes, particularmente los patógenos (Brucella, Listeria...)

2.3 Animales productores de leche

Además de la vaca, producimos productos lácteos con la leche de las hembras de los animales siguientes: oveja, cabra, yegua, burra, camella, búfalo, reno, alce.

La leche de asna y de yegua son las que contienen menos materia grasa, mientras que la de foca contiene más de 50%.

La leche de origen humano no es producida ni distribuida a escala industrial. Existen sin embargo unos bancos de leche que recogen las donaciones de leche materna y la distribuyen para los niños que lo necesitan (prematuros, alérgicos).

2.4 Características físicas y químicas

La leche es un líquido blanco mate y ligeramente viscoso, donde la composición y las características físico-químicas varían sensiblemente según las especies animales, y hasta según las razas. Estas características también varían en el curso del período de lactación, así como en el curso de su tratamiento.

La leche de vaca tiene una densidad media de 1,032 g/l. Es una mezcla muy compleja y muy inestable. Contiene una proporción importante de agua, cerca del 87%.

El resto constituye el extracto seco que representa 130g por litro, entre los que está 35 a 45g de materia grasa. Otros componentes principales son los glúcidos lactosa, las proteínas, y los lípidos. Los componentes orgánicos (glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas), los componentes minerales (Ca, Na, K, Mg, Cl) y el agua. La leche contiene diferentes grupos de nutrientes.

Las sustancias orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas) están presentes en cantidades más o menos iguales y constituyen la principal fuente de energía. Estos nutrientes se reparten en elementos constructores, las proteínas y en elementos energéticos, los glúcidos y los lípidos.

La leche contiene también elementos funcionales, iones minerales (Ca, P, K, Na, Mg), vitaminas y agua.

Aspecto:

La leche fresca es de color blanco aporcelanada, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La leche descremada o muy pobre en contenido graso presenta un color blanco con ligero tono azulado.

Olor:

Cuando la leche es fresca casi no tiene un olor característico, pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se la guarda; una pequeña acidificación le da un olor especial al igual que ciertos contaminantes.

Sabor:

La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, debido a su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas.

En el plano físico, la leche es a la vez una solución (lactosa, sales minerales), una suspensión (materias nitrogenadas) y una emulsión (materias grasas).

Densidad:

La densidad de la leche puede fluctuar entre 1.028 a 1.034 g/cm³ a una temperatura de 15°C; su variación con la temperatura es 0.0002 g/cm³ por cada grado de temperatura.

La densidad mencionada (entre 1.028 y 1.034 g/cm³) es para una leche entera, pues la leche descremada está por encima de esos valores (alrededor de 1.036 g/cm³), mientras que una leche aguada tendrá valores menores de 1.028 g/cm³.

pH de la leche:

Su pH es ligeramente ácido (pH comprendido entre 6,6 y 6,8).

Valores distintos de pH se producen por deficiente estado sanitario de la glándula mamaria, por la cantidad de CO₂ disuelto; por el desarrollo de microorganismos, que desdoblan o convierten la lactosa en ácido láctico; o por la acción de microorganismos alcalinizantes.

Acidez de la leche:

Una leche fresca posee una acidez de 0.15 a 0.16%. Esta acidez se debe en un 40% a la forma anfoterica, otro 40% al aporte de la acidez de las sustancias minerales, CO₂ disuelto y acidez orgánicos; el 20% restante se debe a las reacciones secundarias de los fosfatos presentes.

Una acidez menor al 15% puede ser debido a la mastitis, al aguado de la leche o bien por la alteración provocada con algún producto alcalinizante.

Una acidez superior al 16% es producida por la acción de contaminantes microbiológicos. (La acidez de la leche puede determinarse por titulación con NaOH 10N o 9N).

Viscosidad:

La leche natural, fresca, es más viscosa que el agua, tiene valores entre 1.7 a 2.2 centi poise para la leche entera, mientras que una leche descremada tiene una viscosidad de alrededor de 1.2 cp.

La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura hasta alrededor de los 70°C, por encima de esta temperatura aumenta su valor.

Punto de congelación:

El valor promedio es de -0.54°C (varia entre -0.513 y -0.565°C). Como se aprecia es menor a la del agua, y es consecuencia de la presencia de las sales minerales y de la lactosa.

Punto de ebullición:

La temperatura de ebullición es de 100.17°C.

Calor específico:

La leche completa tiene un valor de 0.93 - 0.94 cal/g°C, la leche descremada 0.94 a 0.96 cal/g°C.

También es un medio biológico: contiene células sanguíneas y mamarias (hasta 30 000 por ml) y microbios (hasta 50 000 por ml).

2.5 Propiedades nutricionales

Su diversificada composición, en la que entran grasas (rica en ácidos grasos saturados, los triglicéridos), proteínas, (caseína, albúmina) y carbohidratos (lactosa, azúcar específica de la leche), la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca es una importante fuente de vitaminas (vitaminas A, B, D₃, E). La vitamina D es la que fija el fosfato de calcio a los dientes y huesos, por lo que se hace especialmente recomendable a los niños.

La leche posee un ácido grado insaturado (ácido linoleico conjugado) del cual se ha demostrado que inhibe varios tipos de cáncer en pruebas con ratones, y también ha eliminado cánceres de piel en humanos en estudios realizados in vitro. También podría ayudar a disminuir el colesterol y prevenir la arteriosclerosis. Estos ácidos grasos benéficos se encuentran en mayor cantidad en leches de vacas alimentadas con pasturas.

Un vaso de 250 ml aporta la cantidad diaria recomendada de:

- Calcio 44%, Vitamina A 20%, Vitamina D 50%

El calostro es un líquido de color amarillento, rico en proteínas y anticuerpos, indispensables para la inmunización del recién nacido.

2.6 Procesos industriales

La leche cruda no es apta para su comercialización y consumo, puesto que es susceptible de contaminarse con gran facilidad, por eso, una leche con garantías de salubridad debe haber sido ordeñada, ininterrumpidamente, con métodos modernos de succión en los cuales no hay contacto físico con la leche. Después de su ordeño ha de enfriarse y almacenarse en tanque de leche hasta su transporte en cisternas isotermas hasta las plantas de procesado. En dichas plantas, ha de analizarse la leche antes de su descarga para ver que esta cumple con unas características óptimas para su consumo.

Entre los análisis, están los fisicoquímicos para ver su composición en grasa y extracto seco, entre otros parámetros, para detectar los posibles fraudes por adición de agua, los organolépticos, para detectar sabores extraños y los bacteriológicos, que detectan las bacterias patógenas y la presencia de antibióticos. Los antibióticos pasan a la leche

procedentes de la vaca en tratamiento veterinario y a su vez pasan al consumidor. La leche que no cumple con los requisitos de calidad, debe ser rechazada.

Una vez comprobado su estado óptimo, es almacenada en silos y dispuesta para su envasado comercial.

Previo a su envasado, la leche sufre diferentes procesos físico-térmicos según su destino. Estos son, entre otros, los más importantes:

- **Desnatado o descremado:** es un proceso físico que consiste en la separación por centrifugado de la materia grasa del resto de la leche, quedando por un lado la nata o crema y por otro la leche descremada o desnatada.
- **Homogenización:** es un proceso físico destinado a romper el glóbulo graso en suspensión, en minúsculas partículas de grasa. De esta manera, la grasa no tenderá a subir a la superficie del líquido y quedará dispersa por todo él.
- **Pasteurización o pasterización:** es un proceso térmico débil destinado a provocar la muerte de los organismos patógenos o inocuos. La pasterización moderna consiste en calentar la leche a 80 °C/30 s. Este calentamiento debe ser seguido de un rápido enfriamiento a 4 °C. Esta pasterización garantiza la práctica destrucción de todos los gérmenes y no altera sensiblemente su sabor.
- **UHT (Ultra Alta Temperatura):** es un proceso térmico que consiste en exponer la leche durante un corto lapso de tiempo a una temperatura que oscila entre 135 y 140 °C y seguido de un rápido enfriamiento. Esto se hace de una forma continua y en un lugar cerrado que garantiza que el producto no se contamine. Este proceso no altera notablemente los sabores de la leche.

2.7 Diferentes tipos de presentación de la leche en el mercado

La presentación de la leche es variable, pues se acepta alterar sus propiedades para satisfacer preferencias de los consumidores. Una alteración muy frecuente es deshidratarla para facilitar su transporte y almacenaje. También es usual reducir el contenido de grasa, aumentar el contenido de calcio y agregar sabores.

Los requisitos que debe cumplir un producto para ubicarse en las diferentes categorías varían mucho de acuerdo a la definición de cada país:

- **Leche entera:** tiene un contenido en grasa superior al 3.2%
- **Leche descremada o desnatada:** contenido graso inferior al 0.3%
- **Semi desnatada o semi descremada:** con un contenido graso entre 1.5 y 1.8%
- **Saborizada:** es la leche azucarada o edulcorada a la que se le añaden sabores tales como fresa, cacao en polvo, canela, vainilla, etc. Normalmente son desnatadas o semi desnatadas.
- **En polvo:** a esta leche se le ha extraído casi totalmente el agua y se presenta en un polvo color crema. Para su consumo sólo hay que añadirle agua.
- **Condensada, concentrada o evaporada:** a esta leche se le ha extraído parcialmente el agua y se presenta mucho más espesa que la leche fluida normal. Puede tener azúcar añadido o no.
- **Enriquecidas:** son preparados lácteos a los que se le añade algún producto de valor nutritivo como vitaminas, calcio, fósforo, omega-3, soja, etc.
- **Deslactosada:** se somete a un proceso en el cual se transforma a lactosa en glucosa y galactosa para hacerla de mayor digestibilidad.

III.- EL QUESO

Aunque el verdadero origen del queso es desconocido, su existencia se menciona ya en los tiempos bíblicos, cuando se consumía en forma de "tajadas de leche" y, como requesón, en la época de Homero.

En la mayoría de las lenguas, la palabra queso deriva de la palabra caseína, del latín "caseus", cuyo significado origina de la raíz carere suerum y es (que carece de suero), y que le da el nombre al español queso.

Si bien es cierto que han transcurrido muchos siglos de elaboración artesanal de quesos hasta la moderna producción industrial, lo que no ha cambiado es el proceso básico de su elaboración: la leche, dejada durante cierto tiempo al aire libre, es contaminada por vías naturales, se coagula y fermenta. Las múltiples variedades de quesos con que se cuenta hoy se consiguen no sólo utilizando, como antaño, diferentes clases de leche -por ejemplo, de vaca, de oveja o de cabra y combinaciones de éstas- sino también manipulando la acción de los microbios con mayor conocimiento y precisión que antiguamente.

Pero también hay quesos que no se obtienen por fermentación sino por el simple sistema de prensado para extraerles el suero que contienen. Estos quesos son de bajo contenido graso y lo único que contiene es vitamina C.

El valor nutritivo de los quesos es incuestionable, pero se tiene hoy mayor conciencia de sus componentes y, en consecuencia, de los tipos y cantidades que conviene consumir para obtener una dieta sana y equilibrada. La cantidad de grasas varía según el tipo de leche con que haya sido elaborado, si se trata de leche entera o de leche parcial o completamente desnatada. Tampoco es alto el contenido de proteínas, pero sí lo es el de calorías, por lo cual su consumo suele excluirse de los regímenes de adelgazamiento y de las dietas especiales para combatir la obesidad. Otros componentes de los quesos son el calcio y el fósforo, en diferentes proporciones, estos nutrientes son apreciados para el buen funcionamiento orgánico. En la figura 1 se presenta el proceso general de elaboración de quesos.

