



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



6
2ej
2012
2012

ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES CUAJOS
COMERCIALES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A N
ARACELI CANDELAS MONROY
MONICA ERENDIRA DAZA SALDIVAR

ASESOR: DRA. SARA E. VALDES MARTINEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1995

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. U.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



Departamento de
Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Estudio Comparativo de tres cuajos comerciales

que presenta la pasante: Araceli Candelas Monroy
con número de cuenta: 8639476-5 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniera en Alimentos ; en colaboración con :

Ólivera Esquivel Rosa Salvador

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 6 de Junio de 1995

PRESIDENTE I.B.Q. Wanda M. Arriaga Cribuelo

VOCAL Dra. Jana E. Valdés Martínez

SECRETARIO Q.F.B. En. Esther Revuelta Mirón

PRIMER SUPLENTE I.B.Q. Loticia Figueroa Villarreal

SEGUNDO SUPLENTE A. En. de los Angeles Cornejo Villegas

Gracias a los grandes seres que con su preparación
me ayudaron a conocer el gusto por la vida.

A usted Dr. Humberto García:
Que con su gran sencillez, sinceridad
y amor; me dió argumentos para luchar
por la vida.

A usted Dr. Bravo Bernabé:
Que con su temperamento singular,
me dió y enseñó la importancia de
la fortaleza para enfrentar
cualquier situación.

Al Dr. López Valero:
Por haberme ayudado a enfrentar con
madurez aquel momento que dejó huella
en mi ser.

Por siempre gracias
ERENDIRA DAZA SALDIVAR

*Dedico este trabajo a Dios.
Por su infinita misericordia y amor.*

*Con toda mi entrega y amor; a mis
grandes amigos: mis Padres; quienes
me dieron el ser y la vida.*

*Les dedico mi lucha, confianza y fé
a mis angelitos; Chayitín, Angee y
Larissa, por su pureza e inocencia.*

*A mi abuelita: Por su infinito y único
amor, que paso a paso me ha acompañado
y acompañará por siempre.*

*A mis hermanos: Chayitto, Lucero y David
por su confianza y paciencia, a quienes
siempre desearé lo mejor.*

*A los profesores: Rosa Manuela Arriaga,
Laura Patricia Martínez, Sara Valdés,
Alfredo Alvarez, Ma. Esther Revueltas,
Leticia Figueroa, y Ma. de los Angeles
Cornejo, con quienes siempre estaré
agradecida, por ser los grandes cimientos
en mi vida profesional.*

*Y a todos mis amigos que depositaron su
confianza en mí y me brindaron su apoyo:*

*Mireya, Araceli, Marthita,
Dany Boy y Angeles.*

Mil gracias

ERENDIRA DAZA S.

Dedicada a:

Especialmente a mi PADRE y a mi MADRE
que siempre me han brindado su apoyo y amor.

Con todo mi cariño a mis hermanos: Israel,
Edgar e Idalia; espero que siempre sigan adelante.

A la Licenciada Marcela Monroy Guazo, por su
entusiasmo, alegría y porque ha sido un motivo
de inspiración para superarme.

A las Profesoras: Rosa Manuela Arriaga Orihuela,
Ma. Esther Revueltas, Leticia Figueroa, María de los
Angeles Cornejo, por su atención brindada y, en
especial a la Dra. Sara E. Valdés Martínez, por su
valioso apoyo a la realización de esta tesis.

A la familia Daza y sobre todo a Ere por su amistad
y confianza.

SINCERAMENTE

ARACELI CANDELAS MONROY

"NUNCA OLVIDES QUE HAY
QUE APRENDER TODA LA VIDA"

INDICE

RESUMEN	I
INTRODUCCION	1

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA LECHE BOVINA

1.1. ESTADISTICOS DE LA PRODUCCION DE LECHE	4
1.2. CARACTERISTICAS DE LA LECHE	8
1.2.1. Composición química y físico-química	8
1.2.2. Importancia de los componentes de la leche en la elaboración en el queso	10

CAPITULO II

GENERALIDADES Y PROCESO DEL QUESO

2.1. DEFINICION DEL QUESO	13
2.2. CLASIFICACION DE LOS QUESOS	14
2.2.1. Clasificación de los quesos según su textura	15
2.2.2. Clasificación de los quesos según su consistencia y maduración	18
2.3. CARACTERISTICAS DE LOS QUESOS FRESCOS	17
2.4. DEFECTOS DEL QUESO FRESCO	18

2.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL QUESO FRESCO	21
2.5.1. Recepción	21
2.5.2. Clarificación	22
2.5.3. Pasteurización	22
2.5.4. Homogenización	23
2.5.5. Producción de la cuajada	23
2.5.6. Dosificación del cloruro de calcio	25
2.5.7. Dosificación del cuajo	25
2.5.8. Cortado de la cuajada	26
2.5.9. Desuerado	28
2.5.10. Pre-prensado	29
2.5.11. Salado	29
2.5.12. Moldeado	30
2.5.13. Prensado	30

CAPITULO III COAGULACION DE LA LECHE

3.1. DIFERENTES TIPOS DE COAGULACION EN LA LECHE	34
3.1.1. Coagulación ácida	34
3.1.2. Coagulación enzimática	35
3.1.3. Coagulación mixta	37
3.2. ENZIMAS COAGULANTES DE DIFERENTES ORIGENES	37
3.2.1. Características del cuajo de origen animal	38

3.2.2. Criterios de un coagulante ideal	39
3.2.3. Características del cuajo de origen fungal	40
3.2.4. Características del cuajo de origen vegetal	41
3.2.5. Características del cuajo de origen biogénico	42
3.3. CARACTERÍSTICAS DE PRESENTACION EN LOS CUAJOS COMERCIALES	44

CAPITULO IV
PROCESOS DE OBTENCION DE LOS CUAJOS

4.1. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE RENINA	45
4.1.1. Lavado	45
4.1.2. Desecado	46
4.1.3. Inmersión de sales	48
4.1.4. Filtrado	46
4.1.5. Envasado	47
4.1.6. Etiquetado	47
4.1.7. Almacenamiento	48
4.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DEL CUAJO <i>Mucor miehei</i>	51

4.2.1. Preparación del cultivo	51
4.2.2. Tratamiento térmico	51
4.2.3. Preparación de inóculo	51
4.2.4. Inoculación	52
4.2.5. Preparación del medio de fermentación	52
4.2.6. Esterilización	53
4.3. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DEL CHY-MAX	56

CAPITULO V
OBJETIVOS Y METODOLOGIA

5.1. OBJETIVO GENERAL	58
5.2. OBJETIVOS PARTICULARES	58
5.3. METODOLOGIA	60
5.3.1. Origen de las muestras	60
5.4. ANALISIS QUIMICO DE LA LECHE	60
5.5. CUAJO	61
5.5.1. Actividad coagulante	61
5.5.2. Tiempo de coagulación	61
5.5.3. Tiempo de corte de la cuajada	63

5.5.4. Calcular la fuerza del cuajo en base al tiempo de coagulación obtenido	63
5.6. QUESOS	64
5.6.1. Cálculo del rendimiento quesero para cada producto en relación al cuajo utilizado	64
5.6.2. Evaluación sensorial	64
5.6.3. Análisis químico proximal del queso	66

CAPITULO VI RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. ANALISIS QUIMICO DE LA LECHE	67
6.1.1. Resultados	67
6.1.2. Discusión de resultados	69
6.2. ACTIVIDAD COAGULANTE	70
6.2.1. Resultados	71
6.2.2. Discusión de resultados	73
6.3. TIEMPOS DE COAGULACION Y DE CORTE DE LAS CUAJADAS OBTENIDAS DE LOS TRES CUAJOS	75
6.3.1. Datos obtenidos en el tiempo de coagulación	75
6.3.2. Datos obtenidos en el tiempo de corte	76
6.3.3. Discusión de resultados	77

6.4	CALCULO DE LA FUERZA DEL CUAJO	77
6.4.1.	Resultados	78
6.4.2.	Discusión de resultados	79
6.5.	CALCULO DEL RENDIMIENTO QUESERO	80
6.5.1.	Resultados	80
6.5.2.	Discusión de resultados	81
6.6.	EVALUACION SENSORIAL	84
6.6.1.	Resultados	84
6.6.2.	Discusión de resultados	86
6.7	COMPOSICION DEL QUESOS	87
6.7.1.	Datos obtenidos	87
6.7.2.	Discusión de resultados	89
6.8.	ANALISIS DE COSTOS	90

CAPITULO VII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1.	CONCLUSIONES	93
7.2.	RECOMENDACIONES	96

ANEXO 1

ANEXO 2

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE CUADROS

CUADRO UNO

CARACTERISTICAS DE LAS DOS FORMAS HABITUALES DE COAGULACION DE LA LECHE	36
--	----

CUADRO METODOLOGICO	59
---------------------	----

CUADRO DOS

DETERMINACIONES DEL ANALISIS QUIMICO APLICADAS A CADA LOTE EN LA LECHE FRESCA	60
--	----

CUADRO TRES

DETERMINACION DE LOS COMPONENTES QUIMICOS DEL QUESO	66
--	----

CUADRO CUATRO

CONDICIONES E INHIBIDORES DE LA ACTIVIDAD COAGULANTE DE LOS CUAJOS	71
---	----

CUADRO CINCO

CONCLUSIONES	93
--------------	----

INDICE DE TABLAS

TABLA UNO	
PRODUCCION MENSUAL DE LECHE BOVINA ACUMULADA	5
TABLA DOS	
UTILIZACION DE LA LECHE EN MEXICO	7
TABLA TRES	
VARIEDAD DE ENZIMAS COAGULANTES	38
TABLA CUATRO	
MEDIAS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES DE LOS NUEVE LOTES DE LECHE	68
TABLA CINCO	
ACTIVIDAD COAGULANTE DE LOS TRES CUAJOS	72
TABLA SEIS	
TIEMPOS DE COAGULACION OBTENIDO PARA CADA CUAJO	75
TABLA SIETE	
TIEMPO DE CORTE DE CUAJADA PARA CADA ENZIMA	76

TABLA OCHO	
RESULTADOS DE LA FUERZA DE	
CUAJO PARA CADA ENZIMA	78
TABLA NUEVE	
RENDIMIENTOS QUESEROS DE	
LOS TRES DIFERENTES CUAJOS	81
TABLA DIEZ	
MEDIAS PUNTUALES OBTENIDAS	
EN CADA PRUEBA SENSORIAL	85
TABLA ONCE	
MEDIAS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES	
DE LOS CINCO LOTES DE QUESO	88
TABLA DOCE	
COMPARACION DEL ANALISIS DE COSTOS	91

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO UNO

PRODUCCION DE LECHE DE BOVINO ACUMULADA 6

GRAFICO DOS

ACTIVIDAD COAGULANTE DE LOS TRES CUAJOS 74

GRAFICO TRES

RENDIMIENTO QUESERO 83

INDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA UNO

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACION DE QUESO FRESCO	32
--	----

DIAGRAMA DOS

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACION DE QUESO FRESCO	33
--	----

DIAGRAMA TRES

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PRODUCCION DE RENINA	49
---	----

DIAGRAMA CUATRO

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE RENINA	50
---	----

DIAGRAMA CINCO

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PRODUCCION DE CUAJO DE ORIGEN FUNGAL	54
---	----

DIAGRAMA SEIS

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DEL MUCOR MIEHEI	55
--	----

DIAGRAMA SIETE

ESQUEMATIZACION DE LA OBTENCION DEL CHY-MAX	57
--	----

R E S U M E N

Con el continuo aumento en el consumo de quesos y la disminución de la disponibilidad de terneros debido a una mayor dedicación a la producción de carne, el uso de renina animal se ha hecho más limitado, provocando un aumento en la necesidad de emplear sustitutos de renina que cumplan los requerimientos necesarios para su comercialización y uso en la elaboración de quesos.

Actualmente, existen una gran variedad de enzimas coagulantes de interes industrial, siendo tres de ellas de origen animal: Becerro, Bovino adulto y cerdo. Otras tres son de procedencia microbiana: *Endothia parasitica*, *Mucor miehei* y *Mucor pusillus*. Por último se encuentra el cuajo de quimosina biogénica o producida por fermentación.

Debido a la gran diversidad de cuajos en la Industria quesera, se ha planteado el estudio comparativo de tres enzimas de origen diferente: animal, microbiano y biogénico (renina, *Mucor miehei* y Chy-max), esto con el fin de definir cuál es la enzima coagulante ideal que presente un menor costo, altos rendimientos queseros, alta calidad del queso, similar a la calidad obtenida con renina.

Del estudio comparativo realizado se evaluarón, la leche en primer lugar, así como, cada una de las enzimas frente a la leche y las cuajadas obtenidas de los cuajos. De donde las variables estudiadas para cada cuajo fueron los tiempos de coagulación y de corte, rendimiento quesero y fuerza del cuajo; haciendo también una comparación en cuanto al precio comercial por litro.

Dicho estudio demostró que tanto los tiempos de coagulación, como de corte, así como, el rendimiento quesero, difieren en cada cuajo según su origen, siendo el Chy-max la enzima que da mejores resultados en comparación a las otras dos.

Posteriormente se realizó una evaluación sensorial de los quesos hechos apartir de los tres cuajos analizando los atributos de sabor, consistencia, firmeza y apariencia, así como, los defectos de sabor y consistencia. De esta evaluación la enzima que mayor aceptación presentó en lo que respecta a sabor y consistencia, fue el Chy-max; existiendo a la vez, una similitud de firmeza y apariencia, de esta enzima en comparación con la renina; además de ser el Chy-max el que menores defectos de sabor y consistencia obtuvo.

En cuanto a la comparación de costos, la enzima mayor costo es el Chy-max, siguiendo a este el *Mucor miehei* y por último, la renina.

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad la industria alimentaria se ha encargado de conservar la leche por medio de diversos métodos, teniendo como resultado, una gran gama de productos lácteos en el mercado, tales como las leches evaporadas, la crema, la mantequilla, el yogurt, y las diversas variedades de quesos existentes, entre otros derivados lácteos más.

Uno de los alimentos que destacan por sus cualidades organolépticas, su valor nutritivo y cuya demanda va continuamente en aumento es el queso. El resultado de la gran variedad de quesos existentes en el mercado son originadas, en consecuencia, de las manipulaciones de la cuajada obtenida, el uso de temperaturas especiales, tiempos de coagulación y de agentes específicos de maduración que proporcionan a cada tipo de quesos variados sabores, aromas, colores y texturas. Siendo en procesos, de gran importancia el papel de los cuajos (origen) en la coagulación de la leche (55).

Con el continuo aumento en el consumo de quesos y la disminución de la disponibilidad de terneros de los cuales se obtiene el cuajo, debido a una mayor dedicación de éstos en la producción de carne; además de las fluctuaciones del precio del cuajo y la relativa escasez de la renina; se ha obligado a buscar sustitutos que cumplan los requerimientos necesarios para su comercialización y uso en la elaboración de quesos.

Los agentes coagulantes de origen animal, empleados con mayor frecuencia como sustitutos del cuajo son: la pepsina de cerdo, bovino adulto, becerros, cabritos y terneras sin destetar. Los sustitutos coagulantes de origen microbiano, son principalmente las proteasas obtenidas de *Penicillium citrium*, *Ascidia ramosa*, *Mucor lamprosporus*, *Mucor mucedo* y *Mucor renninus*. Aunque solamente tres especies han logrado tener éxito comercial en la producción de sustitutos del mismo origen: *Mucor miehei*, *Mucor pusillus* y *Endothia Parasitica* (5).

También se ha estudiado el uso de proteasas provenientes de plantas en la elaboración de quesos. Entre este grupo de proteasas están: Papaina (proveniente de la papaya), Bromelina (proveniente de la piña), Ficina (del higo) y una gran variedad de enzimas extraídas de: Alcachofas, algunos melones, soya, calabaza, hierba lechera, trompillo, entre otros. Siendo este último el de mayor importancia a nivel doméstico en México (22, 32).

Recientemente se ha comenzado a producir quimosina por la técnica de DNA recombinante, tratando de combinar las ventajas de la producción microbiana de enzimas (reproducibilidad, condiciones controlables, altos rendimientos etc.), con la especificidad y el uso tradicional de la proteasa de origen animal, tal es el caso de la quimosina en *Escherichia coli*, conocida comercialmente con el nombre de Chy-max (18, 24).

Tomando en cuenta que en la Industria Quesera existen numerosos tipos de enzimas coagulantes, con diferentes características, se ha planteado el estudio comparativo de tres cuajos de origen diferente (biogénico -Chy-max-, animal -Renina- y fungal -Mucor miehei-), para la elaboración de quesos frescos, con la finalidad de definir a la enzima que mayores ventajas ofrece a la Industria para la fabricación de quesos.

En el presente trabajo se planteó evaluar a tres diferentes cuajos su actividad coagulante, tiempo de coagulación, fuerza del cuajo, rendimiento quesero y características sensoriales. Así como también, comparar para cada enzima los costos en base al rendimiento quesero, y costos de producción en el queso fresco.