Proceso de elaboración del queso

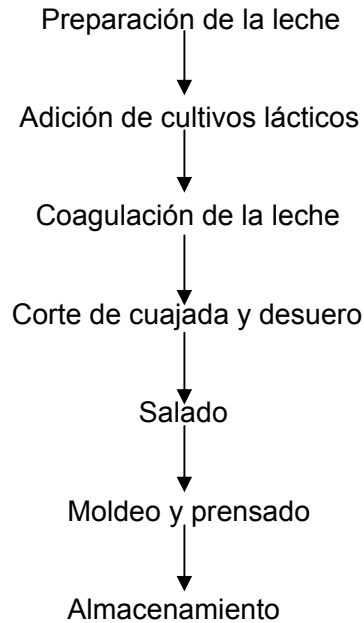


Fig. 1. Diagrama de quesos

3.1 Clasificación general de los tipos de queso.

Podemos clasificar el queso según diversos parámetros como son: quesos frescos, quesos curados o madurados y quesos fundidos o de segunda mano

A) Quesos frescos: Son los quesos listos para su consumo en cuanto termina el proceso de desuero y a veces salado. Ejemplos: Burgos y Villalón.

B) Quesos curados o madurados: Son los quesos que una vez que han adquirido las características de los frescos, siguen el proceso de maduración.

- **Quesos de pasta blanda:** su pasta es flexible y untable

- **Quesos con corteza enmohecida:** Su superficie está recubierta por mohos blancos. Ejemplos: brie, camembert.

- **Quesos con corteza lavada:** Su corteza se limpia varias veces durante su proceso de curación con un paño humedecido en salmuera. Su pasta es cremosa y su olor y color intensos. Su corteza es fina y de color naranja. Ejemplos: chaumes, munster.
- **Quesos de pasta vetada:** Durante su maduración, crecen en su interior mohos azules que forman vetas o cavernas de este color. Ejemplos: Cabrales, roquefort.
- **Quesos de pasta prensada:** Son los que después del proceso de cuajado sufren un prensado con pérdida de suero, por lo que su pasta es semidura o dura.
- **Quesos de pasta prensada no cocida:** En este grupo se encuentran la mayoría de los quesos españoles, representados perfectamente por el manchego o idiazábal.
- **Quesos de pasta prensada cocida:** La cuajada sufre un calentamiento a (45-50)°C. Su pasta queda muy consistente y con ojos regulares en su interior, más o menos abundantes según el tipo de queso. Ejemplos: emmenthal y gruyère.

C) Quesos fundidos o de 2ª mano: Estos quesos son los obtenidos por la reelaboración de productos primarios. Son una mezcla de varios quesos o incluso de uno solo. En ocasiones se añade leche en polvo, suero, nata o mantequilla, agua y siempre con sales fundentes. El empaste, sometido a un recalentamiento a (120-130°C), y a agitación, da una emulsión estable y homogénea. Dentro de este grupo, podemos encontrar: quesos fundidos en porciones o lonchas y quesos fundidos para untar, que en la actualidad se presentan con distintos ingredientes como especias, nueces, salmón, jamón...

3.2 Clasificación en base a proceso de curación y prensado

Quesos frescos: No sufren proceso de curación alguno. Generalmente no tienen corteza y apenas se prensan. Poseen un aroma característico y se alteran con facilidad por lo que es necesario mantenerlos en refrigeración y consumirlos en pocos días. Algunos quesos pertenecientes a este grupo son el queso fresco de Burgos, el Villalón, el queso fresco Gallego.

Quesos blandos: Estos quesos sufren un proceso de maduración que puede ir desde varias semanas a meses. La mayoría tienen una corteza de cierta consistencia y algunos quesos

pertenecientes a este grupo como el camembert no se prensan. Otros quesos pertenecientes a este grupo, además del camembert, son el brie, y el emmenthal.

Quesos semiduros: Este grupo abarca quesos de muy diversos tipos como son los de pasta azul (cabrales, roquefort, danablu), los de pasta amarilla y cremosa cuya corteza tiene cierta consistencia (tilsit, saint Paulin) y también una variedad de queso manchego.

Quesos duros: Estos quesos son sometidos a largos períodos de maduración, a veces superiores a un año, y sufren un proceso de prensado intenso. Dentro de este grupo podemos encontrar el queso manchego viejo o curado, el edam, el gruyère.

3.3 Clasificación en base al origen de la leche

Tenemos quesos:

- de leche de vaca
- de leche de oveja
- de leche de cabra
- o de mezclas de alguna o todas estas.

3.4 Clasificación en base al método de coagulación o tipo de cuajo

Distinguimos entre los quesos elaborados:

Con cuajo tradicional

Con cuajo vegetal (no es el más común, pero precisamente el empleo de este tipo de cuajo es la característica distintiva de algunos quesos como el que se elabora en Murcia a partir de un cuajo obtenido gracias a las flores de la alcachofa o el que se elabora en Cáceres gracias a las flores del cardo).

Con cuajo microbiano

Con mezclas de los distintos tipos...

3.5 Clasificación en base al contenido de humedad

- ❖ Son frescos los quesos con un contenido en humedad del (60-80%).
- ❖ Son quesos blandos si el contenido en humedad es del (55-57%).
- ❖ Son quesos semiduros cuando el queso posee un contenido en humedad del (42-55%).
- ❖ Son quesos duros si el contenido en humedad se reduce a un (20-40%).

3.6 Clasificación en base al contenido graso

- Un queso extragrasso contiene más del 60% de lípidos.
- Un queso graso tiene un contenido graso del (45-60%).
- Un queso semigraso oscila entre (25-45%) porcentaje de grasa.
- Un queso semidesnatado tiene un (10-25%) del contenido de grasa.
- Para que un queso sea considerado desnatado, su porcentaje graso debe ser inferior al 10%.

3.7 Clasificación en base a la textura

- Quesos con ojos redondeados (emmental, gruyère, gouda).
- Quesos con textura granular (manchego, tilsit).
- Quesos con textura cerrada (parmesano, algún manchego, cheddar).

3.8 Tipo de microorganismo que crece en la corteza

Quesos veteados de pasta azul. En ellos crece el *Penicillium* en toda la masa. Ejemplos de este tipo de quesos son el roquefort, cabrales y el gorgonzola...

Quesos de moho blanco. Los más representativos de este grupo son el camembert y el brie, ambos de origen francés.

Quesos de corteza enmohecida, como el Saint Pauline.

Quesos madurados por adición de cultivos lácticos. La mayoría de los quesos pertenecen a este grupo. Durante el proceso de elaboración se añade el cultivo láctico a la leche antes de que se produzca la coagulación de ésta.

3.9 Clasificación en base al país de origen

Actualmente, los quesos que han tenido una mayor aceptación por los consumidores y que tienen una amplia venta en el mercado (como el edam, el gouda o el camembert) son fabricados en todo el mundo, pero casi todos los quesos tienen un país de origen determinado. Veamos algunos ejemplos:

- **Quesos franceses:** roquefort, camembert, brie...
- **Quesos suizos:** emmenthal, gruyère...
- **Quesos holandeses:** edam, gouda...
- **Quesos alemanes:** munster, limburguer...
- **Quesos daneses:** danablu, elbo...
- **Quesos italianos:** mozzarella (una particularidad de este queso es que el auténtico está elaborado con leche de búfala), parmigliano, gorgonzola...
- **Quesos ingleses:** cheddar, derby (llamado de este modo en honor a la primera fábrica quesera de la que se tienen datos, creada en la localidad inglesa de Derby en el año 1870).
- **Quesos estadounidenses:** monterrey, american cheese (semejante al cheddar inglés)...
- **Quesos españoles:** tetilla, San Simón, Arzúa-Ulloa, Cabrales, quesucos de Liébana, mahón...

IV. MADURACIÓN DE QUESOS

Es la última fase de la fabricación del queso. La cuajada, antes de iniciarse la maduración, presenta una capacidad, volumen y forma ya determinadas. Suele ser ácida en razón de la presencia de ácido láctico. En el caso de los quesos frescos la fabricación se interrumpe en esta fase. Los demás tipos de queso sufren una maduración más o menos pronunciada, que es un fenómeno complejo y más conocido.

La maduración comprende una serie de cambios de las propiedades físicas y químicas adquiriendo el queso su aspecto, textura y consistencia, así como su aroma y sabor característicos.

4.1 Los cambios químicos responsables de la maduración son

Fermentación o glucólisis: la fermentación de la lactosa a ácido láctico, en pequeñas cantidades de ácido acético y propiónico, CO₂ y diacetilo, es realizada fundamentalmente por las bacterias lácticas. Comienza durante la coagulación y el desuerado y se prolonga hasta la desaparición casi completa de la lactosa. El ácido láctico procedente de la degradación de la lactosa no se acumula en la cuajada sino que sufre distintas transformaciones de naturaleza diversa. En quesos blandos madurados por mohos, es metabolizado por éstos. En queso tipo Gruyere se transforma en ácido propiónico, ácido acético y CO₂.

Proteólisis: es uno de los procesos más importantes de la maduración que no sólo interviene en el sabor, sino también en el aspecto y la textura. Como resultado de la proteólisis se acumulan una gran variedad de productos en el queso durante la maduración. Por otra parte, este proceso no es siempre uniforme en toda la masa del queso, pudiendo ser más intenso en la superficie que en el interior (por ejemplo, en quesos blandos madurados superficialmente).

Lipólisis: o hidrólisis de las grasas afecta a una pequeña proporción de éstas. Sin embargo, los ácidos grasos liberados y sus productos de transformación, aunque aparecen en pequeñas cantidades, influyen decididamente en el aroma y sabor del queso.

4.2 Agentes que participan en la maduración

Los agentes responsables de la transformación de la cuajada en su producto final son los enzimas procedentes de:

La leche: la leche contiene proteasas y lipasas, así como otros sistemas enzimáticos. Su papel en la maduración es limitado, ya que su concentración es baja y en algunos casos son termosensibles y presentan un pH óptimo de actividad alejado del pH de la cuajada.

El cuajo o agente coagulante: El cuajo es un enzima proteolítico que no sólo interviene en la formación del coágulo, sino también en su evolución posterior. Su participación dependerá de la tecnología de elaboración de cada variedad, según las diferentes variedades de cuajo utilizadas y retenidas en la cuajada.

La flora microbiana: Los microorganismos intervienen en la maduración liberando a la cuajada sus enzimas exocelulares, tras su lisis o ruptura, mediante sus enzimas extra celulares. La cuajada contendrá microorganismos procedentes de la leche, si se parte de la leche cruda, de los fermentos adicionados y otros que se desarrollen en la superficie y el interior. La flora microbiana se encuentra en constante evolución, sucediéndose distintos grupos microbianos a lo largo de la maduración del queso. La población microbiana de un queso es extremadamente densa, sobrepasando a menudo los $(10)^9$ microorganismos por gramo. El período de maduración puede comprender desde una o dos semanas hasta más de un año. Los quesos blandos, con un alto contenido en agua, sufren períodos cortos de maduración. Las condiciones físicas y químicas influirán sobre la actividad microbiana y enzimática, de la que depende esencialmente la maduración del queso.

4.3 Factores físico-químicos que participan en la maduración.

Aireación: El oxígeno condiciona el desarrollo de la flora microbiana aerobia o anaerobia facultativa. La aireación asegurará las necesidades de oxígeno de la flora superficial de los quesos. Mohos, levaduras, *Brevibacterium*, etc.

Humedad: Favorece el desarrollo microbiano. Las cuajadas con mayor contenido de humedad maduran rápidamente, mientras que en las muy desueradas el período de maduración se prolonga considerablemente.

Temperatura: Regula el desarrollo microbiano y la actividad de los enzimas. La temperatura óptima para el desarrollo de la flora superficial del queso es de 20-25°C; las bacterias lácticas mesófilas más rápidamente a 30-35°C, y las termófilas, a 40-45°C. La producción máxima de enzimas tiene lugar generalmente a una temperatura inferior a la óptima de desarrollo y la actividad de las enzimas, generalmente es máxima a 35-45°C. En la práctica industrial, la maduración se efectúa a temperaturas muy inferiores a las óptimas, generalmente comprendidas entre 4 y 20°C, según las variedades.

Contenido de sal: Regula la actividad de agua y, por lo tanto, la flora microbiana del queso. El contenido de cloruro sódico de los quesos es generalmente de un 2.25%, que referido a la fase acuosa en que está disuelto supone el 4-5%.

pH: Condiciona el desarrollo microbiano, siendo a su vez resultado de éste. Los valores del pH del queso oscilan entre 4.7 y 5.5 en la mayoría de los quesos, y desde 4.9 hasta más de 7 en quesos madurados por mohos.

Las primeras fases de fabricación determinan la velocidad de producción de acidez hasta la adición de cloruro sódico, que junto a la pérdida de lactosa, determina el pH más bajo del queso. Posteriormente, la actividad de bacterias y mohos origina la degradación de los componentes de la cuajada a compuestos neutros o alcalinos que elevan el pH, cuyos niveles máximos se registran cuando la actividad proteolítica es muy fuerte.

4.4 Sistemas de maduración del queso

Básicamente, pueden distinguirse dos sistemas de maduración:

Los quesos duros: maduran en condiciones que eviten el crecimiento superficial de microorganismos y disminuyan la actividad de los microorganismos y enzimas del interior.

La maduración ha de ser un proceso lento y uniforme en toda la masa del queso, no debe afectar el tamaño.

Los quesos blandos: se mantienen en condiciones que favorezcan el crecimiento de microorganismos en la superficie, tanto mohos (*Penicillium camemberti* en queso Camembert), como bacterias (*Brevibacterium linens* en queso Limburger).

Las enzimas producidas por estos microorganismos se difundirán hacia el interior del queso, progresando la maduración en esta dirección. La forma plana y el tamaño relativamente pequeño de estos quesos favorecerán dicho proceso.

Un sistema intermedio: sería el utilizado en los quesos madurados internamente por mohos (quesos azules). Al inicio, los microorganismos y sus enzimas son responsables de cambios en el interior del queso.

Posteriormente se favorece la penetración de aire al interior del queso, introduciéndose, de forma natural o mediante inoculación, mohos como *Penicillium roqueforti*, responsable del sabor y aspecto característicos de estos quesos.

Generalmente, el tamaño y forma del queso están ligados al tipo de maduración que experimenta y a las condiciones de temperatura y humedad a las que se mantiene. Los quesos duros maduran lentamente, de varios meses hasta un año, a temperaturas de 4-14°C y humedad relativa baja (86-88%) para evitar el desarrollo de mohos, pero suficiente para impedir una evaporación excesiva.

Algunas variedades se revisten de parafina, emulsiones plásticas o películas especiales que excluyan el aire, con lo que se impide el crecimiento de los mohos y la pérdida de humedad.

Cuando se requiere el desarrollo superficial de microorganismos, se aumenta la superficie en relación con la masa del queso, se sala en seco con el fin de controlar la flora y se madura a 15-20°C y humedad relativa del 90-95%.

Estas condiciones tiene lugar a una sucesión de microorganismos idónea, consistente en levaduras y mohos halotolerantes que utilizan el ácido láctico, neutralizando la pasta y permitiendo el desarrollo posterior de bacterias (por ejemplo, *Brevibacterium linens*) y mohos.

V. CUAJOS Y SU ACCIÓN EN LA MADURACIÓN DE QUESOS.

La función primaria de cuajos es específicamente hidrolizar el componente micela-estable de la caseína, *k*-caseína, con el mínimo de proteólisis general (el cual reduce el rendimiento del queso). La fuerza del gel y consecuentemente el rendimiento del queso, es influenciado por la acción del cuajo. El cuajo retenido en la cuajada juega un rol clave en la maduración de los quesos bajo/medio-cocinados.

Proteólisis general por cuajos es primariamente responsable por los cambios de textura durante la maduración y los péptidos largos resultantes son hidrolizados por bacterias proteinasas, péptidasas y los péptidos pequeños y aminoácidos que contribuyen al sabor del queso, el catabolismo de los aminoácidos permite la formación de varios productos sápidos. La proteólisis es importante para la liberación de estos compuestos durante la masticación.

La manufactura de la mayoría de las variedades esencialmente envuelve la concentración de caseína y grasa de la leche. De 6 a 12 pliegues, dependiendo de la variedad. La concentración se logra coagulando el principal grupo de proteínas de la leche, la caseína, por uno de los siguientes métodos:

1.-Proteolisis limitada por una proteinasa primitiva (cuajo) este método es empleado en la amplia mayoría de las maduraciones y algunos quesos frescos.

2.-La precipitación isoeléctrica aprox. pH 4.6 usado principalmente para quesos frescos, usualmente por producción in situ de ácido láctico por un cultivo iniciador y menos frecuente por acidificación directa con ácido HCl, o ácido hidrogenado.

3.-Un aumento en el calor del ácido ejemplo: acidificación a aproximadamente pH 5.2 con suero ácido láctico, jugos cítricos, vinagre, o ácido acético a 80-90°C, ejemplo: Ricotta, queso blanco.

Si se presenta lo anterior, la grasa de la leche es atrapada en el coágulo. Recientes desarrollos en ultrafiltración permite la concentración de la fase coloidal total de la leche al nivel presente en queso, ejemplo: el prequeso.

Los coágulos y los iniciadores son agregados al concentrado para modificar la textura e iniciar el desarrollo del sabor. La ultrafiltración es ahora usada comercialmente para algunas variedades de queso, especialmente los tipos feta.

El rol primario de los cuajos es inducir la coagulación de la caseína pero también, juega probablemente un rol clave y esencial, durante la maduración del queso.

Ha sido conocido de forma general desde el trabajo de Hammersten en 1880 que la coagulación del cuajo de la leche envuelve a la proteólisis con la formación de paracaseína y nitrógeno no proteolizado. Ahora es conocido que la coagulación es un proceso de dos etapas, la primera (fase primaria) envuelve la producción enzimática de para-caseína y TCA-péptidos solubles glicomacropéptidos, la fase secundaria envuelve la precipitación o la gelatinización de para- caseína por el Ca^{+2} a temperaturas mayores a los 20°C. La etapa proteolítica esta esencialmente completa antes del comienzo de la coagulación.

Las dos etapas, especialmente la fase primaria, son ahora claramente entendidas a un nivel molecular. Antes de describir un panorama general de la coagulación de los cuajos una breve revisión del sistema de proteínas de la leche parece apropiado.

5.1 Sustitutos de cuajo

La mayoría de las proteinasas coagulan la leche bajo aceptables condiciones, pero la mayoría son muy proteolíticas, esto es relativo a la actividad coagulante de la leche; consecuentemente, hidrolizan el coagulo rápidamente ocasionando rendimiento reducido del queso y/o queso defectuoso con una tendencia al sabor amargo. Aunque las proteinasas de las plantas parecieran haber sido usadas como cuajos desde tiempos prehispánicos, proteinasas gástricas de terneras o borregos lactantes han sido usadas tradicionalmente como cuajos. Debido a un incremento en la producción mundial de quesos (aproximadamente 4%PA arriba de los anteriores 20 años), concomitante con un reducido abastecimiento de cuajo de ternero (un decremento en el número de terneros y una tendencia a matar becerros más maduros), el abastecimiento de estas enzimas han sido

inadecuadas por muchos años. Esto ha permitido que el precio se incremente para los cuajos de ternero y buscar sustitutos de cuajos.

A pesar de la disponibilidad de numerosos coagulantes de leche potencialmente usadas, solo seis sustitutos de coágulos se han encontrado como más o menos aceptables para una o más variedades de queso: pepsinas bovinas, pepsinas de pollo y las proteinasas acidas de *Mucor miehei*, *M. pusillus* y *Endothia parasítica*.

La pepsina de pollo es la menos sustituible de estas y es usada generalmente en Israel y a un menor uso en Checoslovaquia.

La pepsina bovina es probablemente la más satisfactoria y muchos "cuajos de ternero" comerciales, contienen aproximadamente 50% de pepsinas bovinas su especificidad proteolítica es similar a la quimosina de ternero dando generalmente resultados satisfactorios con respecto al rendimiento y calidad del queso.

La actividad de la pepsina porcina es muy sensible a un pH mayor a 6.6 y puede ser grandemente desnaturalizada durante la elaboración del queso y por consecuencia contribuye mínimamente a la proteólisis durante la maduración del queso. Aunque una mezcla de 50:50 de pepsina de porcino y cuajo de ternero brinda generalmente resultados aceptables, la pepsina de porcino ha sido retirada por la mayoría de los mercados. Las especificidades proteolíticas de tres cuajos de hongos comúnmente usados son considerablemente diferentes de los cuajos de terneros pero la aceptabilidad de la mayoría de las variedades de quesos producidos usan cuajos fúngicos que han sido lejanamente buenos.

Cuajos microbianos son generalmente usados en los Estados Unidos pero el cuajo de los terneros continúa predominando en la mayoría de los países Europeos y en Nueva Zelanda.

La quimosina y todos los cuajos sustitutos comercialmente exitosos son proteinasas acidas. Los aspectos moleculares y catalíticos de la quimosina y otros cuajos han sido revisados.

Las proteinasas acidas tienen limitadamente pequeñas especificidades con una preferencia por los péptidos de huesos. A los que los residuos pesados de péptidos hidrofobicos

proveen a grupo carboxilo, esta especificidad reducida es significativa para el éxito de estas enzimas en la manufactura de quesos, esta enzima a un pH lejano a su pH óptimo (aprox. 2 para pepsinas) es probablemente también significativa. De cualquier manera, no todas las proteinasas acidas son clasificadas como cuajos porque son tan activos incluso bajo las condiciones desfavorables. Aunque son enzimas relativamente baratas, los cuajos representan el uso industrial más grande de enzimas con un mercado mundial de aproximadamente 25×10^6 litros de cuajo estándar por año. Que vale aproximadamente 100 euros $\times 10^6$. No es sorprendente entonces que los cuajos sean atractivos a las industrias enzimológicas y biotecnológicas.

El proceso de producción a grandes escalas de quesos a dado muchos resultados satisfactorios. El queso cheddar hecho en laboratorio usando quimosina producida por *Kluyveromyces lactis* (Gist Brocades) fue organolépticamente indistinguible por los controles hechos utilizando cuajo de ternero, como lo fueron los niveles de Nitrógeno soluble y los electrofotogramas del gel de quesos maduros (O" Sullivan y Fox, no publicados). Hicks también reporto satisfactoriamente resultados para queso cheddar elevado usando quimosina producida por *Escherichia coli* K 12 (Genencor) cuando se tomaron precauciones para evitar oligomerización de las enzimas.

En la práctica moderna, la mayoría de las operaciones en la producción de queso son continuas o semicontinuas; el paso de la coagulación actual es la única principal operación por lote que permanece, aunque el uso de pequeños "lotes" de leche, como lo es el proceso para Camembert, produce coagulación, en efecto, es un proceso continuo.

La viabilidad de coagulación continua usando principios de coagulación en frio ha sido demostrada pero la técnica ha tenido éxito comercial limitado a la fecha. Los cuajos inmovilizados podrían facilitar operaciones continuas. Varios cuajos han sido inmovilizados pero su eficiencia ha sido cuestionada; otros problemas existen, por ejemplo la higiene. Los cuajos inmovilizados no han sido comercializados.