CAPITULO I GENERALIDADES DE LA LECHE BOVINA

1.1. ESTADISTICOS DE LA PRODUCCION DE LECHE

Se observa que la producción de la leche en los últimos años va en aumento, siendo en 1993, el de mayor producción, como se puede observar en la tabla No. 1. Mensualmente para el año de 1994 (de enero a diciembre) hay un aumento de 520,497 hasta 7,320,213 litros de leche, estos datos mensuales comparados con los años de 1989 a 1993, son mayores, por lo que la producción de leche ha sido mayor para el último período (considerando el transcurso de 1995, reportándose los datos hasta el mes de abril), dando por consiguiente un aumento en la producción de los productos lácteos. Toda esta producción de leche no quiere decir que sea la suficiente para la población del país.

En la gráfica No. 1 se puede observar la producción de leche de bovino acumulada, promedio (nacional), para los años de 1990 a 1994 así como el avance que se tiene registrado por CANILEC para 1995.

Debido al déficit existente para la utilización de la leche en México, se ha generado la necesidad de recurrir a la importación de leche descremada en polvo; siendo una parte de este tipo de leche rehidratada y reconstituída a través de empresas paraestatales. Esto se muestra en la Tabla No. 2.

Tabla No. 1

PRODUCCION MENSUAL DE LECHE DE BOVINO ACUMULADA, 1990-1995

MILES DE LITROS

MES	PROMEDIO 90-94	1990	1991	1992	1993	1994	1995
ENE	498634	559136	499995	456788	474293	481094	520497
FEB	973363	920247	910634	958153	973794	1033608	1078681
MAR	1460048	1366478	1392999	1449228	1473136	1556554	1649850
ABR	1956624	1833111	1915023	1944630	2018300	2080509	2217945
MAY	2477378	2338335	2482763	2466946	2605623	2658868	
JUN	3031129	2869029	3082252	3108313	3247180	3261447	
JUL	3656744	3447829	3806066	3920714	3962252	3937562	
AGO	4349449	4092686	4548157	4561287	4819265	4657647	
SEP	5002349	4627115	5218030	5232925	5598681	5437518	
OCT	5614563	5153691	5756693	5844878	6272527	6143309	
NOV	6172163	5648365	6255321	6451150	6882578	6741223	
DIC	6689088	6141545	6717115	6974269	7404078	7320213	

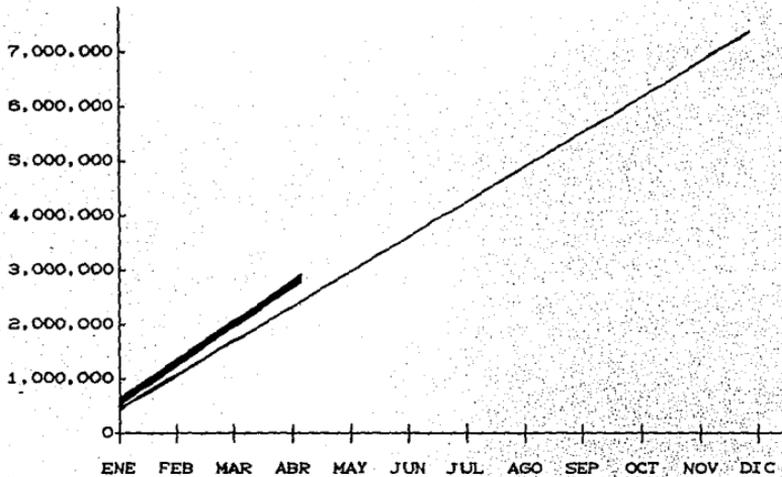
FUENTE: Camara Nacional de la
Industria de la leche.

GRAFICO

No. 1

PRODUCCION DE LECHE BOVINO ACUMULADA

Miles de litros



— PROMEDIO 90-94
■ AVANCE 1995

FUENTE: Cámara Nacional de la Industria de la Leche (CANILEC).

TABLA No. 2
UTILIZACION DE LECHE EN MEXICO

ACTIVIDADES	PROVENIENTE DE:	
	LECHE FRESCA	LECHE EN POLVO IMPORTADA (LITROS)
Leche en polvo (Sector Privado)	230,000.000	202,000.000
Leche en polvo (Liconsá)	---	110,024.000
Leche condensada	22,943.000	40,000.000
Leche evaporada (Sector privado)	40,081.450	228,261.550
Leche evaporada (Liconsá)	---	182,033.000
Fórmulas lácteas para la alim. inf. (Sector privado)	25,000.000	40,000.000
Fórmulas lácteas para la alim. inf. (Liconsá)	---	26,633.000
Leche pasteurizada (Sector privado)	1,100,000.000	---
Leche pasteurizada (Liconsá)	995,482.000	1,825,000.000
Leche bronca no pasteurizada	1,917,280.000	---
T O T A L	4,391,276.450	2,877,811.550

FUENTE: Dirección General de Estadística
Agropecuaria. SARH.

1.2. CARACTERISTICAS DE LA LECHE

La leche de vaca se ha definido como la secreción, excluyendo el calostro, que se puede obtener mediante los métodos normales de ordeña de la glándula mamaria lactante de vacas sanas; tras el nacimiento de sus crías (1, 16).

Los componentes principales de la leche son el agua, la lactosa, la grasa, las materias proteicas y las sales; además de otros componentes llamados oligoelementos, que están presentes en menor proporción, aunque algunos sean de gran valor biológico, como son las vitaminas, otros lípidos, pigmentos, enzimas, hormonas y gases (48, 50). La composición química promedio de la leche de vaca es de 87.6% de agua, completando a partes iguales, de 3.5% proteína y grasa, del 4.5% lactosa, del 0.7 al 1% de sales minerales. Además posee una acidez entre 16 y 18 decigramos de ácido láctico/litro de leche; su pH se encuentra entre 6.5 y 6.6 (1, 27, 34).

1.2.1. COMPOSICION QUIMICA Y FISICOQUIMICA

En cuanto a su composición química, ésta varía, según la especie zootécnica de que se trate, la raza, la edad del animal, el número de partos que haya tenido la res, la naturaleza de la alimentación recibida, así como también del periodo de lactancia y la variación de los cambios estacionales, entre otros aspectos (33, 58).

La leche es un líquido cuyo punto de ebullición es aproximadamente a 100°C ya que de su composición, la mayor parte es

agua, su punto de congelación es de -0.55°C . Su densidad fluctúa entre 1.028 - 1.034, su calor específico es de 0.93. Posee una menor tensión superficial y una ligera adhesión debido a la caseína, su viscosidad es dos veces la del agua y presenta formación de espuma al agitarla (1, 27, 34).

La leche es un sistema relativamente estable, debido a que todos sus constituyentes se encuentran en equilibrio formando tres estados físicos de dispersión (solución, suspensión y emulsión); los cuales varían de acuerdo con varios factores, como son la acidez y la temperatura. En la fase líquida (85 a un 88%), la leche contiene en emulsión a la grasa, y en estado de suspensión se encuentran las materias nitrogenadas o proteínas, siendo de ellas las más importantes la caseína y la albúmina. Disueltas van la lactosa, las sales, gases, vitaminas y las enzimas (1, 21).

El agua de la leche, es la que determina el volumen de los sólidos y puede separarse por medio de evaporación.

La proteína principal de la leche es la caseína, representando el 77-82% de las proteínas totales. Otras proteínas de la leche son la albúmina y lactoglobulina. Las albúminas de la leche son dos: lactoalbúmina y seroalbúmina. La lactoglobulina juega un papel muy importante en el sabor a cocido de la leche debido a sus grupos sulfhídricos que, al calentar, se modifican o separan en la desnaturalización proteica, dando origen a cambios en el.

Las *grasas* se encuentran mezcladas con los glicéridos en forma de pequeños glóbulos en emulsión. Los principales ácidos grasos que componen la grasa de la leche son oleico, palmítico, esteárico, mirístico, láurico cáprico y butírico. Oleico y linoleico son insaturados y líquidos a temperatura ambiente, al igual que el butírico, caproico y caprílico.

Los *mínimales* se encuentran en disolución asociados con la caseína. Los principales son el calcio, sodio y magnesio, además de contener fosfatos y citratos de calcio.

De los *carbohidratos*, el principal es la lactosa aunque en ella existan los polisidos libres y glúsidos combinados en pequeña porción y se podría decir que es el único. Esta tiene la facilidad de fermentarse por la acción de las bacterias lácticas, transformándose en ácido láctico (1).

1.2.2. IMPORTANCIA DE LOS COMPONENTES DE LA LECHE EN LA ELABORACION DEL QUESO

La leche utilizada en el proceso de elaboración de quesos debe ser de buena calidad. Además de la higiene requerida, la leche debe estar libre de antibióticos, que destruirían los cultivos utilizados en la maduración de los quesos. La leche calostrál y la leche de animales enfermos no debe ser entregada a las queserías (17, 21).

La composición química y las propiedades fisicoquímicas de la leche utilizada en el proceso de elaboración del queso fresco, son de gran efecto en la coagulación y desuerado de la cuajada. Por lo que es importante, conocer la función que ejercen los componentes y propiedades de la leche en la obtención del queso.

La *humedad* que queda retenida en el queso desempeña un papel muy importante, esencialmente para la textura, rendimiento quesero, tiempo de conservación y maduración (4, 6).

La homogenización sobre la materia grasa tiene influencia notable, no solamente sobre la textura de la cuajada, si no también sobre el desuerado. Se considera que el porcentaje de grasa ideal para hacer queso es del 3.5%. Aunque este se ve afectado por la alimentación y período de lactación (6, 13, 58).

El alto contenido de materia grasa dificulta la difusión del suero a través del gel, por tanto, su formación es más lenta, en consecuencia, la cuajada será más blanda (1, 4).

La *proteína* de la leche da el sabor característico al queso, debido a que la caseína coagulada constituye la base de la pasta quesera que después es convertida en queso (6, 58).

La *lactosa* influye poco ya que queda en el suero y es arrastrada cuando se escurre la cuajada. La lactosa es el sustrato

para la formación de ácido y por tanto, interviene en la coagulación de la leche. el desuerado y textura de la cuajada (21, 34).

Los minerales participan en la coagulación de la leche e influyen en el desuerado y la textura del queso. La deficiencia de éstos originan una cuajada blanda (4, 58).

La acidez de la leche en el momento de la adición del cuajo, es importante en la firmeza de la cuajada, dependiendo por tanto, de ésta el tiempo que tarda la cuajada en quedar lista para su corte, así como también de la expulsión del suero. La variación de la acidez en el proceso de elaboración del queso influye sobre el tiempo de coagulación, velocidad de coagulación, tiempo del corte de la cuajada. También de la acidez depende la elasticidad y consistencia de la cuajada. Al aumentar la acidez de la leche, es menor la cantidad de cuajo requerido, el desuerado es más fácil y menor el tiempo de coagulación. Bajo esta condición se trata de una cuajada más consistente y menos plástica (30, 32, 34).

El pH de la leche, la temperatura, y tiempo de coagulación, tiene una importancia decisiva que puede modificar sensiblemente la calidad de la cuajada, ya que el tiempo de coagulación está completamente relacionado con las condiciones antes señaladas (1, 4).

Por otro lado al bajar el pH, la contracción de la cuajada es menor, y por consecuencia también, la exudación del suero disminuye. Esto es causado por la reducción de las cargas eléctricas de la caseína que disminuye la estabilidad de la cuajada (4, 6).

CAPITULO II GENERALIDADES Y PROCESO DEL QUESO

2.1. DEFINICION DEL QUESO

La definición internacionalmente aceptada para el queso hecha por la FAO/OMS, nos dice que: "El queso es el producto fresco o madurado obtenido por la coagulación y separación de suero de la leche, nata, leche parcialmente descremada, masada o por una mezcla de estos productos" (16).

El queso contiene proteínas, grasa, agua y sales en proporciones diversas, dependiendo de las manipulaciones de la cuajada obtenida. Con el uso de temperaturas especiales de maduración y de agentes específicos durante la maduración, es posible manufacturar una gran variedad de quesos con propiedades y composiciones diferentes referentes a sabor, contenido en sólidos y vida comercial. A excepción de una producción de quesos coagulados por acidificación, la leche utilizada en la elaboración de la mayor parte de los quesos se coagula con cuajo y/u otras enzimas proteolíticas (3,13).

Los quesos frescos como su nombre lo indica son los que se consumen frescos, por lo que no sufren maduración y tienen un ligero sabor ácido. Lo que no cabe duda, es que este tipo de quesos son los que se producen en mayor escala en nuestro país. Estos quesos generalmente se producen en plantas que se encuentran ubicadas en cuencas lecheras y se transportan a grandes distancias para su comercialización en las grandes ciudades (12, 49).

En la constitución del queso fresco se retiene la mayor parte de la grasa que queda conservada en el interior de la malla de caseína; las sales insolubles y sustancias coloidales así como también parte del agua de la leche en la cual se encuentran: lactosa, albúmina sales solubles y otros constituyentes de la leche. El queso es colocado en moldes, salado y conservado a temperaturas definidas y controladas (13, 16).

2.2. CLASIFICACION DE LOS QUESOS

Existe una gran variedad de quesos; por la que es difícil establecer una división rígida de ellos, las características que se pueden usar para agruparlos son múltiples y no siempre son usuales a todas las variedades, por tanto, algunas de éstas no pueden ser colocadas racionalmente en los grupos de algunos sistemas. Así, considerando el método de coagulación, se podrían dividir en quesos al ácido, al cuajo y de coagulación mixta (16).

En cuanto a la maduración, se podrían agrupar en frescos, no madurados y quesos madurados, estos a su vez se podrían sub-dividir en quesos madurados por bacterias y madurados por hongos, aunque en estos últimos actúen también bacterias (12, 16).

Según el método de manufactura y tratamiento del grano, se podrían agrupar en quesos de pasta cruda y quesos de pasta cocida. En fin, el número resultante de estas posibles clasificaciones y sus combinaciones es muy grande y se prestaría para muchas confusiones (18, 51).

Para facilitar el estudio, se presentan dos de las

clasificaciones más usadas (Clasificación de los quesos según su textura y clasificación según su consistencia y maduración) (13, 16):

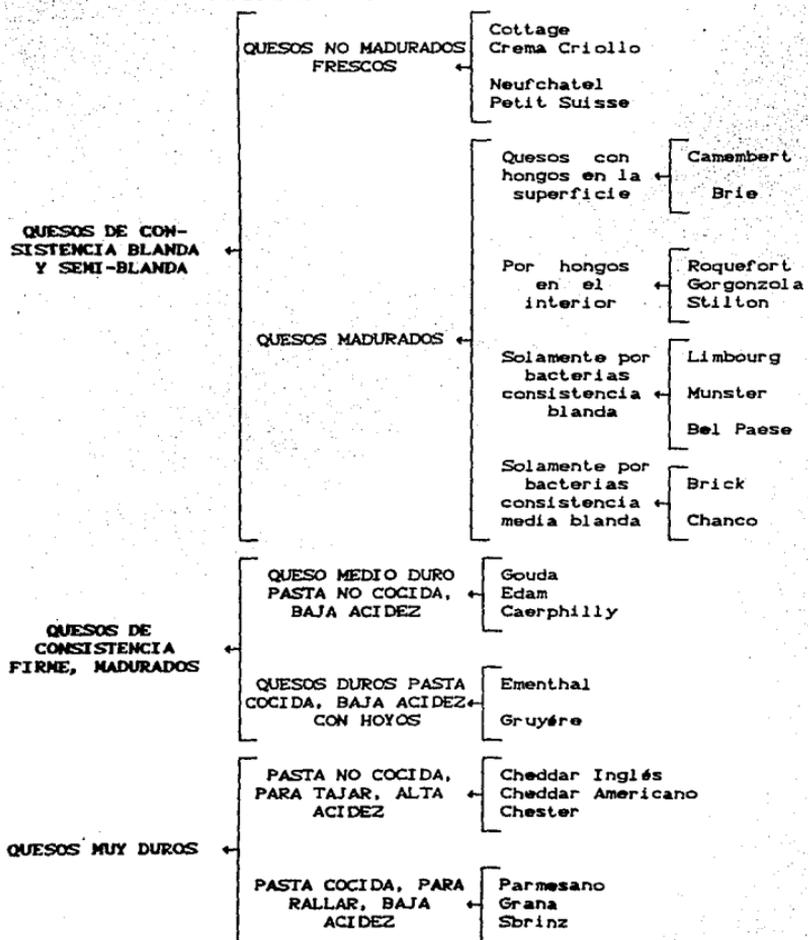
2.2.1. CLASIFICACION DE LOS QUESOS SEGUN SU TEXTURA

1. Quesos extraduros. Son quesos para rayar (Parmesano, Grana).
2. Quesos de pasta hilada. (Oaxaca, Caciocavallo)
3. Quesos de pasta dura, cocida o no. Son quesos para tajjar (Gruyère, Emmenthal, Cantal, Cheddar)
4. Quesos de pasta firme y lavada. (Edam, Gouda)
5. Quesos de pasta blanda, con hongos en el interior. (Roquefort, Gorgonzola, Stilton).
6. Quesos de pasta blanda con corteza lavada. (Munster, Limbourg)
7. Quesos de pasta blanda con hongos en la superficie. (Erie, Camembert).
8. Quesos de pasta blanda madurado en frío. (Bel Paese).
9. Quesos de pasta fresca no madurado. (Petit, Suisse, Crema).