5.2 Factores que afectan la hidrólisis de la k-Caseína.

pH. El pH óptimo para la quimosina y pepsina bovina en los péptidos pequeños usados en secciones anteriores es aproximado a 4.7 pero Visser encontró que el pH óptimo en el péptido His 98-Lys 111/112 es de ph 5.3- 5.5.

El óptimo pH para quimosina e insulina, hemoglobina ácido-desnaturalizada, y caseinato de sodio es 4.0, 3.5, y aproximadamente 3.5, respectivamente Von Hooydonk encontró el pH óptimo para la primera etapa de la acción de cuajo en la leche que es aproximadamente 6.0 a 4 y 30°C.

Fuerza iónica. El incremento en la fuerza iónica (0.01-0.11) reduce la tasa de la hidrólisis de His 98-Lys 112, el efecto se torna más marcado cuando la reacción del pH es incrementada pero independiente del ion. La influencia de la fuerza iónica en la fase primaria de la coagulación del cuajo fue discutida anteriormente. Kato también reportó que NaCl, CaCl₂, MgCl₂, estimulada la hidrólisis de K caseína en forma aislada y en caseinato de sodio.

Temperatura. La temperatura óptima para la coagulación de la leche por el cuajo de ternero a pH 6.6 es aproximado a 45°C; presumiblemente, el óptimo para hidrólisis de la k-caseína es alrededor de este valor. El coeficiente de temperatura (Q_{10}) para la hidrólisis de k-caseína en soluciones de caseinato de sodio es aproximado a 1.8, la energía de activación, E_a , es aproximada a 10,000 cal/mol, y la entropía de activación, ΔS , es aproximada - 39 cal/deg/mol; valores similares generalmente fueron reportados por Garnier para la hidrólisis de k-caseína aislada por quimosina.

Grado de glicosilación. Existen varios reportes que la eficiencia de k-caseína como sustrato para quimosina decrece con el grado de glicosilación. Vreeman mostró que a pH 6.6, K_{cat} decrece desde aproximadamente 43s⁻¹ para k-caseína carbohidrato - libre a aproximado a 25s⁻¹ para k-caseína B-7 (ejemplo que contenga 6 mol *N* -ácido acetil neuraminico/mol). Sin embargo, K_m fue óptima para B-5 (3 mol NANA /mol). La polimerización (agregación) incrementa marcadamente la k_m con un pequeño efecto en K_{cat} .

Tratamiento de calentamiento de la leche. Ha sido ampliamente reconocido que el tratamiento de calentamiento a temperaturas mayores a 65°C afecta adversamente la coagulación de la leche por cuajos si la exposición esta fuera de una duración suficiente; si este tratamiento es muy severo (mayor de 90°C por 10 minutos), falla la coagulación de la leche con cuajos. Ahora es conocido que aunque los cambios en el equilibrio en la sal son relacionadas, el principal factor responsable por el incremento del tiempo de coagulación del cuajo en el calentamiento de la leche es la formación de un vínculo intermolecular entre k-caseína y β -lacto globulina y/o α -lacto albumina.

La información actual en la influencia de el tratamiento de calentamiento en la fase primaria de la acción del cuajo es inconclusa: mientras la mayoría de los autores han mostrado que la fase primaria de la acción del cuajo es inhibida en el calentamiento de la leche, Marshall encontró una pequeña diferencia en la tasa o extensión de formación para k-caseína en el calentamiento de la leche a 85°C por 30 min comparada a la leche cruda, aunque había inhibición significativa en el calentamiento de la leche a 75°C por 30 min. Es general acordar que la fase secundaria (no enzimática) de la coagulación del cuajo es afectada adversamente por el tratamiento de calentamiento severo. Los efectos adversos del calentamiento pueden ser revertidos por codificación antes o después del calentamiento o por la adición de CaCl₂.

Fase secundaria (no enzimática) de la coagulación. La hidrólisis de la k-caseína durante la fase primaria de la acción del cuajo causa la liberación de macropéptidos hidrofílicos altamente cargados presentando los segmentos terminales de Carbono en k-caseína, por eso reduciendo el potencial zeta de las micelas de la caseína de -10/-20 a -5/-7 mV y removiendo los péptidos saliendo de sus superficies, de esta manera reduce las fuerzas repulsivas intermicelares (electroestáticas y estáticas) y la estabilidad coloidal del sistema caseinato. Cuando aproximadamente el 85% del total de k-caseína ha sido hidrolizada, las micelas de la caseína comienzan a agregarse en un gel pero una micela individual no puede participar en la gelatinización hasta que aproximadamente un 97% de su k-caseína haya sido hidrolizada. Reduciendo el pH o incrementando la temperatura de los valores normales (aproximadamente 6.6 y 31°C respectivamente) que permiten la coagulación a un grado bajo de la hidrólisis de la k-caseína.

La coagulación de las micelas alteradas por el cuajo de una concentración crítica de Ca²⁺ es la que se pueda activar cruzando las micelas, posiblemente vía residuos de la fosfatasa sérica, o simplemente carga de neutralización. El fosfato cálcico coloidal es también esencial para la coagulación, pero el efecto de su reducción puede ser compensado por el incremento de (Ca²⁺), la desfosforilación enzimática parcial de la caseína, que decreta la carga micelar, reduce la coagulabilidad aunque la interacción de las micelas de la caseína con varias especies de cationes las predispone a la coagulación de cuajos y puede incluso coagular micelas no coaguladas.

La modificación química de la histidina, lisina o residuos de arginina inhiben la coagulación, presumiblemente reduciendo la carga positiva micelar. Ha ido surgiendo que la coagulación ocurre vía interacción electrostáticas entre un grupo positivo cargado hacia la terminal de *para* k-caseína, que es expuesta al traslado del macropéptido, y un grupo no identificado, agarra carga negativamente en micelas vecinas.

La importancia aparente de la carga micelar en la coagulación de micelas alteradas por cuajos podría sugerir que el pH debe tener una influencia principal en la fase secundaria de la coagulación. Sin embargo, Pyne sustentó que el pH no tiene efectos esenciales en el proceso de coagulación aunque Kowalchyk y Olson mostraron que la tasa de firmeza de los geles de cuajos era significativamente incrementada cuando se reduce el pH.

La coagulación de micelas cuajadas es muy dependiente de la temperatura (Q_{10} aproximadamente 16) y la leche bovina normal no coagula a más de 18°C a menos que concentración de Ca^{2+} sea incrementado.

La diferencia marcada entre la dependencia de temperatura de las fases enzimáticas y no enzimáticas de la coagulación de cuajos ha sido explotada en el estudio de los efectos de varios factores en la coagulación de leche por cuajos, con intenciones de desarrollar un sistema para la coagulación continua de la leche para la manufactura de quesos o caseínas y en la aplicación de cuajos inmovilizados. La dependencia de una muy alta temperatura de la coagulación por cuajos puede sugerir que la interacción hidrofóbica juega un papel muy importante.

Los floculós de *para* k-caseína en la ausencia Ca^{2+} a una tasa dependiente en el cuajo usado, presumiblemente reflejan diferencias en especificidades proteolíticas que no han sido aun aclaradas. La tasa de firmeza de los geles de los cuajos es también influenciado por el tipo de cuajo.

5.3 Efecto del tratamiento de la precoagulación de leche en coagulación por cuajos.

La mayoría de tiempo de coagulación del cuajo RCT de la leche incrementa marcadamente con el incremento del pH mayor a 6.4, y a una parte a la característica del tipo de cuajo; la pepsina porcina es la más sensible al pH de los cuajos comúnmente usados. La adición de

1.5-2% de iniciadores disminuye el pH de la leche en 0.15 unidades y esto debe ser tomado en cuenta cuando se utilicen iniciadores neutralizados o concentrados son usados.

Era común practicar la maduración de la leche después de la adición de iniciadores, como una etapa continua para algunas variedades, por ejemplo., Camembert; la maduración permite a los iniciadores comenzar su fase de crecimiento logarítmico antes de la coagulación y el desarrollo de acelerantes ácidos de la acción de cuajos. La tecnología de iniciadores mejorada ha mostrado la necesidad para la maduración que incrementa el riesgo de infección. La calidad microbiológica de la leche para quesos ha mejorado considerablemente, en especial con respecto a bacterias ácido lácticas mesófilas, por consecuencia, el pH de la leche del queso es más alto de lo que era anteriormente.

Es poco común la práctica de añadir CaCl_2 (aproximado a 0.04%) a la leche para quesos. Esta incrementa la concentración de Ca^{2+} y concentración de fosfato de calcio coloidal CCP esto reduce el pH de RCT e incrementa la fortaleza del gel.

Como se discutió anteriormente, las dos fases primaria y secundaria de la coagulación de cuajos son retardadas o retenidas en el calentamiento de la leche para quesos a temperaturas que causan desnaturalización de las proteínas del suero.

5.4 Proteólisis durante la maduración

Los quesos ácido coagulados son usualmente consumidos frescos pero la gran mayoría de quesos coagulados por cuajos son madurados por periodos que duran desde 4 semanas a más de 2 años; la duración del madurado es mas o menos inversamente proporcional a la humedad contenida en el queso. Durante la maduración, una gran afluencia microbiológica, sustancias químicas, y cambios bioquímicos ocurren, como resultado de los principales constituyentes de queso, proteínas, lípidos y residuos de lactasa, los cuales son degradados a productos primarios y después a productos secundarios. La cantidad de los compuestos principales que han sido aislados de muchas variedades de queso son péptidos, aminoácidos, ácidos de proteínas, ácidos grasos, lactonas y esterres de lípidos, ácidos orgánicos (ácido láctico, acético, propiónico), dióxido de carbono, esterres y alcoholes (de lactasa). En la correcta combinación, estos compuestos son responsables de las características del sabor de varios quesos.

Significancia de la proteólisis

Mientras la lipólisis y la glicólisis son críticas en ciertas variedades ej. Quesos azules, variedad fuertes italianas, quesos tipo swiss, la proteólisis es esencial en todas las variedades de quesos especialmente los madurados bacteriamente y quesos de superficies maduradas en los cuales es probablemente el principal cambio bioquímico durante la maduración.

La proteólisis contribuye en la maduración del queso al menos en 4 maneras.

1.- Una contribución directa en el sabor o sabores extraños ej: lo amargo, o indirectamente vía catabolismo de aminoácidos, aminos, ácidos tioles y tioesteres, etc.

2.- La gran liberación de compuestos que proporcionan el sabor durante la masticación.

3.- Cambios en el pH por la formación de NH_3 .

4.- Cambios en la obtención de la textura para romper la cadena proteica, incrementan el pH, y la gran astringencia del agua por los nuevos grupos amino y carboxilo formados.

Una alta correlación existe entre la intensidad en el sabor del queso cheddar y la concentración de aminoácidos libres. Se han hecho intentos para desarrollar índices proteolíticos de la madurez del queso, mientras que estos correlacionan bien con la edad y la madurez, estos intentos fallan en la detección de sabores extraños como consecuencia deberían ser considerados como complementarios para la valoración organoléptica de la calidad. Información considerable en el nivel y tipo de proteólisis en el principal grupo de quesos.

Agentes proteolíticos en el queso

Son 4 agentes y en algunas variedades son 5 los agentes envueltos en la maduración del queso:

(1) cuajos o sustitutos de cuajos.

(2) enzimas nocivas de la leche, particularmente en quesos de leche cruda pero también en quesos de leche pasteurizada.

(3) bacterias iniciadoras y sus enzimas, que son liberadas después que las células han lisado.

(4) iniciadores secundarios, ej. Bacterias ácido propionicas. *Br. Linens*, levaduras y hongos *penicillium roquefort* y *penicillium candidum*, y sus enzimas son de principal importancia en algunas variedades.

(5) bacterias no iniciadoras ej. Organismos que sobreviven a la pasteurización de la leche de los quesos o ganan acceso a la leche pasteurizada o cuajada durante la manufactura.

Se han desarrollado y usado técnicas durante los pasados 30 años que permiten la cuantificación de la contribución de cada uno de estos 5 agentes de los aspectos primarios de las maduraciones de quesos ej. Proteólisis y glicolisis, y a las reacciones secundarias.

La contribución de la coagulación a la proteólisis en quesos es solo de 6% aproximadamente del queso añadido al queso de la leche que es retenido en la cuajada. La cantidad retenida es influenciada por el tipo de cuajo, ej. Pepsina porcina es extremadamente desnaturada durante la elaboración del queso, [pH bajos favorecen a la retención de quimosina] pero no pepsinas o cuajos microbianos y reduce la desnaturación y temperatura de cocción usadas para quesos suizos.

La β - caseína en solución es secuencialmente hidrolizada en las estructuras 192-193- 189-190, 163-164 y 139-140 para producir los péptidos β -I'- β I'', β -II y β III, respectivamente; las estructuras 165-166, 167-168 pueden también ser hidrolizadas para producir péptidos indistinguibles electroforéticamente de β -II. A bajo pH (2-3) las estructuras 127-128 son también hidrolizadas al producir B-IV. La hidrólisis de β -caseína por quimosina es fuertemente inhibida por 5% de NaCl y completamente por 10% de NaCl. Las razones para estas inhibiciones no son claras pero un efecto similar es producido por sucrosa o glicerol o por altas concentraciones de proteínas. Presumiblemente, el efecto es relacionado con la actividad del agua A_w , pero la influencia de la variación de la A_w , directamente en la proteólisis de caseínas individuales no han sido estudiadas.

La β - caseína es el tipo de proteína resistente a la proteólisis en quesos madurados bacterianamente a través de la maduración y en quesos hasta que las proteinasas fúngicas se hacen dominantes después del crecimiento de mohos. Aunque la concentración de β -

caseína en quesos madurados por bacterias decrece durante la maduración, los β -péptidos normalmente producidos por los cuajos, por ej. β I, β II, no aparecen, sugiriendo que proteinasas plasmicas y bacterianas son responsables. El NaCl en queso es indudablemente factor inhibitorio pero incluso en la ausencia de NaCl el contenido de caseína hidrolizada es pequeña.

Si la δ i-caseína en solución tiene suficientes estructuras de quimosina susceptible, la hidrólisis de la que es dependiente es pH y concentración NaCl. En contraste para β caseína la concentración NaCl arriba de 5% estimula la hidrólisis de α δ i-caseína y una significativa proteólisis ocurre en la presencia de 20% NaCl. Consecuentemente α δ i-caseína es fácilmente hidrolizada en quesos. En cheddar y tipo Dutch, α δ i- caseína es completamente degradado a α δ i-I y algunos productos adicionales, al final de la maduración. En quesos más madurados α δ i-caseína es completamente degradado al menos α δ i-I antes que la fase de maduración ocurra a partir de la espera de la acción de proteinasas fúngicas y peptidasas. La α δ^2 -caseína y *para* k-caseína parece ser algo resistentes a los cuajos y permanecen largamente intactas en quesos madurados por bacterias.

Significancia de proteólisis coagulante secundaria.

Estudios en cuajadas asépticas y quesos con microflora controlada han mostrado que la coagulación es responsable del nivel de nitrógeno soluble en agua o cloro a un pH de 4.6; de cualquier forma, un poco de Nitrógeno soluble es producido por la suavidad de la textura de queso fresco durante el madurado por la hidrólisis de α δ i- caseína a δ i-I el cual es suficiente para romper la matriz de proteína continua. Indudablemente, además la proteólisis por coagulantes y proteinasas bacterianas modifica la textura aún mas. Incluso en la superficie de quesos madurados, y probablemente en quesos manchados, el coagulante es considerado esencial para el desarrollo de textura apropiada por ej. En camembert, es muy marcado el pH a 7 causado por el catabolismo de ácidos orgánicos y la producción de amonio (por la determinación de aminoácidos) es también esencial. Las proteinasas extraídas por el madurado esperado en el queso a solo una pequeña extensión y poco contribuye a la proteólisis dentro del queso aunque los producidos por estas enzimas en la capa superficial puede difundirse dentro del queso.

La textura de quesos altamente cocidos, ej. Variedades swiss e italiano fuerte, cambia relativamente poco durante la maduración. En estos quesos pequeños cualquier coagulante sobrevive el proceso de cocción y la plasmina juega un rol significativo en proteólisis primaria. El pH alto de estos quesos tiene un envenenamiento debido a que mucha plasmina es retenida en la cuajada, en contraste con la mayoría de los quesos ácidos, ej. cheddar y Cheshire. La acción secundaria proteolítica del coagulante influye al sabor en 3 formas:

1.- Algunos productos de péptidos son lo suficientemente pequeños para influenciar el sabor. Desafortunadamente, algunos de estos péptidos son amargos y proteolíticos excesivos. Ej. Colorantes, cuajos grandes o excesivamente proteolíticos o condiciones ambientales no aptas ej. Mucha humedad o poco NaCl, permite amargura.

2.- Péptidos, producidos por cuajos sirven como sustratos para proteinasas microbianas y peptidasas que producen péptidos pequeños y aminoácidos. Estos contribuyen al menos a formar el sabor, y tal vez, el sabor amargo, si la actividad de estas enzimas es excesiva. El catabolismo de aminoácidos por enzimas microbianas, y tal vez alteraciones por mecanismos químicos, permite a un rango de compuestos animales dar el sabor a ácidos, NH_3 , que son principales contribuyentes en las características del sabor del queso.

3.- Las alteraciones en la textura del queso parecen influir en la relación del sabor completo y los compuestos aromáticos, seguido de la proteólisis, glicolisis y cambios metabólicos secundarios, en el queso durante la masticación. Esta puede ser la más significativa aportación de la proteólisis en el sabor del queso.

VI.- MADURACIÓN ACELERADA DEL QUESO

La necesidad de acelerar la maduración de quesos crece de la inherente estabilidad de la mayoría de variedades de quesos duros para un cambio rápido. Mientras esta longitud es un tributo evaluable en quesos, cuando es usado como alimento básico el costo de almacenamiento hasta que haya adquirido un sabor aceptable y la consistencia, esto añade en gran proporción a el costo capital total de la manufactura de quesos en una planta y a sus costos corrientes. Si el acelerado de la maduración es para beneficio de la industria. La presente comercialización sencilla de quesos puede ser modificada para asegurar que productos madurados rápidamente puedan ser vendidos a la edad correcta (ej. Productos calificados, en lugar de como unidades de una materia). Esto se vuelve una vez que el queso se madura rápidamente, es también probable a convertirse en sobre maduro rápidamente y los métodos para detener el madurado no están completamente disponibles. Los quesos podrían ser enfriados pero el costo de refrigeración puede sobrepasar los ahorros de aceleración, y derrotar este ejercicio. Alternativamente los quesos madurados rápidamente pudieran ser usados como el componente maduro de quesos procesados con tratamiento térmico.

6.1 Consideraciones generales

Un aceleramiento científico racional para la concepción de métodos por la aceleración del madurado de quesos es impedido por la falta de información disponible en los mecanismos envueltos en la formación de los componentes del sabor en quesos madurados. De cualquier manera es generalmente reconocido que la proteína y, en algunos casos, el daño de la grasa son buenos índices de el progreso de la maduración y del proceso de los productos de quesos puede contribuir al resabio y proporcionar muchos precursores de sabor. Esto ha permitido a muchos investigadores intentar la maduración rápida de quesos fuertes por la adición de proteinasas exógenas o lipasas de origen comercial. En quesos en que la característica de sabor depende de altas concentraciones de ácidos grasos libres, el uso de lipasas añadidas es casi garantizada en una medida de éxito, pero una revisión de los resultados de investigación con proteinasas, sugiere que, aunque brindan sabores fuertes en

quesos en un tiempo relativamente corto, estos por lo general inducen defectos y desequilibrio de sabor. La adición de β -galactosidasa a la leche para producción de quesos parece acelerar la maduración del queso cheddar pero las bases de esta acción no es clara hasta el momento. Como una alternativa a la adición directa de enzimas, la maduración acelerada ha intentado incrementar el número de bacterias ácido lácticas en quesos. Esto tiene la ventaja que enzimas “naturales” son usadas, y que son fácilmente incorporadas dentro de la matriz de la cuajada. Algunos trabajadores han usado bacterias ácido láctico mutantes que son altas productoras de proteinasas así que las concentraciones de enzimas son incrementadas sin los correspondientes incrementos en la población microbiana. Si el madurado de quesos tradicionales es abandonado completamente, se puede lograr un rápido desarrollo en el sabor, en mezclas almacenadas a 20-30°C con alta humedad, entonces se incrementa la actividad de la enzima y no la cantidad de ella.

Los métodos para acelerar la maduración del queso han sido motivo de atención y revisión periódica (El Soda y pandian, Torre y Barcina, 1999; Manning, Ridout y Price, 1984).

La elevación de la temperatura de maduración, la inclusión de enzimas exógenas, la utilización de fermentos con modificaciones químicas, físicas o genéticas, y el uso de cultivos adjuntos o de homogeneizados de queso han sido tradicionalmente los métodos sometidos a estudio y ensayo.

El empleo de microorganismos modificados con el objeto de acelerar la maduración del queso presenta actualmente numerosas ventajas sobre los métodos tradicionales (El Soda, 1993), así: a) su utilización no presenta problemas legales, b) los microorganismos contienen las enzimas deseadas, e incluso en ocasiones, en la concentración precisa para ciertos tipos de queso, c) las enzimas quedan retenidas y uniformemente distribuidas en el queso tras la lisis celular. Sin embargo, la inoculación de la leche de quesería con concentraciones de células viables superiores a las normales puede conducir a una fermentación de la lactosa anormalmente rápida, lo que da lugar a quesos con bajo pH, elevado contenido en humedad y, con frecuencia, defectos en el sabor. Por lo tanto, se ha de conseguir que las células añadidas a elevados niveles no produzcan ácido láctico y, sin embargo, mantengan activos los sistemas enzimáticos que intervienen en la maduración. Esto se ha conseguido mediante métodos físicos tales como el choque térmico (Ardö y Petterson, 1988; El Abboudi et al., 1991; Exterkate et al., 1987; Frey et al., 1986; Jonson et al., 1995; Petterson y Sjöström, 1975; Vafapaulou et al., 1989), la congelación, la liofilización y el secado por aspersión (Bartels et al., 1987; Jonson y Etzel, 1995; Johnson et al, 1995).

Algunos de estos métodos han sido investigados en laboratorios comerciales y los resultados más benéficos probablemente permanecerán en secreto. El propósito de la presente investigación es revisar esos resultados que están disponibles, y tratar de puntualizar el camino para futuros desarrollos en las mayores bases científicas.