FUENTE: - Ingeniería para la Industria lechera; Artur W. Farrall; Edit. Herrero S. A.; México 1963.

- FAO: Estudios sobre nutrición, la leche y los productos lácteos en la nutrición humana; S.K. Kon; segunda edición, Roma 1982.

2.2.2. CLASIFICACION DE LOS QUESOS SEGUN SU CONSISTENCIA Y MADURACION (22)



2.3. CARACTERISTICAS DE LOS QUESOS FRESCOS

Cuando hablamos de quesos no madurados, generalmente se trata de variedades que se consumen en estado fresco y de pasta blanda con las siguientes características (4, 48, 49):

- Contienen un porcentaje de humedad relativamente elevado (45% - 57%), el agua queda retenida en el queso por las técnicas de fabricación utilizadas.
- No deben madurar o fermentar después de su fabricación, si esto ocurre aparecen defectos y se estropea en menos tiempo. Por lo tanto, estos quesos deben conservarse en frío y consumirse en estado fresco.
- La duración de su conservación depende, de la calidad de la materia prima, del contenido en agua, de las técnicas de fabricación y de las condiciones higiénicas durante la manipulación, el almacenamiento y la distribución.
- Los quesos frescos tienen distintos contenidos en materia grasa, la mayor parte son magros, aunque también hay algunos grasos.
- Las variedades de quesos frescos con un bajo contenido en materia grasa y en sal pueden considerarse como quesos dietéticos y de régimen.

2.4. DEFECTOS DEL QUESO FRESCO

Cada variedad de queso posee una serie de características típicas referentes a su olor, sabor, color, consistencia, textura y aspecto general, que la distinguen de cualquiera otra, dependiendo de las condiciones de producción y de la exactitud adoptada en el método de trabajo. Que corresponde a una calidad excelente (16).

Por otro lado, cualquier anomalía de una o más de las características, corresponderán a los defectos de calidad que inferiorizarán al producto o lo volverán impropio para su consumo.

Existen defectos que son inherentes y específicos en determinados tipos de quesos, mientras que otros son comunes. Además de tener ciertas características consideradas como defectos, en algunos quesos son atributos propios del queso. Estos defectos pueden ser originados por fermentaciones anormales provocadas con agentes ya existentes en la leche o que entran posteriormente por contaminación. También pueden ser derivados de técnicas defectuosas de producción, u originados por manejo impropio y faltas de las condiciones adecuadas durante el almacenaje. Es por ello, que resulta difícil establecer una clasificación rígida de los defectos (8, 12).

En estas circunstancias, se ordena a los defectos como sigue (12, 30, 34):

1. DEFECTOS EN EL ASPECTO EXTERNO.

DEFECTO	CAUSAS
A. Irregular	Los moldes no se llenaron por igual; volteo insuficiente.
B. Exudación	Temperatura demasiado baja durante la coagulación, escaso cuajo, cuajada demasiado blanda.
C. Manchas de hongos	Presencia de hongos (por ejemplo, del género <i>Mucor</i>).
D. Ataque de levaduras	Levaduras; poca higiene en la elaboración, leche mal pasteurizada.

2. DEFECTOS EN EL ASPECTO INTERNO.

DEFECTO	CAUSA
A. Hinchazón bajo la cáscara	Trabajo poco higiénico, el empezar el prensado con poca presión o disminuir el tiempo de prensado.
B. Presencia de ojos irregulares	Tratamiento inadecuado de la cuajada, volteo irregular.
C. Agrietado	Cuajada demasiado ácida.
D. Blandura marginal	Proporción demasiado alta de suero, escasa cantidad de cuajo, o bien, escasa cantidad de CaCl_2 , salazón muy débil, aumento en la temperatura durante la coagulación, corte de la cuajada más gruesa.

3. DEFECTOS DE OLOR Y SABOR.

DEFECTO	CAUSA
A. Acido	Elevado contenido de suero; leche pasteurizada a temperatura demasiado alta; tratamiento insuficiente de la cuajada.
B. Amargo	Demasiado suero; hinchazón; demasiada cantidad de cuajo; tratamiento térmico fuerte.
C. Salado	Salazón demasiado precoz, aceptación de excesiva cantidad de sal salazón demasiado larga.
D. Jabonoso	Queso muy viejo.

- FUENTES: - *Lácteos mexicanos: pauta de operaciones para la elaboración de quesos; Vol. 4, No. 8; FAD Santiago de Chile; Dic. 89-Ene 90.*
- *Introducción a la lactología; Patrick Francis Keating et al.; Editorial Limusa, Méx. 86.*
- *Lactología industrial; Spreer; Editorial ACRIBIA; Zaragoza 76.*

2.5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL QUESO FRESCO

Los procesos usados por los fabricantes son muy variados, estando las modificaciones en función del tipo de queso, del equipo, del tipo de leche (49). Es por eso que se describen brevemente los procesos generales que intervienen en la fabricación de las diferentes variedades de quesos frescos, siendo mostrados en los diagramas 1 y 2.

2.5.1. RECEPCIÓN

Los tratamientos básicos que se hace con la leche a su recepción son (17):

1. Descarga de las cisternas con la leche procedente de granjas.
2. Filtrado de la leche para separación de las impurezas más groseras.
3. Desaireación de la leche para eliminar el aire ocluido y que puede provocar oxidaciones del contenido graso.
4. Almacenamiento intermedio.
5. Centrifugación para la eliminación de todo tipo de impurezas y también, para la normalización de su contenido graso, si es necesario.
6. Enfriamiento de la leche.
7. Toma de muestras para los análisis químicos y microbiológicos para el control de calidad de la leche recibida.

2.5.2. CLARIFICACION

Es aconsejable clarificar la leche de una manera eficiente antes de la elaboración del queso. Debido a que el material extraño presente en la leche sin clarificar a menudo contiene distintos tipos de microorganismos. Donde la mayoría de ellos pueden causar problemas en la calidad del producto final si no son eliminados. (3, 8).

2.5.3. PASTEURIZACION

La principal finalidad de la pasteurización es destruir a las bacterias patógenas que eventualmente se pueden encontrar en la leche. Por lo tanto, es una medida higiénica que además está plenamente justificada porque las temperaturas a las que se trabaja durante la fabricación del queso son generalmente propicias para el desarrollo microbiano (4, 12, 33).

Es muy importante el control de las temperaturas de pasteurización ya que si la leche es elevada a temperaturas muy altas, las proteínas del suero se desnaturalizan y precipitan junto con la caseína, obteniéndose un mayor rendimiento, sin embargo, esto no es positivo ya que el queso adquiere una menor calidad, debido a la elevación del contenido de proteínas de suero en el queso, que le aportan un sabor amargo. Es por eso que la pasteurización se recomienda realizarla a 72°C por 15 seg. (3, 38).

2.5.4. HOMOGENIZACION

La homogenización es un proceso físico cuyo propósito es desintegrar y dividir finalmente los glóbulos de grasa en la leche con objeto de conseguir una suspensión permanente, evitando que la grasa se separe del resto de los componentes y ascienda hacia la superficie por su menor peso. Esta operación distribuye uniformemente a la grasa evitando así la formación de nata. También la homogenización ofrece una mayor resistencia a la oxidación que produce olores y sabores desagradables en la calidad del producto final (13, 17).

2.5.5. PRODUCCION DE LA CUAJADA

En las plantas queseras, la cuajada es calentada en la cuba quesera por adición de agua caliente o por circulación de un medio calefactor a través de la camisa de la cuba.

La principal tarea del quesero durante el proceso de coagulación es asegurar la secuencia específica de operaciones que den lugar a buenos resultados, una vez adicionado el cuajo. En el proceso existen factores de gran influencia sobre la coagulación, que son la dosificación del CaCl_2 , dosificación del cuajo, corte de la cuajada y desuerado.

Durante la producción de la cuajada, en general, se reconocen tres fases en el proceso de coagulación de la leche mediante la adición del cuajo. En la primera, casi independiente de la temperatura, la enzima rompe la cadena de aminoácidos de la K-caseína por la unión establecida entre un residuo de fenilalanina y otro de metionina, que ocupan respectivamente las posiciones 105 y 106 de la

molécula. Esta hidrólisis, da lugar a la formación de para-K-caseína y de un macropéptido (15, 32, 64).

Una vez formada la para-K-caseína en la primera fase, surge la segunda fase de coagulación, que depende de la temperatura, e incluso sólo se produce cuando existen en el medio iones de calcio. Esta influencia desaparece y las micelas se combinan entre sí, dando lugar a la formación de un coágulo que engloba el resto de los componentes de la leche (32, 64).

En el caso de la Renina, esta enzima ataca primordialmente a la unión fenilalanina 23-fenilalanina 24, y luego a otros puntos de la cadena polipeptídica. Al tratarse de otras enzimas, cada una de ellas cuenta con un rango de pH óptimo para el ataque de la caseína; fuera del cual no se logra esta fase (13, 15, 37).

Como ya se ha dicho anteriormente, la K-caseína ejerce una influencia estabilizadora sobre las micelas de caseína. Una vez formada la para-K-caseína y existiendo en el medio iones de calcio, esta influencia desaparece y las micelas se combinan entre sí, dando lugar a la formación de un coágulo que engloba el resto de los componentes de la leche (32, 41, 64).

En la tercera fase, la enzima activa del cuajo sigue actuando durante la formación del queso, contribuyendo a la proteólisis, originando así la formación de aromas; y la maduración según sea el tipo de queso del que se trate. En el caso de ser una proteólisis muy fuerte, ésta, puede ser la causa de un sabor amargo en los quesos (32, 39, 42).

2.5.6. DOSIFICACION DEL CLORURO DE CALCIO

El cloruro de calcio se agrega a la leche con el fin de elevar el contenido de iones Ca^{++} para mejorar y estabilizar la capacidad de la leche en la formación de un coágulo apropiado, ya que es necesario contar con cierta cantidad de iones de calcio que permiten al cuajo, acelerar su coagulación al momento de ser precipitada la para-caseína que se forma, obteniéndose de ésta una cuajada firme, más depurada, compacta, flexible y de un rendimiento mayor. Estas características le permiten a la cuajada soportar las intervenciones mecánicas durante el proceso de fabricación (46, 38).

La mejor forma de asegurar la distribución homogénea del calcio en la leche consiste en adicionarlo en forma disuelta. Esta adición debe efectuarse en cantidades exactamente medidas ya que si se añade una cantidad menor, la cuajada formada es menos flexible.

En 1981 Ramet et al, determinaron, que la temperatura ideal para la adición de las sales cálcicas, es a los $33-35^{\circ}C$ (3, 22, 32).

2.5.7. DOSIFICACION DEL CUAJO

Una vez alcanzada la temperatura entre los $33-35^{\circ}C$ se adiciona el cuajo a la leche con una agitación suave, para que se integre por igual (32, 33). La función del cuajo en la elaboración del queso fresco consiste especialmente en acelerar la coagulación de la caseína y en consecuencia a la adición del cuajo. Donde la actividad del cuajo depende de la cantidad de leche utilizada, temperatura y tiempo de coagulación (11, 39, 52).

La temperatura de coagulación no sólo influye sobre el tiempo requerido en la producción de la cuajada sino también sobre la capacidad de hidratación de la misma, la consistencia de la cuajada y la acidificación. La temperatura de coagulación regula la humedad en las cuajadas para favorecer cierta contracción de las partículas de caseína que expulsan el suero (1, 30, 41).

El tiempo de coagulación es el tiempo necesario para la formación de agregados visibles de un gel uniforme. Para lograr un tiempo óptimo de coagulación, se debe agregar la dosis de cuajo adecuada y mantener la acidez de la leche (0.14-0.17%) antes de ser agregado el cuajo (1, 36, 39).

2.5.8. CORTADO DE LA CUAJADA

El *cortado de la cuajada* facilita provoca, acelera y controla la separación del suero, determinando la consistencia, elasticidad y textura de la misma. Esta operación se realiza con liras de plástico o de acero inoxidable, con la finalidad de cortar en partes iguales la masa de la cuajada.

Para quesos frescos y pastas blandas, la cuajada se corta en trozos más grandes que para quesos duros (4, 58). Además los quesos blandos se deben fragmentar una sola vez, también se recomienda para este tipo de quesos, que el tamaño de los fragmentos de la cuajada sean grandes (2-3 centímetros de ancho).

Si la cuajada se corta antes de tiempo, cuando está demasiado

blanda, aumenta la pérdida de grasa y de caseína, quedando por consecuencia en pequeños fragmentos, perdiéndose a la vez, grandes cantidades de sólidos, es por eso necesario esperar a que la cuajada se encuentre en el punto adecuado de corte. Por lo tanto, cuanto más fino se realice el corte, mayor será la superficie total de cuajada, originándose una mayor cantidad de suero perdido (3, 30, 33).

Para determinar el momento del corte de la cuajada, este se realiza (34):

-Cuando la cuajada ofrece aspectos de porcelana y se rompe al cortarla.

-Cuando la cuajada se puede separar de la pared del recipiente.

Las liras son aros rectangulares de metal que tiene un ancho igual o ligeramente superior al ancho de la tina, estos rectángulos son cruzados por una serie de alambres de plástico o de acero inoxidable resistente a los ácidos, colocados a espacios regulares a la distancia más conveniente para el tipo de trabajo y variedad de queso a producir. Por lo general, se usan dos liras, una de alambres verticales y otra de alambres horizontales. Aplicando la lira horizontal una vez, y enseguida, la vertical en los dos sentidos, longitudinal y transversal, es así como se obtiene la división de la cuajada en pequeños cubos o granos sumergidos en el suero que va saliendo rápidamente de ellos; cuyo tamaño depende de la distancia

de los alambres de la lira. Estas dimensiones pueden variar, según los métodos de fabricación y las variedades de queso, desde unos 3.0 mm hasta 3.0 cm más (8, 13, 34).

Es evidente que las liras deben encontrarse en perfecto estado de higiene, sin alambres flojos o rotos, y sin estar oxidadas. Estas deben introducirse y retirarse de la cuajada oblicuamente, para evitar quebrar la cuajada. Una vez introducidas, las liras deben ser movidas de tal forma que aseguren un corte uniforme (30, 57).

2.5.9. DESUERADO

Una vez formada la red del gel se originan muchas más uniones entre las micelas debido a que éstas suelen sufrir un empaquetamiento mucho más compacto. Cuando esto ocurre el gel expele suero, proceso al que se le conoce como sinéresis. El término genérico de desuerado se utiliza principalmente para describir el conjunto de la sinéresis y las operaciones que se realizan para la extracción del lactosuero, incluyendo el desuerado complementario durante el moideo, el pre-prensado y prensado hasta su comercialización (30, 36).

El lactosuero que se extrae contiene la mayor parte de la lactosa y de las sustancias nitrogenadas no coaguladas, así como también una proporción variable de minerales.

La mayor o menor cantidad de suero retenido en la cuajada determina muchas de las características de los quesos: dureza,

textura, velocidad e intensidad de la maduración, etc. Por ésta razón la operación de desuerado tiene una gran importancia en el proceso de fabricación (8, 33, 57)

2.5.10. PRE-PRENSADO

Después del desuerado, se forma un bloque con el grano acumulado en el fondo de la cuba para prensarlo y enseguida para ser distribuido en los moldes (30, 57).

2.5.11. SALADO

La salazón del queso se efectúa con la finalidad de impartirle cualidades de consistencia y textura que influyen en la solubilidad de los componentes nitrogenados para facilitar la expulsión del suero. Además de estas propiedades, esta operación hace que el sabor sea más apetecible, da al producto mayor conservación, así como inhibir o retardar el desarrollo de microorganismos indeseables para seleccionar la flora normal del queso. En realidad la sal en el queso se encuentra disuelta en el agua retenida en el producto (38, 43, 46).

En el caso de la elaboración del queso fresco, se realiza el salado inmediato de la cuajada. El cual se efectúa después de la separación del suero en tamices rotatorios o vibratorios. La sal debe mezclarse de forma cuidadosa con la cuajada (1, 3).

2.5.12. MOLDEADO

El moldeado tiene la finalidad de darle al queso determinada forma y tamaño de acuerdo con sus características y, de cierto modo, con la tradición y exigencias del mercado (3, 8).

Los moldes pueden ser muy variados, no solo en cuanto a sus dimensiones sino en lo que respecta a los materiales de que están contruídos: aleaciones de aluminio, materias plásticas, hierro estañado, acero inoxidable, madera, etc. La forma de los quesos puede ser esférica, prismática, cilíndrica, de cono truncado, etc..

En general, al colocar la cuajada en los moldes se revisten éstos de tela o paño para facilitar la salida de algo de suero y formar la corteza. Hoy en día se usan moldes con telas metálicas que sustituyen a los de lienzo. Los paños deben ser colocados de tal modo que no provoquen marcas ni arrugas en la superficie del queso.