6.2 El uso de enzimas exógenas para acelerar la maduración del queso.

Adición de enzimas; Si se agregan soluciones de enzimas de maduración, a la leche de los quesos antes de la coagulación, la distribución final de las enzimas retenidas en la cuajada es homogénea y el contacto mínimo entre partículas coaguladas y las enzimas es posible. De cualquier forma, este método de adición de enzima peptidasas estreptocócicas iniciadoras y proteinasas *pseudomonas*, mezclas de peptidasas da como resultado la pérdida de un 40 y 60% de enzima en el suero. Esto no es solo económicamente indeseable, esto también aumenta a que el suero no sea utilizado como un aditivo para otros alimentos a menos que las enzimas puedan ser inactivadas. Si las enzimas son añadidas a la cuajada preformada el problema se evita pero la cantidad en la que la humedad de la cuajada es alterada es probablemente mayor en proporción de lo que debió haber esperado como resultado de la adición a la leche. Kosikowsky y Iwazaki agregaron enzimas en polvo a la cuajada de queso cheddar usando sal como vehículo, y reportaron que se necesitó 9X menos enzima para la aceleración de un sabor equivalente comparado con quesos elaborados con enzimas agregadas a la leche. De cualquier manera, las dificultades encontradas en fábricas automatizadas de quesos a grandes escalas en el control de distribución de sal en cuajadas sugiere que la distribución de enzimas heterogéneas, mientras no sea un problema en la escala de investigación, puede convertirse en una dificultad en la práctica.

Lee, Olson y Lund investigaron el uso de inyección de alta presión de fluidos como una forma de introducir enzimas dentro de quesos mozzarella terminados. Concluyendo que una buena penetración requiere que el queso este a una temperatura relativamente alta (>43°C). El método es probablemente más utilizado para la maduración de quesos suaves y porque la distancia de penetración no es más de 10cm, el uso de esta técnica en quesos pequeños se puede realizar con el aparato que se encuentre disponible. La encapsulación de enzimas ofrece una posible significancia de la adición de la leche de modo que de un lado están bien retenidos o encerrados mecánicamente en el coagulo, y por otro lado, son homogéneamente distribuidas en el contacto íntimo con los substratos en la cuajada. Shafer exitosamente

encapsulo lipasas por adición a queso Mozzarella, usando gelatina tratada con formaldehído, las microcapsulas no lanzaron las enzimas consistentemente a la capsula diseñada de fusión de temperatura (45°C) y un trabajo más especializado es requerido para controlar la técnica. De hecho, es posible considerar tales técnicas que permiten la adición controlada de la proporción correcta de enzimas envueltas en secuencias complejas del proceso de madurado (ej. Proteinasas/peptidasas más decarboxilasa más dimetilolasa más desulforilasa).

Existen nmerosos trabajos en los que se ha estudiado la adición de combinaciones de enzimas con distinta especificidad. En queso tipo Manchego la adición de *FlavourAge* (mezcla de proteinasas, peptidasas y lipasas de *Aspergillus oryzae*) acortó la maduración sin alterar las características sensoriales del producto (Jin, Harper y Farkas, 1996). En Manchego se han utilizado preparados enzimáticos con actividad lipolítica, con buenos resultados organolépticos (Fernández García et al., 1993).

6.3 Efecto de adición de enzimas en el madurado de quesos

Existen numerosos reportes de aceleración del madurado de quesos logrado por la adición de enzimas y alguna de estas aplicaciones son enlistadas en el cuadro 1. Jolly y Kosikowski usaron lipasa de *Aspergillus*, en quesos azules, esto tuvo el efecto combinado de incrementar el típico sabor de ácido graso y puede haber causado un incremento en la concentración de precursores de metil cetona. Un beneficio indirecto adicional de este tratamiento fue la formación de altas concentraciones de δ - ácido alcanóicos que son precursores de δ - lactona. Estas lactonas se conoce que mejoran la calidad del sabor en quesos azules. La mayoría de los intentos para acelerar el desarrollo de sabor típico en quesos cheddar ha sido impedido por la dificultad de mantener un balance en el sabor; una enzima particular es probable que acelere solo un tipo de reacción de producción de sabor así que los componentes que son normalmente deseables pueden ser producidos en concentraciones suficientemente altas para producir un sabor amargo indeseable (ej. Péptidos, ácidos grasos H₂S). Algunos de estos problemas fueron evidentes desde la incidencia de rancidez y amargura reportada por Kosikowski y Iwasaki, 1975 en queso cheddar con sabores intensificados.

Cuadro 1. Ejemplos del uso de enzimas en la maduración acelerada de quesos

Tipo de quesos	Tipo	Recursos de enzimas Añadidas	Etapa de adición
Cheddar	Proteinasas Acidas y neutrales Peptidasas, lipasas Descarboxilasas	Varias enzimas comerciales y animales	Cuajada
Cheddar Romano, Parmesano Gouda	lipasa	elementos gástricos de becerro	Leche y cuajada
Edam	Proteinasa	<i>Aspergillus oryzae</i>	Leche y cuajada
Cheddar	Proteinasas + Peptidasas	<i>Pseudomonas Fluorecens</i>	Leche
Rossiiskii	Proteinasa	Pancreatinas	Leche
Mozzarella	Lipasas, Estereasas (microencapsuladas)	secreciones gastricas de terneros	Leche
Azul	Lipasa	<i>Aspergillus sp.</i>	Cuajada

Estos autores describen el uso de mezclas de preparaciones disponibles comercialmente de cuajos fúngicos, neutros y proteinasas acidas que produjeron sabores fuertes en el queso en un mes, pero la rancidez fue una amargura particularmente notable. Incrementos en las tasas de proteólisis y lipólisis obtenidas por diferentes cantidades de enzimas son mostradas en el cuadro 2;

Cuadro 2 Efecto de adición de enzimas microbianas y animales en tazas de lipólisis y proteólisis en queso cheddar.

Cantidad total de enzimas (g/1000g madurado)	temperatura (°C) de madurado	Incremento de 0 a 30 días en: VFFA (ml W/10 NaOH/ 100g)	Solución Proteínica (% total)
0	10	4.8	2.8
	20	6.2	4.1
	32	6.7	4.5
2.6	10	23.5	4.1
	20	57.2	5.7
	32	160.9	9.4
13.0	10	41.1	4.7
	20	118.5	3.5
	30	154.3	5.3

*Mezcla de cuajos fúngicos, proteinasas neutrales, peptidasas/ ácidos y proteinasas neutrales, y lipasas escogidas de preparaciones comercialmente disponibles de origen Americano y Japonés (Tabla 1 en Kosikowski y Iwasaki, 1975).

Kosikowski e Iwasaki (1975) describieron un método de investigación para determinar el efecto de balance de enzimas en el control del sabor en la cuajada de queso, resultados preliminares indicaron que las proteinasas de ácidos fúngicos y descarboxilasas bacterianas no contribuyeron al sabor del queso, proteinasas neutrales individuales y peptidasas combinadas con cuajos microbianos dieron el mejor resultado en intensidad de sabor sin amargura excesiva. Así que, no hay duda que quesos de sabor fuerte pueden ser producidos con adición de enzimas proteolíticas y un mayor rendimiento es probable con las combinaciones de enzimas comercialmente son más usadas, resultados futuros se esperan con interés. Desde que aparecieron las mezclas enzimáticas que las enzimas en forma individual, en la aceleración del madurado, las mezclas de proteinasa y peptidasa de Maikki (1976, 1977) puede proveer una más simple alternativa a las enzimas comerciales disponibles; son producidas de un organismo (una *pseudomona sp*) cuando es desarrollada en medio conteniendo agentes de superficie activa para permitir enlaces de proteinasas

intracelulares normalmente. Este tipo de combinación de enzimas tiene una gran especificidad y puede enlazar de 60-100% de aminoácidos de la proteína precipitada de leche (cuadro 3) y con disminución de aminos. El queso cheddar que contiene estas enzimas también contiene altos porcentajes de Nitrógeno soluble, péptidos de Nitrógeno y aminoácidos de Nitrógeno que los controles no tratados.

Cuadro 3. Porcentaje del total de aminoácidos obtenidos de coprecipitado de proteína de leche por preparación de proteínasa/peptidasa de *Pseudomonas fluorescens* crecidas en presencia de sulfato de sodio. Incubadas a 35°C y pH 7.0 a temperatura inespecífica.

Asp	100
Thr	80
Ser	65
Pro	60
Glu	60
Gly	60
Ala	95
Val	90
Cys	35
Met	80
He	90
Leu	80
Tyr	60
Phe	85
Lys	90
His	100
Trp	90
Arg, Orn, Cit	100

*Figuras calculadas en datos de Malkki et al (1976).

Procesos organolépticos de colaboración en NIRD envuelven 2 niveles de adición de enzimas, una siendo 5 veces más grande que la otra. Las calificaciones del sabor principal en un panel de 22 miembros (cuadro 4) se obtuvieron por calidad de sabor (valoraciones subjetivas de balance) e intensidad (de sabor típico, ignorando sabor original o amargura de sabor) en escalas de 0 a 8, entonces para amarguras de sabores generales (ej. Rancidez, H₂S, olor a carne, o sabores no claros) con un notado amargor separadamente (escalas de 0-4).

Cuadro 4. Efecto en las escalas del panel del sabor principal de la adición de dos cantidades diferentes de mezclas de pseudomonas dipeptidasas/proteinasas a queso cheddar.

		Medidas de Sabor del panel principal			
		CFQ	CF1	OF1	BF1
8 semanas	1x	4.5	3.7	0.5	0.1
	5x	3.2	3.6	2.3	1.1
	Control	3.9	2.7	0.3	0.1
16 semanas	1x	4.2	4.5	1.8	0.3
	5x	2.8	3.5	4.0	1.7
	Control	4.7	4.3	0.3	0.1

CFQ= Calidad de sabor del cheddar (0-8).

CFI= Intensidad del sabor del cheddar (0-8), OF1= Intensidad general de sabores extraños (0-4, amargura excluida).

BF1= Intensidad de sabor amargo (0-4), 1x=100 unidades de dipeptidasa/kg de queso + 16 unidades de proteinasa/kg de queso 5x = 500 unidades de dipeptidasa/kg de queso + 80 unidades de proteinasa/kg de queso.

La calidad y la intensidad de el sabor típico del queso cheddar fueron altas en 8 semanas, quesos a los que fueron añadidos con pequeñas cantidades de enzimas; la principal escala de intensidad (3 replicas de quesos) de los quesos fue equivalente a el control de un queso de 16 semanas. También las escalas de amarguras de sabor y amargor fueron bajas. De cualquier manera, maduraciones largas produjeron un pequeño incremento en escalas intensas y quesos de 22 semanas fueron poco diferentes del queso control. El desarrollo del sabor típico en quesos que contienen grandes adiciones de enzimas fue también acelerada después de 8 semanas pero las escalas de sabor indicaron que ningún incremento ha sido reportado sobre los resultados de agregar 5 veces menos enzimas. Esto pudo haber sido con el propósito de que un amargor marcado y otros sabores extraños en el queso, pudo haber enmascarado el sabor típico. Quesos de 22 semanas aparentemente tuvieron menos sabores típicos que quesos con pocas enzimas y el queso control, pero tuvieron muchos sabores extraños generales, fortaleciendo la visión que otros sabores habían prevenido a los

catadores de detectar completamente sabores típicos. Estos resultados enfatizan la necesidad de controlar la adición de enzimas a un producto con un balance delicado de sabor; más enzimas no necesariamente significa más sabor. También, este dato enfatiza que las principales ventajas de la aceleración del sabor inducido con enzimas puede solo ser ganado vendiendo el queso rápidamente, adicionales almacenamientos mas allá de dos meses dieron relativamente poco incremento en sabor deseable, mientras los sabores extraños se incrementaron, incluso en los quesos aceitados con baja adición de enzimas.