Cuando el queso está ya lo bastante duro en el molde, se procede a sacarlo del mismo (1, 30, 57).

2.5.13. PRENSADO

El objeto del prensado es extraer un poco más de suero, compactar la masa uniendo el grano e imprimir al queso el formato deseado. Este prensado permite completar el desuerado, sus condiciones como la intensidad, la progresión y el tiempo varían en función del tipo de queso que se vaya a elaborar (3, 57).

Muchos quesos son colocados solamente en los moldes para escurrir, tomar forma y textura por autocompresión; para esto se da vuelta al molde con frecuencia para que así, el propio peso de la masa

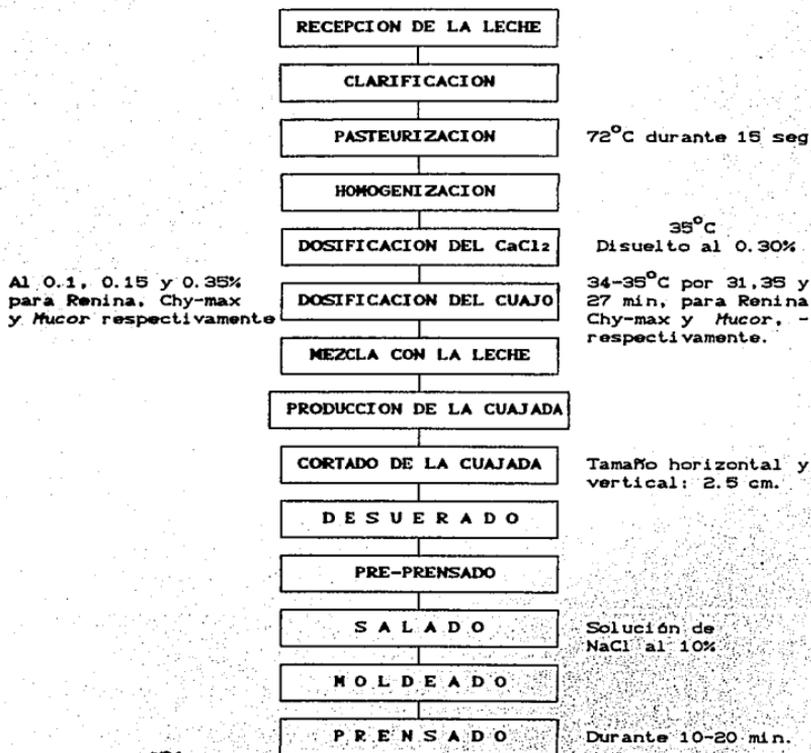
vaya compactando el queso (6, 12).

Los quesos suaves y con mucho suero deben ser sometidos a una presión liviana, pero los quesos duros y con menos suero pueden ser prensados más fuertemente; sin embargo en cualquier circunstancia, la presión debe ser aplicada con menor intensidad al principio y ser aumentada después en fases sucesivas. En general, la presión se dobla en intensidad al final con relación a la presión inicial.

El prensado puede variar en duración, desde unos 10-20 min en quesos medio blandos, usando prensas hidráulicas, hasta 24 y 48 hrs en quesos duros (4, 13, 30, 51).

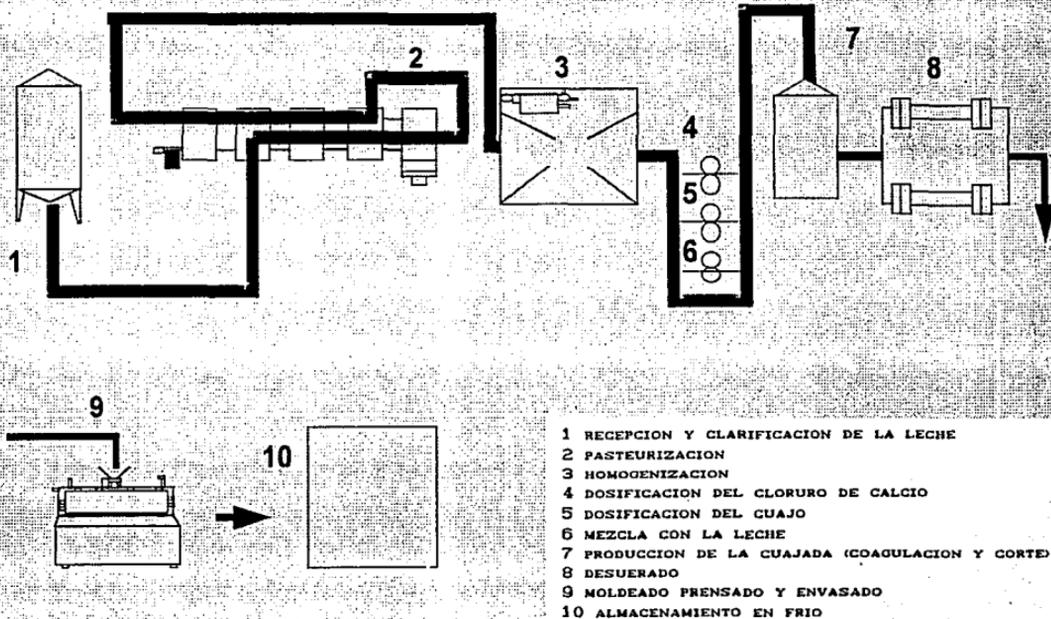
DIAGRAMA No. 1

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DEL QUESO FRESCO



FUENTE: 3, 30, 32, 34.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACION DEL QUESO FRESCO



- 1 RECEPCION Y CLARIFICACION DE LA LECHE
- 2 PASTEURIZACION
- 3 HOMOGENIZACION
- 4 DOSIFICACION DEL CLORURO DE CALCIO
- 5 DOSIFICACION DEL CUAJO
- 6 MEZCLA CON LA LECHE
- 7 PRODUCCION DE LA CUAJADA (COAGULACION Y CORTE)
- 8 DESUERADO
- 9 MOLDEADO PRENSADO Y ENVASADO
- 10 ALMACENAMIENTO EN FRIO

FUENTE: 3, 30, 32, 34.

C A P I T U L O I I I

COAGULACION EN LA LECHE

3.1. DIFERENTES TIPOS DE COAGULACION EN LA LECHE

La coagulación o cuajado de la leche físicamente se traduce en la floculación de las micelas de caseína, que se unen para formar un gel compacto aprisionando el líquido de dispersión que constituye el suero.

Para la obtención de esta floculación, se recurre en quesería a dos métodos: la acidificación y la adición de cuajo, que dan lugar a tres tipos de cuajada, llamadas ácida, enzimática y mixta. Estas cuajadas tienen propiedades y comportamientos muy distintos, las diferencias entre los tres tipos son la base de la tecnología utilizada para fabricar las distintas variedades de queso que determinan las características individuales de cada una de ellas.

3.1.1. COAGULACIÓN ACIDA

En el caso de la cuajada, que se obtiene exclusivamente por acidificación existen micelas desmineralizadas; (moléculas de caseína que no cuentan con enlaces ni estructura, sin cohesión e incapaces de contraerse; ejemplo: queso tipo cottage). En este tipo de coagulación, el agua está químicamente ligada a la fase sólida y se encuentra fuertemente retenida en la cuajada. Por consecuencia, la cuajada ácida es frágil, porosa, friable y poco contráctil, como resultado de una coagulación lenta, por lo que las manipulaciones que siempre son necesarias en quesería, como la agitación, deben llevarse acabo

cuidadosamente para evitar la separación de pequeñas partículas de cuajada que dan al suero un aspecto turbio y blanquecino que suponen importantes pérdidas (4, 32).

3.1.2. COAGULACION ENZIMATICA

Durante la coagulación enzimática, las micelas de caseína conservan su estructura y la cuajada retiene la mayor parte del calcio y del fósforo, que son algunos de los elementos que le dan rigidez, cohesión e impermeabilidad. Por la acción del cuajo se forman nuevos enlaces y muchas micelas se unen entre sí para formar grandes redes. Las mallas formadas, como un tejido esponjoso, retiene mecánicamente una buena parte del agua. Como resultado de la interacción de todos estos fenómenos la red formada se reestructura y se contrae, haciendo posible la expulsión del suero. Sin embargo, la sinéresis no se inicia de forma espontánea. El coágulo es impermeable haciendo difícil y lento el paso del suero. También es compacto, firme y elástico a una temperatura de coagulación entre 33-40°C y la presencia en cantidad suficiente de calcio soluble, (coagulación rápida) capaz de soportar las acciones mecánicas que favorecen al desuerado. Por otra parte, la temperatura y el pH del medio también influyen sobre el desuerado. La intervención conjunta de todos estos fenómenos determina la velocidad de desuerado y la consistencia de la cuajada (30, 32).

En esta coagulación existe una insolubilización de la caseína. Cuanto más elevada es la acidez en el momento de la adición del cuajo, mayor es el carácter "ácido" de la cuajada (1, 6).

Las características referentes a las dos formas habituales de coagulación en la leche, son resumidas en el Cuadro No. 1, en el que se observa la diferencia entre la coagulación por la adición de cuajo, de la coagulación por acidificación.

CUADRO No. 1
CARACTERISTICAS DE LAS DOS FORMAS HABITUALES DE
COAGULACION DE LA LECHE

	C O A G U L A C I O N P O R	
	Acción enzimática	Acidificación espontánea
PROCESO BIOQUIMICO	Lactosa no degradada	Fermentación láctica
MODIFICACION DE LA CASEINA	Transformación en paracaseína y separación de una parte no proteica.	Sin modificación química de la proteína
pH	6.8	4.6
COMPOSICION DEL COAGULO	Fosfoparacaseinato de calcio	Caseína (desmineralizada)
NATURALEZA DEL COAGULO	Gel elástico impermeable	Cuajada desmenuzable, sin cohesión
SI NERESIS	Rápida	Lenta

FUENTE: Ciencia de la leche.
Charles Alais, España 1985.

3.1.3. COAGULACION MIXTA

En la coagulación mixta la leche se coagula por la acción conjunta del cuajo y la acidificación, con predominio de una u otra según los casos, y tipo de queso que se desee fabricar. En esta coagulación mixta se obtiene una cuajada con propiedades intermedias, menos características que las de la cuajada obtenida por un único método de coagulación.

Cuando se obtienen cuajadas mixtas por la acción del cuajo sobre una leche ácida; y por acidificación de un gel obtenido enzimáticamente, se tiene en el primer caso, que la acidez disminuye el tiempo de coagulación enzimática, y en el segundo, la cuajada enzimática sufre una progresiva desmineralización (1, 4).

3.2. ENZIMAS COAGULANTES DE DIFERENTES ORIGENES

Al existir una gran variedad de coagulantes, es muy importante que el fabricante de queso tome en cuenta que cada uno de ellos posee sus características propias. Por lo tanto, deberán tenerse presentes las condiciones de uso, especialmente cuando se cambia de un coagulante a otro o cuando se introduce algún nuevo extracto en el preparado coagulante.

Hoy en día existe una gran variedad de enzimas coagulantes de interés industrial, las cuales se muestran en la Tabla No. 3.

TABLA No. 3
 VARIEDAD DE ENZIMAS COAGULANTES

ENZIMAS	ORIGEN	DISTRIBUIDO POR
QUIMOSINA/RENINA QUIMOSINA 100% PEPSINA	RUMIANTES RUMIANTES RUMIANTES CERDOS POLLOS	
MICROBIANAS	<i>Mucor miehei</i> <i>Mucor pusillus</i> <i>Endothia parasitica</i>	NOVO GEEST-BROCADES MARSHALL CHR. HANSEN MARSHALL MEI TO SANGYO PFIZER
QUIMOSINA BIOGENETICA	FERMENTACION	PFIZER GEEST-BROCADES CHR. HANSEN

FUENTE: Lactiños; Enzimas coagulantes para queso.

3.2.1. CARACTERISTICAS DEL CUAJO DE ORIGEN ANIMAL

Los cuajos de origen animal, generalmente provienen de tres especies animales: bovino, cerdo y becerro. Como antecedente se tiene que el de mayor uso en la industria quesera es el último, conocido como Renina (32, 44).

Esta enzima transforma en un gel coloidal la caseína de la leche, que es soluble en agua (1:3); su capacidad coagulante es

afectada, cuando el cuajo es expuesto a altas temperaturas (superiores a 40°C), además de alterarse con la presencia de la luz. El punto isoelectrico de la Renina es de 4.5, al aumentar el pH de 8.3 a la neutralidad, la actividad de la enzima disminuye con mayor rapidez.

En los extractos de Renina de ternera se encuentra presente además la pepsina, en concentración de 3-15%, con variaciones en las que influye la edad y la alimentación del animal. Por otro lado, las preparaciones comerciales de Renina de ternera contienen un 10-30% de pepsina bovina. En forma líquida esta enzima, se conserva con un alto contenido de sal (14-20%) además de utilizar como aditivos benzoato de sodio y el propilenglicol (10, 22, 29, 33).

Con el incremento de la producción mundial de queso, la demanda del cuajo ha experimentado un gran aumento. Al mismo tiempo, el precio de cuajo de vaca (Renina) se ha incrementado considerablemente, debido al costo creciente de su extracción y también a la poca disponibilidad de animales lactantes. Como consecuencia de esta situación se ha despertado un enorme interés por el desarrollo y uso de los sustitutos del cuajo animal, que cubran los criterios de un coagulante ideal.

3.2.2. CRITERIOS DE UN COAGULANTE IDEAL

Debido al aumento registrado en la producción quesera mundial, desde principios del siglo XX se ha investigado para encontrar sustitutos que cumplan los siguientes criterios de un coagulante ideal (1, 24, 28):

1. Tener una coagulación efectiva de la leche sin hidrólisis indebida del coágulo. Además, se debe producir un máximo rendimiento.

2. Ser universal en su uso. Por tanto, debe tener aplicación en las diferentes variedades de queso desarrollando un cuerpo, sabor y textura adecuados para cada tipo de queso.

3. Tener un costo semejante a la Renina. Sin ser este un subproducto dependiente de otro mercado.

4. Que no sea de origen animal, como piden algunos países, donde se rechazan los productos de animales sacrificados, ya sea por razones religiosas o filosóficas.

5. Que tenga una vida de almacenamiento razonable, su color y olor deben ser aceptables, así como encontrarse libre de toxinas y patógenos.

3.2.3. CARACTERISTICAS DEL CUAJO DE ORIGEN FUNGAL

En el caso de las proteasas de origen fúngico, las propiedades de estas enzimas difieren en comparación a la Renina. En especial las derivadas del *Mucor* (13). El reemplazamiento de mayor utilidad ha sido el *M. miehei*, ésta enzima hidroliza los enlaces peptídicos a nivel de los radicales de aminoácidos aromáticos, como son la uniones entre la fenilalanina-tirosina. Esta enzima degrada rápidamente la caseína en el rango de pH 5.5.-7.5. originando quesos

amargos, por lo que este extracto se utiliza con éxito para la fabricación de muchos tipos de quesos, tales como: Brick, Camembert, Cheddar, Cottage, Edam, Gouda, variedades italianas, etc. En relación a la termoestabilidad, esta enzima se desactiva en su totalidad aproximadamente a los 80°C y no presenta cambios de 25-70°C. Tanto su acción proteolítica como coagulante son inhibidas por cloruro de alquil dimetil bencil amonio. En presencia de aluminio pierde su capacidad de hidrolizar el enlace 105-106 de la caseína-Kappa, sin ser dada su actividad proteolítica (21, 22, 41, 51, 52).

3.2.4. CARACTERISTICAS DEL CUAJO DE ORIGEN VEGETAL

Los coagulantes de este tipo obtenidos por procedimientos rudimentarios son empleados para la obtención de coagulaciones ácidas, o bien, enzimáticas que se utilizan principalmente para la elaboración de cuajadas blandas. Estos extractos son generalmente utilizados en zonas aisladas en las que la adquisición de otro tipo de coagulantes resulta difícil.

Uno de los primeros coagulantes vegetales descubiertos fue el latex de la higera *Ficus carica*. Otros de los extractos son: la papaina de la Carica papaya; la bromelina del árbol de la Piña (*Ananas sativa*); y la ricina de las semillas del ricino *Ricinus communis*.

Es importante mencionar, que en general, la aplicación de estas enzimas, ha resultado ser inadecuada, puesto que poseen muy alta actividad proteolítica resultante en quesos, con sabores amargos y de

pobre textura.

Su empleo se ha intentado adaptar en el procedimiento de fabricación del queso pero hasta ahora no hay ninguna aplicación exitosa que se haya introducido al mercado (18, 22).

3.2.5. CARACTERISTICAS DEL CUAJO DE ORIGEN BIOGENETICO

Recientemente se ha comenzado a producir quimosina de ciertos organismos producidos por una fermentación completa que es desarrollada por la técnica de DNA recombinante. Actualmente existen en el mercado tres cuajos de este tipo; con las que se ha logrado la expresión de la quimosina de ternera en la *Escherichia coli* (Chy-max), producida ésta por los Laboratorios Pfizer, la otra enzima es producida por Genecor proveniente del *Aspergillus niger* y la producida por Gist-Brocades obtenida a partir del *Kluyveromyces lactis*. Siendo estas dos últimas enzimas muy costosas en comparación con los demás cuajos existentes en el mercado aún contra el mismo Chy-max (10, 61).

El Chy-max, es un cuajo universal, que tiene la misma identidad de la Renina, esta es una solución salina de quimosina 100% activa. Producida a partir de una fermentación que contiene no más del 0.3% de benzoato de sodio, añadido como conservador. Esta proteasa, Chy-max se emplea para coagular leche en la manufactura de todo tipo de quesos y de otros productos lácteos, entre ellos los destinados a mercados vegetarianos (23, 25).

La quimosina biogénica -Chy-max- ha sido aprobado en paralelo a la Renina de ternero en un número importante de industria lácteas en Europa y América. Para el mercado europeo, justamente se inicio la introducción de la quimosina producida por fermentación, debido a que recientemente se obtuvo su aprobación. Con respecto a Estados Unidos, el cuajo de quimosina ha tomado gran importancia; probablemente esta aceptación, se debe a su similitud con la quimosina animal (22, 55).

La quimosina producida por fermentación (Chy-max) es idéntica a la secuencia de aminoácidos que presenta la quimosina original Renina, por lo tanto, puede usarse de la misma forma que el cuajo de ternero. El Chy-max es estable en mayoría de los quesos a valores de un pH de 6.5-6.8. Esta enzima, aumenta su actividad coagulante a medida que aumenta la temperatura del sustrato, comenzando a desnaturalizarse aproximadamente a los 47°C. Esta enzima en comparación con la renina, disminuye su poder coagulante más rápidamente a temperaturas elevadas (9, 15, 23, 37, 61).

Las ventajas que el Chy-max ofrece, son las de un máximo rendimiento; excelente desarrollo de sabor en los quesos, así como también, el ser un producto no dependiente de la fluctuación en los precios de los estómagos de ternero, resultando en un valor monetario estable (24, 37).

3.3. CARACTERISTICAS DE PRESENTACION DE LOS CUAJOS COMERCIALES

Sin importar la presentación un buen cuajo debe tener: Un poder coagulante constante, buena conservación y estar exento de bacterias y enzimas perjudiciales (24).

El cuajo comercial es expedido bajo tres formas: en polvo, en pastilla y cuajo líquido. Cabe señalar que la composición de cada uno de éstos depende de su estado. El cuajo en polvo o en pasta, debe estar seco, ser translúcido, desprovisto de gránulos grasos, con olor típico, no mohoso ni en vía de putrefacción y salado; este cuajo consiste tan sólo en tiras de cuajar de ternero lactante conservado y desecado de modo apropiado y salado. El poder coagulante de los cuajos sólidos es de 1:100 000 a 1:150 000 que es más puro desde el punto de vista químico y bacteriológico que el cuajo líquido y conserva mejor su actividad, pero es más delicado de manipular, ya que es una sustancia higroscópica (29, 32)

Los cuajos líquidos son limpios, de olor bueno y deben conservar su poder de coagulación, si bien, con el tiempo disminuye su valor. Se guardan en sitio seco, oscuro y herméticamente cerrado. Los cuajo líquidos normales deben tener un poder de coagulación de 1:10 000 a 1:20 000 lo cual significa que con una parte de cuajo (1 lit) se pueden coagular 10,000 o 20,000 partes de leche (lit de leche) respectivamente (17, 31).

CAPITULO IV
PROCESOS DE OBTENCION DE LOS CUAJOS

4.1. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE RENINA

Es importante mencionar, que la descripción de este proceso, es el de la obtención de Renina en estado líquido, mostrado en los Diagramas 3 y 4. Los cuajos líquidos deben ser límpidos, de olor y color bueno, conservando su poder de coagulación, a pesar de que este poder con el tiempo tienda a disminuir. Por tanto, los cuajares deben proceder de animales jóvenes lactantes que nunca hayan pastado. Si se utilizan estómagos de ternera conviene que los animales no tengan más de veinte días (15-20 días de edad). Además, siempre que sea posible, debe procurarse que dicho ganado se mantenga en ayunas durante las 24 hrs. previos al sacrificio (2, 31, 37).

Inmediatamente después de que los terneros hayan sido sacrificados debe separarse su cuarto estómago o cuajar de las demás vísceras, vaciándolo por compresión de las materias que pueda contener. Enseguida, los cuajares deben someterse a un lavado y un desecado para la elaboración de la renina (33).

4.1.1. LAVADO.

El lavado se realiza por compresión con la finalidad de quitar suciedades y grasas que presente el cuajar, además de vaciar su contenido, que es alimento digerido (32, 40).

4.1.2. DESECADO

Es muy importante que los estómagos se desequen rápidamente a una temperatura moderada (25-30°C). En esta operación, el cuajar se pondrá a secar cerrando sus extremos con un hilo, atándolo primeramente por el estrechamiento de 3-5 cm para inflarlo con aire por el otro extremo, hasta que el cuajar se distienda y se ponga turgente como un globo, atándose entonces también este extremo (2, 32).

4.1.3. INMERSION EN SALES

Una vez lavados y desecados los cuajares, estos se cortan en pedazos lo más pequeños posible, sometiéndolos a una evaporación de baja presión y temperatura. Se recurre a poner varios cuajares en soluciones salinas de sal común al 10%, cloruro de cal al 10%, más 2 cm³ de ácido clorhídrico a pH de 5.2-5.5. En esta fase, el cuajo se encuentra en forma de pro-renina, que por acidificación se transforma en Renina. Industrialmente esta maceración se lleva a cabo en recipientes sucesivos con agitación ocasional por los que van pasando los cuajares. Esta operación demora aproximadamente una semana (13, 32, 33).

4.1.4. FILTRADO

Transcurridos los días necesarios para la extracción se filtra con el fin de separar el cuajo de las partes orgánicas que pueda contener en suspensión (2). Esta operación se realiza con filtros prensa. El extracto bruto obtenido, es generalmente de color

amarillo dorado, y para uniformar su presentación se adicionan pequeñas cantidades de solución de caramelo saturado de sal u otras sustancias colorantes (33, 44).

Su actividad coagulante se regula mediante una dilución con salmuera, hasta obtener una concentración de un 14-20%.

Se necesitan como término medio de 1.5 a 2 cuajares de ternero de 80 g para obtener un litro de extracto comercial de título 10,000. Lo que nos dice que un volumen de cuajo (1 lit en este caso) coagula 10,000 volúmenes de leche (1, 18, 34).

4.1.5. ENVASADO

Los cuajos se deben presentar para su comercialización en recipientes oscuros, íntegros, y en perfectas condiciones de higiene y limpieza, cerrados herméticamente, y con un sistema de precinto que garantice al usuario la no manipulación del producto con posterioridad a su fabricación. Además, estos envases no podrán ser recuperables (62, 33).

4.1.6. ETIQUETADO

En el etiquetado los envases de los cuajos y otras enzimas coagulantes de la leche dispuestos para su comercialización, deberán figurar los siguientes apartados (62):

-DENOMINACION DEL PRODUCTO.

-COMPOSICION CUALITATIVA: Los "ingredientes" son mencionados por orden decreciente de sus pesos.

Para el caso de los cuajos, cada enzima irá

seguida del origen de la enzima y del porcentaje que indique su actividad coagulante con respecto a la totalidad de la preparación (33).

En el caso de utilizar aditivos será necesaria la designación del grupo genérico y del nombre específico correspondiente. Dicho nombre podrá sustituirse por un número de identificación (62).

-IDENTIFICACION DE LA EMPRESA: Precedido por la expresión de: "Fabricado por ...".

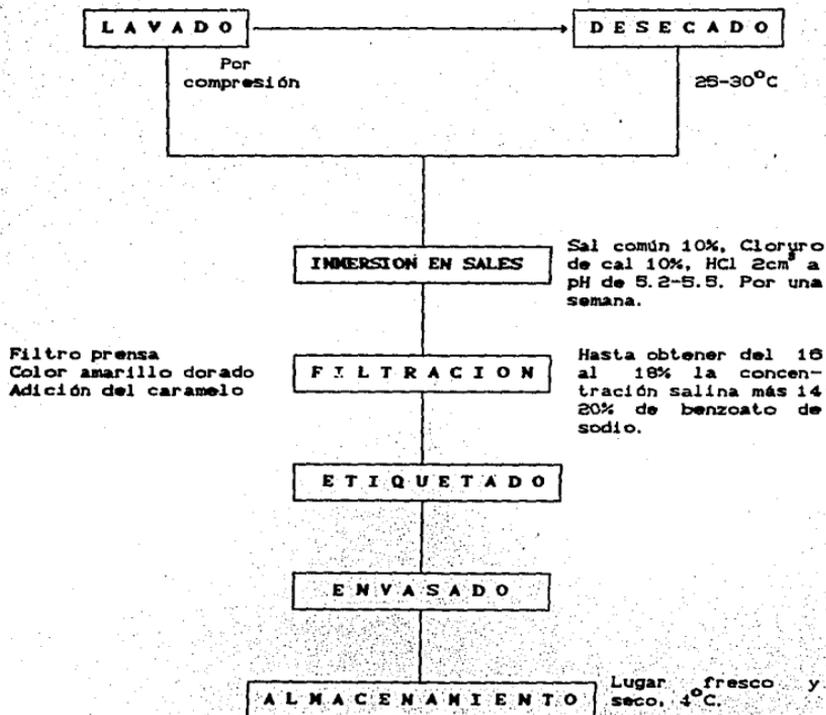
-PAIS DE ORIGEN: La leyenda debe ser: "Hecho en ...".

4.1.7. ALMACENAMIENTO

Para conservar la actividad de los cuajos es conveniente que el ambiente de almacenamiento sea seco y fresco, al abrigo de la luz y del aire. Es preferible conservar el cuajo en refrigeración, evitando su congelación para así mantener su actividad al máximo. La pérdida del poder coagulante del cuajo fresco, disminuye sobre todo, los tres primeros meses disminuyendo progresivamente del 1-2% al mes a una temperatura de almacenamiento de 4°C (23, 31, 62).

DIAGRAMA No. 3

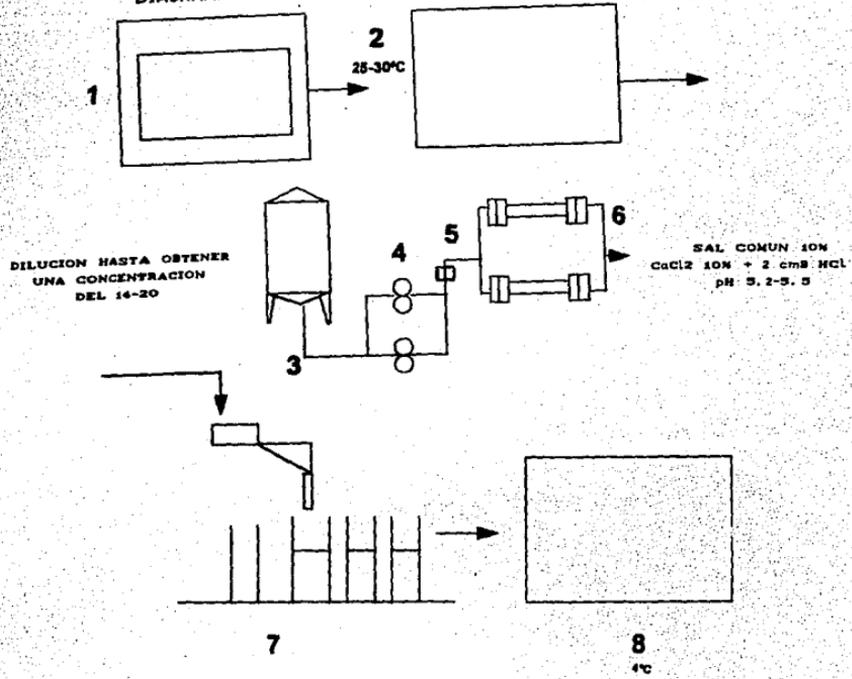
DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA PRODUCCION DE RENINA



FUENTE: 31, 37, 62.

DIAGRAMA No. 4

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE RENTINA



- 1 LAVADO POR COMPRESION
- 2 SECADO
- 3 INMERSION EN SALES
- 4 ADICION DEL CARAMELO
- 5 MEZCLA DEL CUAJO CON CARAMELO
- 6 FILTRADO
- 7 ENVASADO Y ETIQUETADO
- 8 ALMACENAMIENTO

FUENTE: 31, 37, 82.

4.2. DESCRIPCION DEL PROCESO DE OBTENCION DEL *Mucor miehei*

El proceso que se describe y muestra en los diagramas No. 5 y 6 ha sido empleado en la producción de la enzima producida en cultivo sumergido a nivel planta piloto (18).

4.2.1. PREPARACION DEL CULTIVO

En un tanque de inoculación se preparó el medio de cultivo necesario para el crecimiento del hongo:

	(Kg)
Almidón de papa	2.0
Harina de soya	15.0
Harina de cebada	5.0
Amilasa bacteriana NOVO 5000 SKB	0.005
CaCO ₃	0.5
H ₂ O	40.0 lts.

4.2.2. TRATAMIENTO TERMICO

La mezcla se calienta durante 30 minutos a 70°C, después se hierve a 120°C durante 90 minutos, inyectando vapor directamente, al enfriarse la solución, el volúmen es de 50 lts. aproximadamente.

Se prosigue a enfriar el medio de cultivo hasta 34°C quedando listo para inocularse.

4.2.3. PREPARACION DEL INOCULO

El inóculo, se prepara en un matraz Fernbach conteniendo esporas en agar con:

	(grs)
Extracto de levadura	0.004
K ₂ HPO ₄	0.001
MgSO ₄ . 7H ₂ O	0.005
Almidón soluble	0.015
Agar	0.020
Agua	1.0 lt.

4.2.4. INOCULACION

Este medio debe ser inoculado con la variedad del *Mucor stehelii*, a 40°C para la esporulación. Una vez inoculado el medio de cultivo en el tanque se fijan las condiciones de agitación (240 RPM), y el régimen de aereación 60 lts.(min). La fermentación se continua por 48 hrs. para obtener un buen crecimiento de la población celular.

4.2.5. PREPARACION DEL MEDIO DE FERMENTACION

El contenido del tanque anterior, se transfiere al fermentador principal con un medio de cultivo consistente de:

	(Kg)
Almidón de papa	8.0
Harina de soya	6.0
Cebada molida	20.0
Amilasa bacteriana NOVO 5000 SKB	0.025
CaCO ₃	2.0

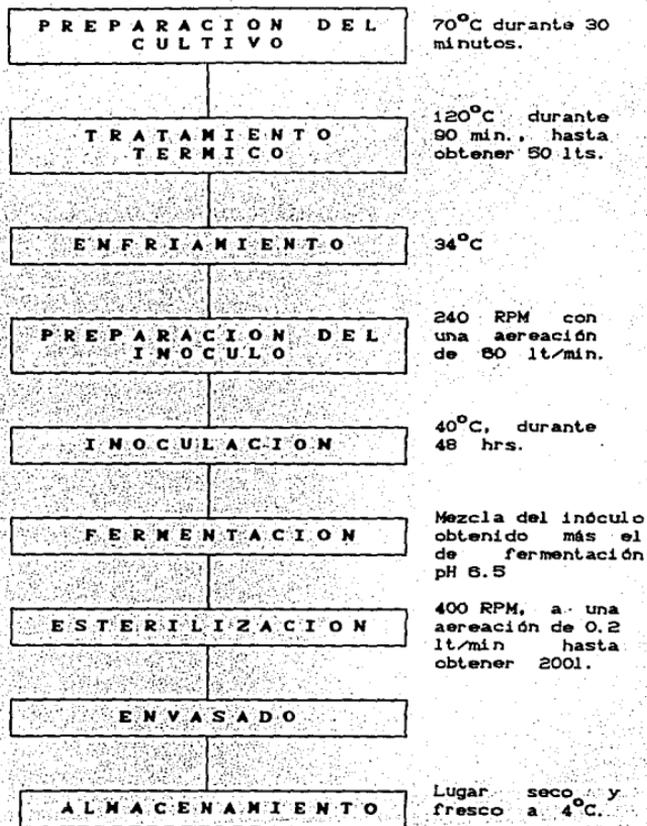
4.2.6. ESTERILIZACION

Estos componentes se hierven y esterilizan hasta obtener un volumen de 200 lts. Una vez inoculado el medio la agitación se fija a 400 RPM y la aereación a 0.2 m³/min, además, se agrega aceite de soya y un agente antiespumante, el pH se mantiene constante durante la fermentación a 6.5 (14).