Futuros desarrollos en este acercamiento en maduración acelerada serian ayudados si la selección de enzimas de uso potencial pudieran ser hechas más sistemáticas por métodos de investigación situables. Por ejemplo, el complemento proteínasa/peptidasa de la mayoría de los iniciadores representa un buen balance de enzimas maduradoras de queso (junto con proteínasas coagulantes) y los números y tipos de estas enzimas pueden ser determinadas por técnicas electroforéticas. Puede ser posible establecer una relación entre la semejanza de (*zymograms*) enzimas comerciales con extractos de células iniciadoras, y la habilidad de preparaciones comerciales para madurar quesos sin producir sabores extraños. Así, las enzimas maduradoras pueden ser elegidas por sus huellas electroforéticas.

6.4 Pretratamiento de leche para queso con β - galactosidasa.

La aplicación de esta enzima en particular difiere porque el mecanismo por el cual la producción del sabor en el queso es acelerado no esta claro. La β -galactosidasa actúa en la leche hidrolizando la lactosa a glucosa libre y galactosa. La glucosa es más utilizada que la lactosa o galactosa y el crecimiento del iniciador no ha sido medido en ensayos de queso, la producción de ácido es definitivamente estimulada y este principio ha sido usado para acortar el tiempo de proceso y el tiempo de madurado de cheddar, Mozzarella, Cottage, Camembert y variedades de queso azul. El procedimiento aplicado y detallado para la manufactura de cheddar ha sido descrita por Thampson y Brower (1976); quienes utilizaron lactosa comercial de *Saccharomyces lactis* (40,000 units/g, 0.13 g/L) que fue agregada en la leche cruda a 4°C y así mantenida por 24 horas para lograr aproximadamente 65-70% de hidrólisis de la lactosa (estimada como glucosa liberada). La leche se pasteuriza y se usa normalmente, excepto que los tiempos de madurado (si fueron usados) pudieran ser reducidos por 25-30% menos tiempo. Efectos similares en tiempos de producción (atribuible a producción acida rápida por iniciadores) fueron reportados para otras variedades de queso.

Otros reportes de la clasificación comercial de la lactosa hidrolizada del queso cheddar mostraron que no hubo incremento en los sabores extraños y las calificaciones de textura del cuerpo fueron mejores que las de los controles. Fue reportado un desarrollo en el sabor acelerado, intensidades de sabor en quesos con lactosa hidrolizada de 2-4 meses siendo equivalentes a los quesos de 4-6 meses hechos con leche normal, pero los detalles no fueron dados como que la intensidad del sabor fue determinante. Otras publicaciones sugieren que la manufactura de leche para quesos con lactosa hidrolizada (LHM) no siempre es exitosa y depende de las condiciones usadas para preparar la leche.

Marschke y Dulley (1978) estudiaron los efectos variando las condiciones de hidrólisis en la calidad del queso cheddar y encontraron que 30°C por 1 hora fue el tratamiento más efectivo que 4°C por 18 horas. Algunas aceleraciones de formación de sabor típico se logra con la mayoría de los pre-tratamientos pero niveles muy altos en la adición de lactasa en el proceso dieron como resultado que el queso se convirtiera amargo. El grado de avance del sabor fue juzgado por evaluadores profesionales que compararon los quesos LHM con controles no tratados.

Aproximadamente quesos LHM de 12 semanas fueron considerados equivalentes a quesos control entre 13 y 19 semanas, dependiendo en las condiciones de tiempo/temperatura de la hidrólisis de la lactasa y la cantidad de enzimas utilizadas. La base del sabor incrementado fue a través de que han sido las proteólisis más rápidas en las pruebas de los quesos pasando por alto el contenido de proteínasa añadida por la población incrementada de bacterias iniciadoras, o por proteinasas contaminantes en la preparación de lactasa.

Desde que apareció este método de aceleración como exitoso, este mecanismo debe ser investigado como prioridad y así puede ser usada en la forma más eficiente. Por ejemplo, si la maduración rápida es con el propósito de incrementar las poblaciones de iniciadores en la cuajada, puede ser esperado que la incidencia de amargor en quesos comerciales se incremente; la situación es análoga a la descrita por Lowrie y Lawrence (1972) en la cual la tendencia de iniciadores para producir quesos amargos fue gobernada por el efecto de las condiciones de manufactura en su crecimiento en la tina. De cualquier manera, Stadhouders y Hup (1975) consideran que los iniciadores pueden ser seleccionados por su carencia de péptidos amargos formadores de proteinasas y por su posesión de peptidasas péptidos-degradadores amargos. Si, por otra parte, la maduración rápida es debida a una contaminación de proteinasas, los mismos resultados pueden lograrse sin el uso de lactasa

pre-tratada. Los resultados de Weaver y Kronger (1978) mostraron que la producción de aminoácidos libres en quesos LHM fue selectivamente incrementada en sabor de aminoácidos particulares comparada con los controles, sugiriendo que esto no simplemente envuelve un incremento en la actividad proteínasa/peptidasa de iniciadores, pero que una proteínasa de especificidad diferente habrá sido introducida en el queso.

6.5 Uso de iniciadores modificados para maduración acelerada de quesos.

El *Streptococo* usado para producir ácido en varios tipos de queso, las proteinasas, peptidasas (Rabier y Desmazeaud, 1973; Mou, Sullivan y Jago, 1975; Exterkate, 1975; Law, 1979) y los *streptococos* tienen un rol establecido en la formación de péptidos pequeños y aminoácidos durante el madurado fuerte. (Reiter et al 1969; Law, Castanon y Sharpe, 1976; Kleter, 1976; Visser, 1977). Por lo tanto puede ser esperado, que incrementando la población de iniciadores con *streptococos* en queso aceleraría la formación de estos componentes y que esto de regreso afectaría la tasa de formación de sabor. De cualquier manera, con quesos en los cuales la tasa de formación de ácido y expulsión de humedad es crítica, cualquier tentativa para incrementar la cantidad de iniciadores influenciaría el proceso de manufactura y produciría quesos atípicos; de hecho, altas poblaciones viables de iniciadores en la cuajada de cheddar son reportadas que producen menos sabores típicos intensos y una alta incidencia de sabores amargos subsecuentemente en el quesos.

(Lowrie, Lawrence y Peberdy, 1974). Cuando los extractos de enzimas de células libres de iniciadores fueron agregadas a la leche para quesos para evitar problemas de producción de ácido, 40-45% del marcador de la actividad dipeptidasa intracelular que se perdió en el suero (Law y Sharpe, 1975) y la distribución de enzimas agregadas en esta forma fue poco probable de haber sido igual como si estos hubieran sido liberados en lugares discretos de células lisadas encerradas mecánicamente en la matriz de la cuajada. Varios métodos han sido desarrollados para incrementar las concentraciones de enzimas iniciadoras en queso incrementando inóculo de iniciadores normales con iniciadores que han sido tratados para prevenirlos del metabolismo y producción de ácido durante la manufactura de quesos. Estos iniciadores aún tienen las enzimas.

El Alboudi et al. (1991) investigaron las condiciones adecuadas para atenuar térmicamente células de lactobacilos (*Lactobacillus casei-casei*). Utilizaron tres temperaturas (65, 67 y 70°C) durante 22 segundos y midieron tanto la producción de ácido láctico como la actividad

proteolítica obteniendo como mejor combinación 67°C por 22 segundos. Para este tratamiento el retardo en la producción de ácido láctico fué de 24 horas mientras el sistema proteolítico redujo su actividad en 37%. Petterson y Sjöstrom (1975) trabajaron con un cultivo mixto *mesófilo* compuesto de *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus diacetylactis* y *Leuconostoc citrovorum*, y bacterias iniciadoras termófilas (*Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus thermophilus*) atenuadas por el calor. Con los fines de reducir la producción de ácido láctico del cultivo mixto, se requirió una temperatura mínima de 54°C durante 15 segundos (s) y de 60-63°C (15 s) para los cultivos termófilos. En los estudios de maduración acelerada de queso suizo semiduro con estos cultivos, utilizaron un choque térmico de 59°C para los cultivos mesófilos y 69°C para las suspensiones de *Lactobacillus helveticus*.

A efectos de obtener un método económico para producir y distribuir células atenuadas para acelerar la maduración del queso, Johnson y Etzel (1995) utilizaron varios métodos de atenuación de *Lactobacillus helveticus* CNRZ-32, con el objetivo de demorar la producción de ácido sin reducir la actividad enzimática. Los métodos utilizados fueron: secado por aspersión con temperaturas del aire a la salida de 82 y 120°C, liofilización y congelación. Los resultados demostraron un mejor balance entre la producción de ácido y el mantenimiento de la actividad enzimática en los microorganismos tratados por secado por aspersión a 120°C (temperatura del aire de salida), además de una mayor economía, comparado con la liofilización y la congelación. Estos cultivos, sometidos a choque térmico, se utilizarán posteriormente para acelerar la maduración del queso tipo Dambo, con un período normal de maduración de tres meses y se analizará la relación de los diferentes tratamientos térmicos sobre las características físico-químicas y sensoriales.

6.6 Células tratadas con lisosimas

El uso de tratamiento de lisosima para prevenir producción de ácido por iniciadores es esencialmente un método de investigación, utilizado idealmente para estudios a escala de laboratorio para sistemas de modelos de queso (Law et al 1976) el proceso sería caro de aplicar a grandes escalas de manufactura de queso y los resultados con queso cheddar sugirieron que el sabor típico fue poco influenciado incluso incrementando la proteinasa iniciadora y actividad peptídica equivalente a 10^{10} células/g de queso.

Células iniciadoras sometidas a choque de calor subletal tratamiento de calor a 59°C o 69°C substancialmente retarda la producción de ácido láctico de la mezcla de la tensión de cultivos iniciadores mesofilicos.

Streptococo termófilo y *lactobacilo* mientras solo se reduce la actividad proteolítica a 10-30% (Pettersson y Sjostrom, 1975) la tasa de proteólisis se incremento en quesos caseros suecos conteniendo células sometidas a choque térmico equivalente a 4-5X la población iniciadora normal, los quesos experimentales que contienen arriba de 6% más Nitrógeno soluble que los quesos control hechos solamente con iniciadores normales (cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de bacterias ácido lácticas sometidas a choque térmico en proteólisis en quesos suecos caseros semiduros.

Tipo	Número (Células/ml)	% de incremento de contenido de N comparado con un control (queso de 2 meses)	
		TCA-soluble	PTA-soluble
Iniciadores mesofilicos mezclados	2x10 ⁹	25	15
<i>lactobacillus helveticus</i> (CNRZ 303)	4x10 ⁸	60	55

Datos de Pettersson y Sjostrom(1975)

Aunque los *lactobacilos* (como *Lb. helveticus*) fueron agregados en menores cantidades que los iniciadores mesofilicos, tuvieron un mayor efecto en la proteólisis y en las escalas de sabor de queso de dos meses de maduración. Incrementando la clasificación de 3.2 (control) a 4.6 (células agregadas) comparado con un incremento equivalente de 3.2 a 3.7 lograda con las células iniciadoras mesofilicas (1-5 puntos basados en la escala hedónica en intensidad de sabor y textura).

Los diferentes resultados organolépticos obtenidos con el queso sueco conteniendo células sometidas a choque térmico y queso cheddar conteniendo células lisosimas tratadas enfatizan el problema de extrapolación de resultados de un tipo de queso a otro. Así, aunque los dos métodos resultaron con incrementos en los aminoácidos de quesos experimentales,

una correlación entre esta e intensidad de sabores típicos no fue establecida para queso cheddar, como fue para queso sueco.

Thompson et al (1979) reporto resultados preliminares del queso cheddar de baja grasa (20%) tuvo más sabor sin iniciadores que las células sometidas a choque térmico que fueron agregadas. De cualquier manera, los números involucrados fueron extremadamente bajos 10^4 Células/ml y los resultados requerirán evaluaciones cuidadosas para asegurar que los efectos en lipólisis y proteólisis no fueron debido a otras variables inducidas por el proceso y que fueron relacionadas a las diferencias de sabor.