DIAGRAMA No. 5

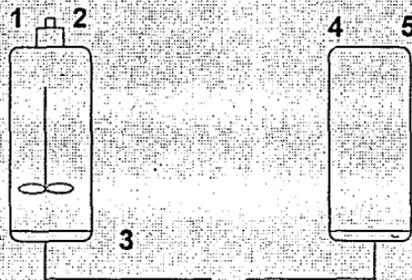
DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCION DEL CUAJO DE ORIGEN FUNGAL

(*Mucor miehei*)

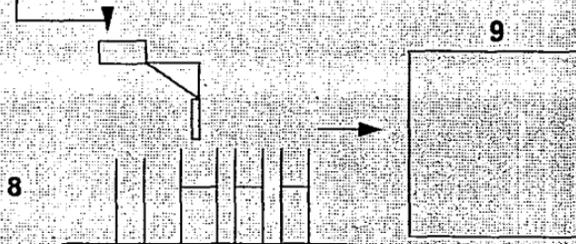


FUENTE: 18

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION DEL MUCOR MIEHEI A NIVEL PLANTA PILOTO



1. PREPARACION DEL MEDIO DE CULTIVO
2. TRATAMIENTO TERMICO
3. ENFRIAMIENTO
4. PREPARACION DEL INOCULO
5. INOCULACION
6. FERMENTACION
7. TRATAMIENTO TERMICO
8. ENVASADO
9. ALMACENAMIENTO



4.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL CHY-MAX

A pesar de no contar con las condiciones del proceso de elaboración del Chy-max, este es esquematizado, en el diagrama No. 7 de acuerdo a los lineamientos del Instituto Nacional de Salud (NIH, USA).

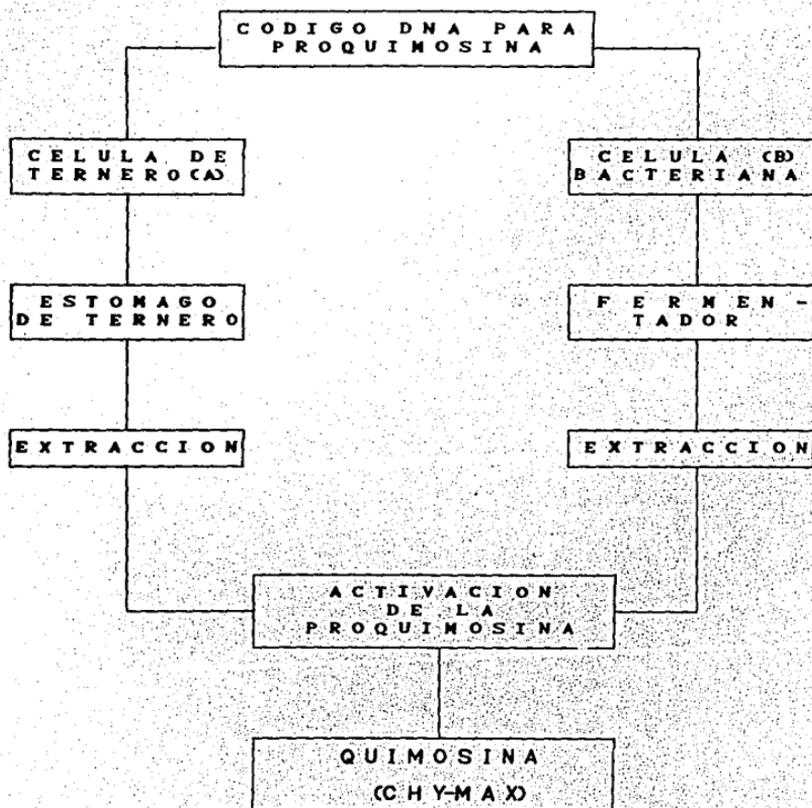
Para la obtención del Chy-max es necesario esquematizar dos células (célula A y célula B). Donde sólo la parte de la célula A, que tiene la capacidad de producir quimosina (célula de ternero), es unida por otra parte, con la célula B que es utilizada únicamente para fermentaciones (célula bacteriana) (24, 25).

En este proceso la Ingeniería genética recombina el código DNA de la célula A, que sólo tiene la capacidad de producir QUIMOSINA y la insuficiencia de cultivarse en las fermentaciones, para empalmar el código DNA de la célula B que se encarga de producir la fermentación, aunque ésta no cuente con la capacidad de producir quimosina. En célula B, el organismo utilizado en la fermentación es la *E. coli* K-12. Una vez utilizado este organismo, es destruido y eliminado después de la fermentación (23).

En la actualidad, la *E-coli* K-12 es usado por empresas farmacéuticas en la elaboración de insulina, hormonas de crecimiento humano e interferón, todos de consumo humano (25, 61).

DIAGRAMA No. 7

ESQUEMATIZACION DE LA OBTENCION DEL CHY-MAX



FUENTE: 23, 24

CAPITULO V OBJETIVOS Y METODOLOGIA

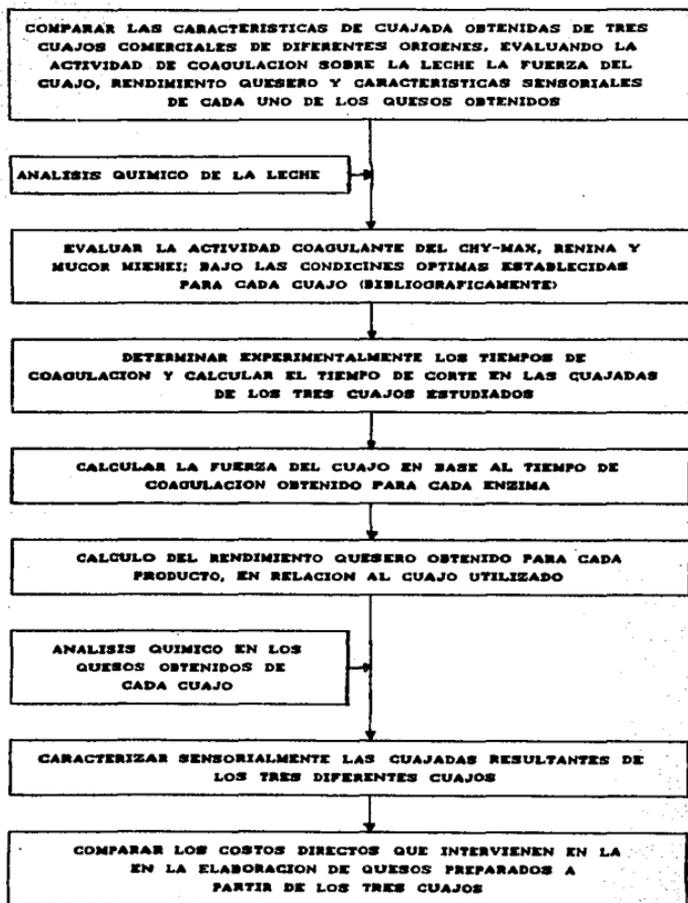
5.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar las características de cuajada, obtenidas de tres cuajos comerciales de diferentes orígenes evaluando la actividad de coagulación sobre la leche, la fuerza del cuajo, rendimiento quesero y características sensoriales de cada uno, de los quesos obtenidos.

5.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar la actividad coagulante del Chy-max, Renina y *Mucor miehei*.
- Determinar experimentalmente los tiempos de coagulación y de corte de la cuajada para los tres cuajos.
- Calcular la fuerza del cuajo en base al tiempo de coagulación obtenido para cada enzima.
- Calcular el rendimiento quesero obtenido para cada producto, en relación al cuajo utilizado.
- Caracterizar sensorialmente las cuajadas en la producción del queso fresco resultantes de la utilización los tres diferentes cuajos.
- Comparar los costos directos que intervienen en la elaboración de quesos preparados, a partir de los tres cuajos estudiados.

CUADRO METODOLOGICO



5.3. METODOLOGIA

Para cubrir los objetivos planteados, se planeó el cuadro metodológico que se describe a continuación:

5.3.1. ORIGEN DE LAS MUESTRAS

La leche fue adquirida del Centro de Producción Agropecuario de la FES-C, asegurando así, que la leche no fuera adulterada, dando por hecho, una composición relativamente constante.

Se utilizaron tres cuajos de origen diferente (Chy-max, Renina y *Mucor miehei*), distribuidos por PFZIER.

5.4. ANALISIS QUIMICO DE LA LECHE

Para poder producir quesos de calidad, es necesario contar con leche de buena calidad como ya se ha mencionado, por lo cual, como rutina se realizaron cada 7 días las determinaciones del Análisis Químico Proximal requeridas como son mostradas en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2
DETERMINACIONES DEL ANALISIS QUIMICO
APLICADAS A CADA LOTE EN LA LECHE FRESCA

DETERMINACION	METODO (16)
HUMEDAD	ESTUFA
LACTOSA	FEHLING
PROTEINA	TITULACION CON FORMOL
GRASA	GERBER
SALES MINERALES	CENIZAS
pH	POTENCIOMETRO
ACIDEZ	TITULACION
PRUEBA DE ALCOHOL	PRESENCIA DE PRECIPITADOS
AZUL DE METILENO	DECOLORACION

5.5. CUAJO

Para ejecutar los demás objetivos es necesario practicar algunas pruebas al cuajo.

5.5.1. ACTIVIDAD COAGULANTE

El método más común para la determinación de la actividad coagulante para cada uno de los cuajos; se basa en la coagulación de la leche, método que fue seleccionado para el presente estudio (40, ANEXO 1).

Con la finalidad de conocer, qué sustancia inactivante es capaz de suspender la actividad coagulante en los tres diferentes cuajos, se partió de las sustancias citadas bibliográficamente como inactivantes (31, cuadro No. 4).

5.5.2. TIEMPO DE COAGULACION

El tiempo de cuajada o de coagulación es el tiempo necesario para la formación de un gel firme, este tiempo se ve modificado por la concentración, así como por la naturaleza de la enzima con la que se elabora el queso (1).

Antes de elaborar la cuajada, es necesario conocer las condiciones de operación a emplear que son: la dosis de cuajo y de cloruro de calcio, temperaturas de coagulación, tiempos de coagulación y de corte, con el fin de evitar variaciones en los resultados de un producto con respecto a los demás elaborados; para llevar a cabo lo anterior es necesario consultar el ANEXO 2.

En la industria quesera, una de las variables más importantes es el tiempo de corte en la cuajada, para obtener la estandarización del proceso de fabricación del queso, según sea el origen de la enzima empleada (4, 34).

Una vez, que el cloruro de calcio se adiciona a la leche, el tiempo de coagulación es determinado desde el momento en que la enzima se vierte a la leche a una temperatura de 38°C. Las primeras evidencias de coagulación se presentan cuando se manifiestan las siguientes características (6, 30):

- La cuajada presenta un aspecto de porcelana y es capaz de suspender en la superficie de 2-3 gotas de agua, desde una altura de 10-15 cm. En el momento en que la coagulación ha empezado, las gotas de agua dejan de mezclarse con la leche, apareciendo ésta como una gota individualizada transparente en la superficie.

- La cuajada se hace despegar de la pared por presión de una espátula con un ligero desplazamiento horizontal hacia el centro.

- Otra de las evidencias de coagulación, es cuando la cuajada es capaz de sostener un palillo, evitando su hundimiento.

Por último se dice que el tiempo de coagulación finaliza en el momento en que el orificio del recipiente es obstruido por la misma cuajada, debido a que una vez formada la red del gel se originan más uniones entre las micelas, ya que éstas conforme transcurre el tiempo sufren un empaquetamiento más compacto (32, 36, 39).

5.5.3. TIEMPO DE CORTE DE LA CUAJADA

El tiempo de corte de la cuajada se determina multiplicando por tres el tiempo de coagulación.

5.5.4. CALCULAR LA FUERZA DEL CUAJO EN BASE AL TIEMPO DE COAGULACION OBTENIDO PARA CADA ENZIMA

Esta prueba se utiliza para determinar la capacidad coagulante de la leche con cada uno de los cuajos, determinando así, el título activo del cuajo. Dicha titulación o Fuerza de cuajo tiene mayor confiabilidad, cuando se determina con la misma leche que se emplea para la elaboración del queso.

La fuerza del cuajo se expresa como la relación entre el volumen de leche coagulada por una unidad de volumen de cuajo en las condiciones determinadas. La definición de la "fuerza" del cuajo según Soxhlet, se utiliza siempre en la práctica, la fuerza representa el número de volúmenes de leche coagulados por un litro de cuajo en 40 min (2400 seg) a 35°C. En base a la siguiente fórmula, la fuerza del cuajo fue calculada (4):

$$F = 2400 (V / T(v))$$

En donde:

F = Fuerza del cuajo

V = Volumen de leche (ml)

T = Tiempo de coagulación (seg)

v = Volumen de cuajo (ml)

5.6. QUESOS

5.6.1. CALCULO DEL RENDIMIENTO QUESERO PARA CADA PRODUCTO EN RELACION AL CUAJO UTILIZADO

Para la Industria quesera es importante saber si el queso obtenido, además de ofrecer una buena calidad, corresponde cuantitativamente a un Rendimiento económico favorable de la leche empleada y si reporta el beneficio financiero perseguido. Es por eso que se debe averiguar la cantidad de queso producido a un volumen determinado de leche con un contenido graso definido.

El Rendimiento Quesero Real obtenido para los tres cuajos; en cada uno de los lotes, fue calculado de la siguiente manera:

FORMULA:

RENDIMIENTO QUESERO (REAL) =

= (ml. de leche empleados) (g de queso producido)

5.6.2. EVALUACION SENSORIAL

Para la realización de este objetivo se efectuaron Pruebas de preferencia-aceptación; donde se empleó una escala descriptiva mixta, en la que cada punto de la escala es definido con un número y con una expresión descriptiva, para este objetivo se utilizó una escala que consta de 6 números para el caso de sabor y consistencia, 7 para firmeza, por último de 5 para los defectos de sabor y consistencia, en la que cada uno de ellos está marcado por un número y

por una expresión descriptiva que refleja la intensidad de la sensación de aceptación o rechazo provocado por el alimento. Esta escala mixta es estructurada, para permitir que el juez señale el punto de la línea que corresponda a la magnitud de la sensación que analiza. En la escala mixta, la línea se divide en intervalos iguales que se numeran para dar a cada punto el valor que corresponda; esta escala favorece la libre expresión de los jueces sin condicionarla a palabras concretas que además pueden interpretarse en forma distinta (51, 53).

Respecto al tipo de panel elegido, éste consta de un semientrenamiento, donde, a cada juez del panel se le explica la diferencia de cada concepto evaluado, pidiéndoles expresar su evaluación de cada queso estudiado. Empleando para cada concepto las escalas que se muestran:

SABOR Y CONSISTENCIA

8	Excelente
7	Buena
6	Regular
5	Inaceptable
4	Malo
3	Muy malo

FIRMEZA

7	Muy firme
6	Firme
5	Levemente Firme
4	Normal
3	Levemente blando
2	Blando
1	Muy blando

APARIENCIA

- 1 - Muy bueno
- 2 - Bueno
- 3 - Regular
- 4 - Malo
- 5 - Muy malo

DEFECTOS DE SABOR Y CONSISTENCIA

- 0 - Nada
- 1 - Suave
- 2 - Moderado
- 3 - Fuerte
- 4 - Muy fuerte

5.6.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DEL QUESO

Después de haberse sometido a una refrigeración de 4°C por 24 hrs., los quesos obtenidos a partir de los cuajos en estudio, se procedió a determinar por quintuplicado la composición de cada uno de éstos, (Cuadro No. 3) a excepción de la técnica Kjeldahl, que se determinó por triplicado, realizando en todos los casos un muestreo de 4 secciones en cada queso.

CUADRO No. 3

DETERMINACIONES DE LOS COMPONENTES QUIMICOS DEL QUESO

DETERMINACION	METODO (15)
HUMEDAD	METODO GENERAL
PROTEINA	KJELDAHL
GRASA	GERBER
SALES MINERALES	CENIZAS
ACIDEZ	TITULACION
pH	POTENCIOMETRO

CAPITULO VI RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. ANALISIS QUIMICO DE LA LECHE

6.1.1. RESULTADOS

A las determinaciones realizadas por quintuplicado en cada uno de los 9 lotes se les aplicaron el análisis de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

El análisis de DMS se evaluó con nivel de significancia de 0.05% ($P < 0.5$). En la Tabla No. 4, los supraindices son, aquellos valores medios ordenados en forma decreciente, que indican el porcentaje de significancia entre cada uno de los lotes.

De la tabla No. 4 la humedad de los lotes analizados, se observa que no existe diferencia entre los lotes 5, 7 y 9, sin embargo, existe una diferencia significativa del 0.12% con respecto a los demás lotes, variando del 87.68% - 87.54% de humedad.

En el caso de grasa se observa, que no existe una diferencia entre los lotes 1, 4, 5, 7, 8 y 10; mientras que en los lotes 2 y 3, existe una DMS del 0.74%, presentando una variación del 3.66 - 3.44%.

El contenido proteico, reporta un DMS = 0.006%, donde este valor muestra una diferencia entre el lote 10, con respecto a los demás. Presentando también que entre los lotes 1, 2, 3, 8 y 9 no existe diferencia significativa, pero si la hay con respecto a 4, 5, 6, 7 y 10. Presentando valores del 3.73 al 3.5%.

TABLA No. 4
 MEDIAS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES DE LOS NUEVE LOTES DE LECHE

PRUEBAS QUIMICAS	NUMERO DE LOTE (CADA 100 GRS.)									
	1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10*
Humedad	87.68 ^a	87.68 ^a	87.63 ^a	87.60 ^a	87.57 ^b	87.67 ^a	87.58 ^b	87.56 ^a	87.54 ^b	87.60 ^a
Grasa	3.50 ^b	3.40 ^{ef}	3.66 ^a	3.52 ^{bc}	3.52 ^{bc}	3.48 ^{cd}	3.56 ^b	3.50 ^b	3.44 ^{de}	3.50 ^b
Proteína	3.64 ^{ab}	3.68 ^b	3.65 ^b	3.60 ^c	3.73 ^a	3.63 ^c	3.61 ^c	3.64 ^{ab}	3.66 ^b	3.50 ^d
Cenizas	0.69 ^b	0.69 ^b	0.68 ^b	0.71 ^b	0.71 ^b	0.73 ^a	0.72 ^{ab}	0.73 ^a	0.70 ^b	0.70 ^b
Lactosa	4.58 ^b	4.47 ^d	4.59 ^b	4.53 ^c	4.58 ^b	4.69 ^a	4.54 ^{bc}	4.59 ^b	4.57 ^b	4.50 ^c
Acidez	0.14 ^{ab}	0.15 ^a	0.15 ^a	0.14 ^{ab}	0.15 ^a	0.15 ^a	0.15 ^a	0.15 ^a	0.14 ^{ab}	0.15 ^a
pH	6.5 ^{ab}	6.6 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a	6.5 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.6 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a
Prueba de Alcohol	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
PRUEBA FISICA										
Densidad	1.028 ^a	1.027 ^a	1.026 ^a	1.025 ^a	1.026 ^a	1.026 ^a	1.026 ^a	1.027 ^a	1.026 ^a	1.026 ^a
PRUEBA MICROBIOLÓGICA										
Azul de metileno	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

* 10 ES EL DATO BIBLIOGRAFICO QUE SIRVE COMO PARAMETRO DE COMPARACION CON RESPECTO A LOS NUEVE LOTES ANALIZADOS (20).

NOTA: Aquellos valores medios que no tengan subíndices iguales (a, b, c, ..., f), son significativamente diferentes al 1% de acuerdo al análisis estadístico de Fisher.

En la determinación de cenizas, sólo existe una mínima diferencia significativa del 0.016% entre los lotes 6, 7 y 8 con respecto a los demás, con valores de 0.73 a 0.88%.

De la determinación de Lactosa se concluye que existe una diferencia mínima significativa del 0.11% en los lotes 2 y 6 siendo los datos reportados del 4.69 al 4.47%.

Del análisis estadístico realizado en los lotes de acidez, se determina que existe un DMS del 0.006% entre los lotes 1, 4 y 9 comparado con los demás lotes, siendo una variación del 0.15 - 0.14%.

Los valores de pH varían de un 6.5 a un 6.6, presenta una DMS de 0.32% entre los lotes 1, 6 y 7 con respecto a los demás.

Por otro lado, para las pruebas de alcohol, azul de metileno y densidad, no se encontró diferencia significativa entre los datos obtenidos.

6.1.2. DISCUSION DE RESULTADOS

Resulta preciso efectuar el análisis químico en la leche tanto para el control de los parámetros establecidos por reglamentación como para el proceso de elaboración del queso.

En el caso del contenido de humedad en la leche, este influye principalmente en la textura del queso, al igual que el contenido graso, en la leche, el cual también influye en la composición química del queso, así como en la firmeza del mismo.

La acidez y pH de la leche al momento de la adición del cuajo facilita y acelera la expulsión del suero, influyendo de esta manera, en la firmeza del queso, tiempo de coagulación y por tanto velocidad de coagulación.

De los datos obtenidos del análisis de varianza para cada componente anteriormente señalado (Tabla No. 4) son comparados con los datos reportados en la Norma Oficial Mexicana de leche fresca (29). A partir, de esta comparación, se observan algunas variaciones, las cuales pueden deberse a diferentes causas, como:

La variación de alimentación y período de lactación del animal (5, 58).

El tiempo transcurrido en que la leche sea sometida a la pasteurización, o bien; a una cadena de frío inadecuada (1, 8).

La elevación de temperaturas y excesiva humedad sobre el organismo de las vacas (1, 58).

6.2 ACTIVIDAD COAGULANTE

Este objetivo se realizó con la finalidad de determinar la actividad de coagulación en cada cuajo, la cual está en relación a la molaridad del inhibidor.

El uso de los inhibidores se planteó, con la finalidad de disminuir el poder coagulante en la enzima y así apreciar la primera evidencia de floculación en cada dosificación planteada.

6.2.1. RESULTADOS

Las sustancias inactivantes empleadas, son las reportadas bibliográficamente (18, 43) en las cuales es necesario hacer una variación en cuanto a concentraciones y cantidades suministradas al sustrato de cada inhibidor para encontrar las más adecuadas en cada cuajo. Las condiciones e inhibidores con los que se realizó esta actividad son señaladas en el Anexo 1 y Cuadro No. 4.

CUADRO No. 4
CONDICIONES E INHIBIDORES DE LA ACTIVIDAD COAGULANTE EN LOS CUAJOS

INHIBIDOR	MOLARIDAD	Cml)	CHY-MAX	RENINA	<i>M. miehei</i>
AC. BORICO	0.5	1 y 2	-	-	-
	0.1	1 y 2	-	-	-
	3.0	1 y 2	-	-	-
TIMEROSAL	1.0	2	-	-	-
CLORURO MERCURICO	1.0	1	-	-	-
	1.0	2	-	-	+
BENZOATO SODICO	1.0	1	-	-	-
	3.0	2	-	-	-
CLOROFORMO	100.0	2	+	+	-

Donde: (+) = coagulación positiva
(-) = coagulación negativa

Del cuadro No. 4, se observa que para suspender la actividad coagulante del cuajo *Mucor miehei* sobre la leche sustrato; únicamente funcionó como inhibidor la administración de 2 ml de Cloruro mercurico a una concentración 1 molar. En cuanto al Chy-max y la Renina, estas dos enzimas fueron inhibidas con 2 ml de Cloroformo al 100%.

En la Tabla No. 5, se muestra la actividad coagulante de los tres cuajos a diferentes dosificaciones, pudiéndose observar un tiempo de coagulación diferente entre cada enzima en estudio.

Los resultados mostrados en la tabla son las medias obtenidas de los tres eventos realizados, a los que también se les calculó la desviación standard.

TABLA No. 5
ACTIVIDAD COAGULANTE DE LOS TRES CUAJOS

DOSIFICACION CUAJO %	CHY-MAX (min)	RENINA (min)	M. MIEHEI (min)
0.5	5.45	15.54	3.29
1	4.08	7.29	1.53
5	2.13	3.18	1.02
10	1.17	3.04	0.78
15	1.08	2.06	0.58
20	0.56	1.57	0.40
25	0.54	1.52	0.36
30	0.43	1.42	0.36
35	0.43	1.18	0.41
40	0.56	0.53	0.34

Estos datos también son representados gráficamente, (Gráfico No. 2) donde se observa que el *M. miehei* presenta una mayor actividad coagulante siguiendo de éste, el *Chy-max* y por último la *Renina*. Estos resultados, afirman que cada cuajo tiene características propias, como son: el origen de cada uno de ellos, inhibidores, concentraciones y cantidades diferentes requeridas según la enzima (7, 31).

6.2.2. DISCUSION DE RESULTADOS

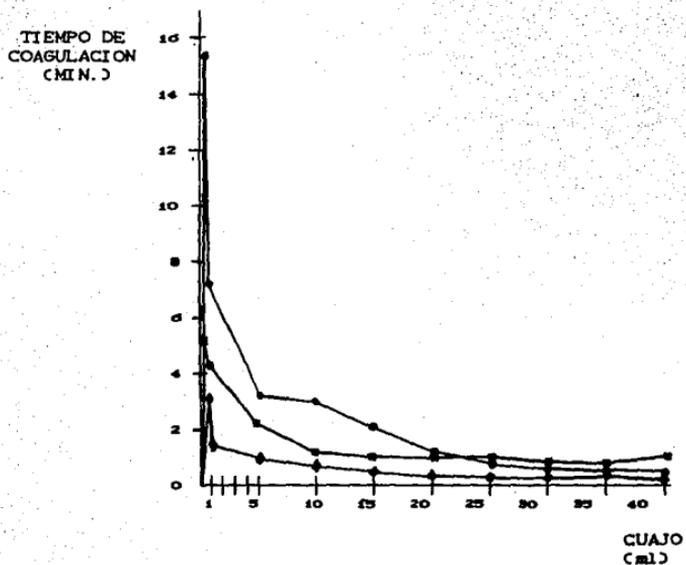
En cuanto a la diferencia de los inhibidores presentados en el cuadro No. 4 se aprecia que el cuajo de *Mucor miehei* es inhibido con el Cloruro mercurico, en cambio el Chy-max y la Renina son inhibidos con Cloroformo al 100%, esto puede ser debido a la similitud entre los grupos funcionales de los sitios activos entre las dos enzimas antes citadas, con respecto a la del *Mucor miehei* (30, 32).

Las diferencias de actividad coagulante pueden deberse a la naturaleza de la enzima, ya que tanto la Renina como el Chy-max, contienen quimosina (Chy-max contiene quimosina 100% activa y Renina quimosina de un 70 - 80% más pepsina bovina aproximadamente en un 20%). En cambio los cuajos fungales solo presentan una semejanza con la quimotripsina animal, lo cual se refleja en el sitio activo de la actividad coagulante. Siendo el cuajo fungal el que reporta una mayor actividad coagulante con respecto a la Renina y Chy-max (29, 52).

En cuanto a la actividad coagulante con respecto a la concentración del cuajo (tabla No. 5), se observa que conforme aumenta la concentración de la enzima, el tiempo de coagulación de la misma sobre el sustrato (leche) fue disminuyendo. Esto es debido, a que la cantidad de enzima influye en el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio final de la reacción que se lleva acabo en la coagulación.

GRAFICO 2

ACTIVIDAD COAGULANTE DE LOS TRES CUAJOS



- CHY-MAX
- RENINA
- *Mucor miehei*

6.3. TIEMPOS DE COAGULACION Y DE CORTE DE LAS CUAJADAS OBTENIDAS DE TRES CUAJOS

6.3.1. DATOS OBTENIDOS EN EL TIEMPO DE COAGULACION

Los tiempos de coagulación obtenidos fueron determinados bajo las condiciones óptimas indicadas en el Anexo 2. Con un porcentaje de acidez en la leche de 0.14 - 0.15.

En la Tabla No. 6, son tabulados los tiempos de coagulación obtenidos experimentalmente.

TABLA No. 6
TIEMPOS DE COAGULACION OBTENIDOS PARA CADA CUAJO

No. EVENTOS	CHY-MAX min.	RENINA min.	H. NIENEI min.
1	7	11	8
2	8	11	8
3	8	10	8
4	7	11	8
5	8	10	8
6	7	10	8
7	7	10	8
MEDIA ARITMETICA	7.45	10.5	8.14

En esta tabla No. 6, se puede observar que el mayor tiempo de coagulación lo presentó la Renina y el menor el Chy-max, existiendo una diferencia significativa del 0.4% entre cada uno de las cuajadas.

El análisis de varianza, también a un nivel de significancia del 0.05%, muestra que existe una diferencia significativa entre el tiempo de coagulación requerido en las cuajadas obtenidas con Chy-max, Renina y *Mucor miehei* y aún con el tiempo reportado bibliográficamente de 10 min (30, 32, 34, 36).

6.3.2. DATOS OBTENIDOS EN EL TIEMPO DE CORTE

En la industria quesera el tiempo de mayor importancia es el tiempo de corte de la cuajada para obtener la estandarización del proceso de fabricación del queso, según sea el origen de la enzima empleada (4, 34).

Los tiempos de corte fueron calculados a partir del tiempo de coagulación, que es multiplicado por tres, siendo estos cálculos reportados en la tabla No. 7.

TABLA No. 7
TIEMPO DE CORTE DE CUAJADA PARA CADA ENZIMA

No. EVENTOS	CHY-MAX (min)	RENINA (min)	<i>M. miehei</i> (min)
1	21	33	24
2	24	33	24
3	24	30	24
4	21	33	27
5	24	30	24
6	21	30	24
7	21	30	24
MEDIA ARITMETICA	25.1	31.2	24.42=24

6.3.3. DISCUSION DE RESULTADOS

De los resultados presentados anteriormente se observa que, entre el tiempo de coagulación "t_c" y el tiempo requerido para obtener las propiedades mecánicas de la cuajada (tiempo de corte) "t_i", existe la misma relación del tiempo de corte en función al tiempo de coagulación para cada cuajo, lo cual era de esperarse y confirma que las cuajadas estaban en buenas condiciones de firmeza. Por tanto, para cada cuajo se obtienen tiempos de coagulación y de corte diferentes según sea su origen.

Cabe mencionar que el tiempo de coagulación depende de la acidez de la leche, ya que al aumentar la acidez (dentro de los rangos óptimos para la coagulación), el cuajo es más activo y la caseína se modifica más rápidamente. Puede decirse que la coagulación enzimática está determinada por la relación existente entre la dosis de cuajo y el índice de acidez en la leche (4, 6, 17).

De la tabla No. 7 los tiempos de corte son aproximados para cada cuajo, donde se obtienen para el Chy-max un tiempo de 25 min., Renina 31 min. y *Mucor miehei* 24 min.

6.4 CALCULO DE LA FUERZA DEL CUAJO

Es de gran importancia conocer la fuerza del cuajo con la leche que se utilizó para el proceso de elaboración del queso. Esto con el propósito de garantizar, el uso de aplicación adecuado para cada enzima.

6.4.1. RESULTADOS

La fuerza del cuajo representa la cantidad en ml. de leche fresca, que puede coagularse por un volumen de cuajo a un determinado tiempo a los 35°C.

En base a la relación $F = 2400(V) / T (v)$ se determinó la fuerza del cuajo para cada enzima estudiada. Siendo ésta presentada en la tabla No. 8.

Las variaciones de la fuerza de cuajo en cada enzima, pueden deberse; en el caso de Renina al origen del cuajo (raza y edad del animal), o bien, al método de elaboración empleado en la obtención del Chy-max y del *Mucor miehei* (24, 30, 31).

TABLA No. 8
RESULTADOS DE LA FUERZA DE CUAJO PARA CADA ENZIMA

	CHY-MAX (UCL)*	RENINA (UCL)*	M. HIEHEI (UCL)*
EXPERIMENTAL	19,763	9,615	9,259
BIBLIOGRAFICO	20,000	10,000	10,000

* UNIDAD COAGULANTE DE LA LECHE

FUENTE: - *Ciencia y Tecnología de la leche, Principios y aplicaciones*; Amiot, et al. Ed. ACRIBIA, Zaragoza 1991.

- *Chesemaking practice*. R. Scott; 2a. Edición; Ed. ACRIBIA S.A., Zaragoza, España 1991.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

De esta manera, los resultados de la Tabla No. 8, son aproximados y se expresan como: 1:19,800 para el caso del Chy-max; 1:9,600 en el caso de la Renina y 1: 9,300 para *M. miehei*. Refiriéndonos al Chy-max en el que se obtiene una fuerza de 1:19,800, esto significa que un volumen de cuajo (por ejemplo 1 lt), coagula 19,800 lt de leche ó 19,800:1.

En base a estos resultados, se puede ver que es necesario suministrar para una misma cantidad de leche (1 litro) diferentes dosis de cuajo según el origen de la enzima. En el caso de Chy-max se requiere para 1 litro de leche, una dosis de 0.046 ml, en cambio; para Renina se tienen que agregar 0.080 ml. Por último, al tratarse, del *Mucor miehei* es necesario adicionar 0.090 ml del cuajo.

Del análisis de varianza evaluado a un nivel de significancia del 0.05% muestra que las fuerzas del cuajo comparadas con las reportadas bibliográficamente presentan una diferencia significativa entre sí.

6.4.2. DISCUSION DE RESULTADOS

La actividad del cuajo o fuerza de cuajo dependen de la cantidad de cuajo utilizada, la temperatura, acidez, concentración de cloruro de calcio y por supuesto del origen de la enzima (6, 17, 30). En el Anexo No. 2, se especifican las condiciones a las que se determinó la fuerza del cuajo para cada enzima.

Dicha fuerza varía según los componentes de la leche, así como de las condiciones a las que se maneja la cuajada. La fuerza del cuajo también puede disminuir, si la enzima es sometida a cambios bruscos de temperatura, así como también es afectada por la luz.

La diferencia de dosis requerida para una misma cantidad de leche son variables debido al tipo de fuerza con la que cuenta cada enzima. Ya que tanto la Renina como el *Mucor miehei*, son cuajos de simple fuerza, presentando la relación 10,000:1. En cambio al referirnos al Chy-max éste último contiene una doble fuerza coagulante representando una fuerza de 20,000:1 (22). Esto nos indica que una parte de cuajo puede coagular 10,000 ó 20,000 partes de leche según sea la enzima de la que se trate.