6.7 Células tratadas con solventes

Exterkate (1979), ha reportado que el tratamiento de células iniciadoras con solventes orgánicos resulta en la activación de algunas enzimas proteolíticas de membranas limitadas.

Después del reciente desarrollo de este trabajo es posible producir células que no produzcan ácido, pero tienen actividades peptidasas sobre 10X mayor que las células normales; es esperado que el incremento de la proteólisis y la intensidad de sabor puedan ser inducidas en quesos Gouda usando iniciadores lavados con tratamiento de solventes en adición a el inóculo de iniciadores productores de ácido (F.A.Exterkate, en conjunto con IDF grupo F 16).

6.8 Tensiones mutantes

Dilanian et al (1976) describió el uso de iniciadores que contienen rayos X mutantes de *lactobacilos* que han incrementado actividades proteolíticas. Los mutantes fueron seleccionados para elaboración de quesos por su habilidad de liberar más aminoácidos libres (particularmente ácido glutámico, alanina, tirosina, metionina y leucina) de leche que realizo sus correspondientes tensiones.

6.9 Alta Presión Hidrostática

La tecnología de tratamiento de alimentos mediante alta presión isostática es una de las más prometedoras de entre las llamadas tecnologías emergentes. La mayoría de desarrollos de aplicaciones existentes se han orientado hacia la conservación de alimentos, pero el potencial para transformar productos no es menos importante. Un tratamiento prolongado del

queso a 50 MPa causa una aceleración de la proteólisis durante el tiempo de mantenimiento de la presión, volviendo al ritmo normal cuando se libera la presión. La efectividad de este tratamiento es mayor cuanto menor es el tiempo de maduración previo al tratamiento por alta presión. Un tratamiento corto e intenso (400 MPa durante 5 min) produce un incremento permanente en el ritmo de proteólisis. La intensidad del tratamiento de 400 MPa causa una inactivación parcial del cuajo residual, interfiriendo en la proteólisis primaria. La hidrólisis de la caseína es menor a causa de esta inactivación. El resultado es una mayor proporción de péptidos hidrófobos. El tratamiento de 400 MPa reduce en unos 3 órdenes de magnitud los recuentos de bacterias lácticas correspondientes al fermento. El aumento de la actividad peptidolítica en estos quesos se debió a un aumento en la actividad de las peptidasas provenientes del citoplasma de las bacterias lácticas tras su lisis o gracias a la mayor permeabilidad de la membrana favorecida por la presión.

La aceleración de la proteólisis se ve favorecida por el mayor pH y mayor actividad de agua de los quesos tratados por alta presión. Al tratar el queso mediante alta presión se provoca un cambio en su microestructura que tiene reflejo en los cambios de textura, y en menor medida de color, que se producen. Los quesos se convierten en menos quebradizos y su color en menos luminoso y más intenso. La microestructura se convierte en más compacta, con una red proteica más regular y continua.

Quesos Armianski contienen los mutantes de madurado más rápidamente que los quesos control, juzgado por la gran acumulación (arriba del 25%) de fracciones de Nitrógeno no proteico. El sabor maduro se desarrollo en 45 días en lugar de los 60 días normales (Dilanian y Sarkisyan, 1970) pero el incremento en la calidad del queso es imposible de interpretar en la ausencia de datos más detallados. Un método para la producción y el aislamiento de mutaciones con rayos X de *L. casei* fue descrito por Singh y Ranganathan (1978) pero su efecto en el queso no fue reportado. Dullely, Brooks y Grive (1978) aislaron mutantes de *S. lactis* C2 que no producía ácido de lactosa (lac). Ellos usaron los mutantes para incrementar (aproximadamente 2X) los números de bacterias iniciadoras en la cuajada del queso cheddar.

El desarrollo del sabor fue aparentemente acelerado a un grado inespecífico, pero porque el amargor (presente en controles) fue reducido por la adición de mutantes, esto pudo haber sido un efecto de sabor desenmascarado (ef Lowrie et al 1974) en lugar de una contribución directa por las células de lactosa. Los autores consideraron que otros estudios con altos

inóculos de mutantes fueron requeridos para determinar sus influencias en el desarrollo de sabor.

6.10 Maduración acelerada con mezclas de cuajada de cheddar

Este método ha derivado en una tecnología explotada comercialmente que produce los quesos modificados enzimáticamente, que son utilizados como base para hacer productos con sabor a queso (Kilcawley, Wilkinson y Fox, 1998).

Kristofferson, Mikolajcik y Gould (1967) investigaron un método de desarrollo de sabor acelerado en la cuajada del queso cheddar, incrementando su contenido de humedad e incubándose a 30°C. Las mezclas, con alrededor de 40% de sólidos totales, desarrollaron sabores fuertes en días en lugar de meses. Sin embargo, estudios extensos en los efectos de aireación, acideces cortadores de la cuajada y aditivos (ej. Glutación reducido, riboflavina) por Singh y Kistoffersen (1970, 1971) y Harper y Kistoffersen (1970). En particular el crecimiento de levaduras causa desarrollo de sabores extraños, pero si el sorbato de potasio es agregado, sabores limpios pueden ser producidos (Dalley y Taylor, 1972). Dulley (1976) y el uso de cuajadas para acelerar la maduración de quesos; las cuajadas fueron preparadas de cheddar normalmente producidos mezclándolo asépticamente con 5% de NaCl y 3% de sorbato hasta que una pasta suave semilíquida fue obtenida. Esto fue almacenado a 30°C en contenedores cerrados por 7 días después de incorporados en el queso añadiendo cualquiera a la leche de quesos, la cuajada antes de la chedarización o de el salado antes de presionar.

Adición de la cuajada de cheddar en el estado avanzado evito la perdida de mezclas en el suero. La humedad del queso fue incrementada 2% por la adición de 6% (p/p) de mezcla (Dulley, 1976) y esto si resulto en el desarrollo acelerado de sabor, pero la mezcla parecía tener un efecto adicional mayor. Aunque el total de cuentas de sabores de los quesos que contenían mezclas fueron cambiados por una alta incidencia de sabores extraños comparado con los controles, ellos desarrollaron intensidades de sabor en 4, 12 y 24 semanas equivalente a quesos normales madurados a 1.8, 3.5 y 5.1 semanas, respectivamente. En contraste con otros métodos de aceleración el uso de mezclas no parece incrementar la proteólisis (TCA- Nitrógeno soluble) en quesos. El autor considero que el alto número de *lactobacilos* (10^5 - 10^7 ufc/g) fue el responsable de la aceleración del madurado.

Sería interesante y relevante investigar la habilidad del *lactobacilo* en quesos con mezclas para producir compuestos específicos previamente citados como contribución al sabor del queso cheddar (ej. H₂S, metanetinol).

Von Bockelman y Lodin (1974) también reportaron que incrementando el número de *lactobacilos* de 10⁶ a 10⁹/G en queso (añadiendo queso maduro mezclado a la leche para la manufactura de Swedish Prastost se produce un sabor más fuerte que en el queso normal después de 3 meses de maduración. Sin embargo los efectos del tratamiento en los quesos experimentales no fueron reportados a detalle.

Maduración con pastas de Queso («Cheese slurries»)

Este método fue desarrollado inicialmente como un método de estudiar en el laboratorio los fenómenos de maduración de una forma acelerada. Las pastas de queso son papillas con un contenido aproximado en sólidos totales del 40%, en las que se desarrolla un completo aroma y sabor después de ser incubadas a 30°- 35° C durante 4-5 días (Thakar y Upadhyay, 1992). Estas pastas así maduras pueden ser añadidas en el proceso de elaboración del queso tanto a la leche como a la cuajada para acelerar la maduración (Ammar El Tahra, El Shazly, Nasr, El Saadany y El Tahra, 1994). La incorporación de proteinasas, lipasas y oligoelementos a las pastas mejora su efectividad. El principal inconveniente de la utilización de las pastas de queso es el alto riesgo de contaminaciones microbianas.

Este método ha derivado en una tecnología explotada comercialmente que produce los quesos modificados enzimáticamente, que son utilizados como base para hacer productos con sabor a queso (Kilcawley, Wilkinson y Fox, 1998).

Variaciones de la adición rutinaria de iniciadores.

Este método fue aplicado a quesos Swedish Hushallsost y está basado en el uso de un gran inóculo iniciador y una prolongada maduración de la leche antes del cuajado, así que la cuajada final contiene 2-3X más bacterias que la normal. El incremento de ácido producido en la tina fue neutralizado añadiendo NaOH así que el queso tuvo una forma normal y un contenido de sabor relativamente suave. Los quesos control hechos en la manera normal tuvieron un sabor a leche que a los dos meses para sabores fuertes, fueron desarrollados en quesos experimentales. No son presentados datos organolépticos cuantitativos en el método

publicado (Bie, 1976) y se hace referencia a nuevas (presumiblemente atípica) características de sabor.

Cuadro 6. Efecto de la población inicial de iniciadores en la liberación de Nitrógeno no proteico en queso hushallsost experimental después de 2 meses de madurado.

No. De bacteria/g (x 10 ⁹)	3.6	7.8	8.8	8.6	8.4	7.7
% TCA-N	8.7	9.4	15.6	11.4	16.4	11.8
% N aminoácidos (PTA-N)	2.8	4.4	10.9	6.8	11.0	7.3

Datos de Bie (1976)

La maduración acelerada fue detectada como los incrementos en la liberación de varias fracciones de Nitrógeno no proteico con el incremento de poblaciones bacterianas (cuadro 6). El método tiene la ventaja obvia, es que no son requeridas células iniciadoras especialmente preparadas o enzimas, pero cambios totales fundamentales para técnica de fabricación de quesos probablemente sería difícil de aplicar, con los mismos resultados a gran escala de fabricación de quesos.

VII.- CONCLUSIONES

Luego de revisar las distintas metodologías propuestas para acelerar el proceso de maduración de quesos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- ❖ Si bien existe de parte de la industria un fuerte interés en el tema y se ha podido detectar una avidez notable por los resultados, aun no se ha llegado a aplicar ninguna metodología en gran escala.
- ❖ No es posible que un solo método resuelva todos los casos, lo más factible es que se lleguen a aplicar más de un sistema de los que ofrecen las mejores perspectivas.
- ❖ Resulta evidente que cualquier técnica de aceleración solo será de aplicación con éxito a determinados tipos de quesos. En aquellos casos en los que la tradición de tipicidad ha llegado a la imposición de estrictas características organolépticas, es muy difícil que alternando la normal evolución de la maduración se pueda llegar a los mismos resultados.
- ❖ Es evidente que para que cualquier método de aceleración tenga posibilidades de ser adoptado por la industria, además de eficaz debe ser sencillo y económico.

El camino más corto por seguir en la búsqueda de una metodología satisfactoria es en primer lugar caracterizar indudablemente al producto cuya maduración se desea acelerar, por medio de características organolépticas, determinaciones físicas, químicas- bioquímicas, y luego con estos datos comparar las evoluciones de los productos experimentales para determinar si se ajustan o no al modelo

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

Barry A Law. "Accelerated ripening of cheese: Dairy Industries International, May-1980, Vol-45-1980, 15-22

P.F.Fox. "Rennets and Their Action in Cheese Manufacture and Ripening: Biotechnology and Applied Biochemistry, Vol10-1988, 522-535

Adaptación libre de Mundo Lácteo y Cárnico a partir de la siguiente fuente: Jordi Saldo Periago. Memoria Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona España. 2002 Internet Disponible en: http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=1350

ANONIMO 1 "La leche y los quesos" (en línea). Disponible en: <http://www.explored.com.ec/guia/fasg2.htm>