6.5. CALCULO DEL RENDIMIENTO QUESERO

6.5.1. RESULTADOS

Para calcular los rendimientos queseros reales en cada producto; mostrados en la Tabla No. 9, se determinaron a partir de:

$$\text{Rendimiento quesero (real)} = \frac{\text{(ml. de leche empleados)}}{\text{(g de queso producido)}}$$

TABLA No. 9
RENDIMIENTOS QUESEROS DE LOS TRES DIFERENTES CUAJOS

No. EVENTOS	CHY-MAX ml/g	RENINA ml/g	<i>M. miehei</i> ml/g
1	11.22	11.38	11.58
2	11.34	11.12	11.24
3	11.62	11.58	11.28
4	11.80	11.57	11.36
5	11.64	11.60	11.34
MEDIA ARITMETICA	11.52	11.45	11.36

De la Tabla No. 9, el análisis de varianza de los resultados del rendimiento quesero a un nivel de significancia del 0.05% muestran, que existe una diferencia entre los rendimientos queseros de Chy-max y Renina con respecto al *M. miehei*, presentando un mayor rendimiento el Chy-max; y menor el queso obtenido a partir del cuajo de *Mucor miehei*.

De los datos tabulados en la tabla 9, se realizó el Gráfico No. 3. En el que se observa, que los tres rendimientos presentan la misma tendencia a pesar de presentar diferentes rendimientos.

6.3.2. DISCUSION DE RESULTADOS

Algunas de las posibles causas por las que se pudieron dar las mínimas diferencias, entre los rendimientos queseros son las pérdidas por la agitación violenta de la cuajada blanda (1, 8, 20).

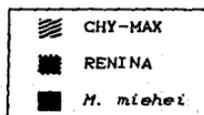
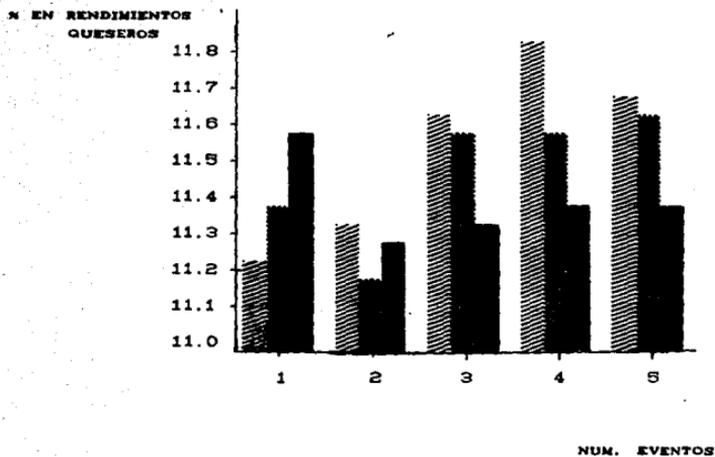
Los factores que influyen principalmente sobre el rendimiento quesero son la composición de la leche y del queso.

En la composición de la leche, el contenido proteico es importante porque, la caseína es la que constituye la estructura básica del queso. Una vez adicionado el cuajo a la leche el rendimiento quesero varía según el contenido de humedad en el queso, ya que si este aumenta el rendimiento quesero también varía.

Otro de los factores que influyen sobre el rendimiento quesero son: el origen de cada enzima, y las técnicas de fabricación del queso (4, 8, 34).

GRAFICO No. 3

RENDIMIENTOS QUESEROS DE LOS TRES DIFERENTES CUAJOS



6.6. EVALUACION SENSORIAL

6.6.1. RESULTADOS

La evaluación sensorial de los quesos elaborados almacenados en refrigeración a 4°C, se realizaron al día siguiente de la elaboración de los productos. Esta evaluación se determinó individualmente por un panel semientrenado de veinte miembros. Los integrantes del panel evaluaron cuatro quesos elaborados con Chy-max, Renina y *M. miehei*, y como un standard, queso fresco comercial, tipo añejo los Volcanes, tomando en cuenta los siguientes aspectos: sabor, consistencia, firmeza, apariencia, defectos de sabor y consistencia.

Para establecer las diferencias percibidas, por los panelistas se seleccionó un queso comercial con características físicas similares a los quesos obtenidos en el laboratorio con los tres diferentes cuajos. A pesar de presentar características físicas semejantes el queso comercial con los demás, es difícil que estén presentes las mismas características de cualquiera de los otros quesos, ya que para la obtención del queso comercial, se manejan otras condiciones de operación, por citar algunas tenemos: el origen de la leche, así como también la adición de gomas, concentrados de proteína, grasas vegetales, aditivos y/o conservadores.

Cada determinación, fue analizada estadísticamente con la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher, calculándose las medias puntuales para cada prueba sensorial, mostradas en la Tabla No. 10.

TABLA No. 10
 MEDIAS PUNTALES OBTENIDAS EN CADA PRUEBA SENSORIAL

PRUEBA SENSORIAL	CHI-MAX	RENINA	<i>M. miehei</i>	QUESO COMERCIAL
SABOR	6.45 ^A	5.95 ^B	5.95 ^B	6.70 ^A
CONSISTENCIA	6.88 ^A	6.30 ^B	5.75 ^C	6.95 ^A
FIRMEZA	4.7 ^B	4.9 ^B	4.2 ^C	5.5 ^A
APARIENCIA	2.25 ^B	2.9 ^A	3.0 ^A	1.95 ^C
D E F E C T O S				
SABOR	1.70 ^B	1.70 ^B	2.00 ^A	0.80 ^C
CONSISTENCIA	1.20 ^B	1.50 ^A	1.55 ^A	1.15 ^B

De los resultados mostrados en la Tabla No. 10, se puede decir que el sabor entre los quesos de supraíndices A y B (quesos elaborados con Renina y *M. miehei*), presentan una diferencia del 0.16%, de tal manera que, no existe una diferencia de sabor entre los quesos obtenidos a partir del Chy-max, comparado con el queso Comercial.

La diferencia mínima significativa calculada con los datos experimentales en consistencia, presentan un valor del 1.61%, con lo que se concluye, que el queso comercial y el elaborado con Chy-max presentan una semejanza.

La DMS calculada con los datos de firmeza presenta un porcentaje de 0.21, donde el queso comercial es el que presenta mayor firmeza en comparación a los quesos elaborados con *M. miehei*, Chy-max y Renina. Existiendo entre éstos dos últimos una similitud, siendo por tanto el queso de menor firmeza el elaborado con *Mucor miehei*.

Mediante el análisis de varianza para la determinación de apariencia se concluye que hay una analogía entre los quesos de *Mucor* y Renina. Pero también existen diferencias de éstos dos con respecto a los quesos de mejor apariencia que son los quesos comercial y el elaborado con Chy-max.

En el análisis de varianza para los defectos de consistencia en los cuatro quesos se deduce que existe diferencia entre los quesos de mejor consistencia (comercial y Chy-max) con respecto a los quesos que son semejantes entre sí (Renina y *Mucor*).

Respecto a los defectos de sabor se determinó que la muestra realizada con el *M. miehei* presenta una mayor deficiencia, en cambio el queso comercial; es el que presenta menor número de defectos. Siendo iguales entre sí los quesos de Chy-max y Renina.

6.6.2. DISCUSION DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos para cada prueba sensorial, se concluye que los quesos realizados con el Chy-max, y el queso comercial son los que tuvieron mayor aceptación por los miembros del panel, en lo que se refiere al sabor, consistencia y apariencia. En cuanto a defectos de sabor y consistencia, los quesos que menores deficiencias presentan son el Comercial y el elaborado con Chy-max.

En cuanto a la firmeza el queso comercial es diferente a los otros tres quesos realizados con los cuajos estudiados, presentándose una semejanza entre los quesos de Renina y Chy-max.

La variación encontrada es en cierta forma esperada, debido a que los tres cuajos en estudio son de diferente origen, y por consecuencia las características de los quesos obtenidos difieren entre sí (30, 40, 44).

Independientemente del origen de cada cuajo, las variaciones también pueden deberse a técnicas defectuosas de producción, tales como, empezar el prensado con poca presión o disminuir el tiempo de prensado, lo cual puede reflejarse en los resultados de firmeza y apariencia de los productos obtenidos (43, 46).

6.7. COMPOSICION DEL QUESO

6.7.1. DATOS OBTENIDOS

De los datos promedio resultantes del Análisis Químico Proximal de los quesos en cada lote, se muestran en la Tabla No. 11.

Nota: El resultado de cada uno de los componentes del queso es aproximado, por lo que la suma de ellos da como consecuencia un número alrededor del 100% (Análisis Químico Proximal).

TABLA No. 11
MEDIAS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES DE LOS CINCO LOTES DE QUESO

NUMERO DE LOTES	DETERMINACION	CHY-MAX %	RENINA %	M. MIEHEI %	DATO BIBLIOGRAFICO
1	HUMEDAD	58.19	56.61	57.57	35 a 70
2		57.88	56.94	58.05	
3		57.75	56.95	57.48	
4		57.16	56.68	58.14	
5		57.95	56.62	58.37	
MEDIA		57.78	56.76	57.92	
1	PROTEINA	18.40	18.70	18.80	10 a 18
2		18.43	18.04	17.55	
3		18.61	18.35	18.73	
4		17.76	18.38	18.70	
5		18.30	18.09	18.74	
MEDIA		18.30	18.31	18.46	
1	GRASA	24.20	23.40	23.40	25 a 28
2		22.40	22.50	24.40	
3		22.40	23.00	23.20	
4		22.00	22.40	23.00	
5		22.20	22.80	22.16	
MEDIA		22.64	22.82	23.02	
1	CENIZAS	3.18	3.18	3.11	0.5 a 2.9
2		3.07	3.20	3.13	
3		3.09	3.11	3.08	
4		3.12	3.18	3.15	
5		3.07	3.18	3.22	
MEDIA		3.10	3.17	3.13	
1	ACIDEZ	0.28	0.27	0.28	0.2 a 0.3
2		0.28	0.27	0.27	
3		0.28	0.28	0.27	
4		0.28	0.29	0.27	
5		0.28	0.28	0.27	
MEDIA		0.28	0.27	0.27	
1	pH	5.4	5.3	5.4	5 a 6
2		5.4	5.3	5.2	
3		5.5	5.4	5.3	
4		5.4	5.4	5.2	
5		5.4	5.4	5.4	
MEDIA		5.42	5.36	5.3	

FUENTE: - Norma Oficial de Calidad para
quesos procesados.

Realizando el análisis estadístico de varianza con un nivel de significancia de 0.05% sobre los datos obtenidos en la tabla 11 se analizaron encontrándose lo siguiente:

En la determinación de humedad no hay diferencia entre los quesos elaborados con Chy-max y *M. miehei*, a excepción del queso realizado con Renina.

El contenido proteico de los quesos elaborados con Renina, Chy-max y *Mucor miehei* reportan una diferencia entre ellos. Presentando estos quesos su contenido proteico dentro del rango establecido en la Norma Oficial.

En cuanto al contenido graso existe una diferencia del 0.88% entre los quesos elaborados con Chy-max, Renina y *Mucor miehei*.

En el caso del contenido de cenizas existe una diferencia del 2.2% entre los quesos elaborados con Renina y Chy-max.

Del análisis realizado en la acidez puede verse que ésta es similar entre los quesos obtenidos con Renina y el *M. miehei*. El queso de mayor índice de acidez fue el obtenido con Chy-max, luego Renina y por último el *M. miehei*. Esto puede deberse a la cantidad de cuajo, en consecuencia al origen de la enzima.

6.7.2. DISCUSION DE RESULTADOS

A pesar, de haber diferencias en los resultados estadísticos obtenidos, de cada uno los lotes, se ve que los tres Quesos elaborados con Chy-max, Renina y *Mucor miehei* se encuentran dentro de los rangos establecidos en la Norma Oficial de Calidad para Quesos.

Las posibles causas por las que se pudieron dar estas mínimas diferencias; pueden ser originadas por la variación en la manipulación de la cuajada una vez troceada, así como por la fuerza aplicada en el prensado, la cuál no fue constante, ya que se hizo manualmente. Siendo esto reflejado en los componentes de humedad, grasa y proteína.

En cuanto a la fuerza aplicada en el prensado, esta operación se relaciona con las variaciones del contenido de humedad, donde el lactosuero contiene la mayor parte de lactosa y sustancias nitrogenadas no coaguladas, así como, el contenido graso atrapado en la cuajada (39).

Como se observa; en las determinaciones de proteína y grasa; el *Mucor miehei* es el que mayor porcentaje presenta; siguiendo de este la Renina y por último el Chy-max; esto puede deberse al origen del cuajo con el que se elabora el queso, trayendo como consecuencia, la variación de la dosis del cuajo requerido para una misma cantidad de leche, según sea el caso de la enzima que se trate (32, 44).

En cuanto al porcentaje en cenizas, la variación de los datos reportados en el laboratorio, con respecto a los bibliográficos; esta pudo deberse a la manera en que se practicó el troceado que está relacionado con el desuerado de la cuajada. Además de tratarse de un análisis proximal.

La acidez del queso está relacionada con la lactosa, ya que ésta queda en el suero en forma de ácido láctico, y por tanto, interviene la lactosa en la coagulación de la leche, el desuerado y la textura de la cuajada.

6.8. ANALISIS DE COSTOS

En este análisis se comparó el rendimiento y los costos de los diferentes cuajos empleados en la elaboración de los quesos a partir de Chy-max, Renina y *Mucor miehei*.

Los resultados se muestran en la Tabla No. 12, en la que se aprecia que el costo por Kilo de queso obtenido con Chy-max, Renina ó *Mucor miehei*, es diferente según el caso de la enzima, debido al costo de cada una de éstas.

TABLA No. 12
COMPARACION DE ANALISIS DE COSTOS (BASE 100 LITROS)

TIPO DE CUAJO	CANTIDAD DEL CUAJO	COSTO TOTAL	REND. QUESERO ml/g	COSTO DE CUAJO POR Kg DE QUESO N\$
CHY-MAX	10 ml	N\$1.11	11.52	0.107
RENINA	15 ml	N\$0.30	11.45	0.055
M. MIEHEI	35 ml	N\$1.12	11.36	0.105

NOTA: Estos costos totales se refieren al costo reportado por CUAMEX en julio de 1995

No se considerarán en este análisis comparativo de costos, los costos de pasteurización, cloruro de calcio, ni de sal; porque se trata de comparar los cuajos utilizados en cada queso elaborado. Es decir, se comparan únicamente la dosificación del cuajo, el

rendimiento y el costo de cada cuajo que varían de un queso a otro, ya que el resto de los costos afectan por igual al resto de la suma contable.

En cuanto a los costos totales; estos fueron calculados en base al precio comercial de cada uno de los cuajos. Así, por ejemplo, si en el momento de estudio del Chy-max se requieren de 10 ml de cuajo para coagular 100 litros de leche y su costo por litro es de N\$111.00 por tanto, sólo N\$1.10 de cuajo requeridos para cubrir esta producción.

El costo de cuajo/Kg de queso se obtuvo, a partir del costo total sobre el rendimiento quesero obtenido de cada cuajo (11).

Los resultados de la Tabla No. 12, claramente indican que los diferentes costos, rendimientos queseros y dosificaciones entre los tres cuajos estudiados, marcan una gran discrepancia entre la producción del queso elaborado con Renina con respecto a los quesos elaborados con Chy-max y *Mucor miehei*.

C A P I T U L O V I I
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas para los diferentes cuajos se reúnen en el Cuadro No. 5. En este se señalan los tiempos de coagulación y corte, los rendimientos queseros, las fuerzas de cuajo y costos para cada enzima de diferente origen.

CUADRO No. 5
CONCLUSIONES

	CHY-MAX	RENINA	M. HIEHEI
TIEMPO DE COAGULAC.	7.43 min	10.5 min	8.14 min
TIEMPO DE CORTE	25 min	31 min	24 min
RENDIMIENTO QUESERO (ml/g)	11.52	11.45	11.38
FUERZA DE CUAJO	1:19,800	1:9,800	1:9,300
PRECIO COMERCIAL POR LITRO (N\$)	214.00	73.40	98.00

NOTA: -Estos resultados son obtenidos de leche de un mismo origen con la finalidad de tener una menor variación en la experimentación realizada.

- El *Mucor miehei* tiene mayor actividad coagulante, ya que de éste se obtuvo una curva menor en el gráfico de actividad coagulante demostrando coagular en un menor tiempo a diferentes concentraciones, la misma cantidad de leche que los otros dos cuajos (Renina y Chy-max).

- Existen similitudes entre los grupos funcionales de los sitios activos de las enzimas entre Renina y Chy-max.

- Las variaciones dadas en el tiempo de coagulación de la leche están determinadas por la dosis del cuajo, la actividad enzimática y la fuerza del cuajo (4, 8, 17).

- La temperatura es un factor muy importante y es directamente proporcional al tiempo de formación de la cuajada.

- El Chy-max demostró ser el cuajo que reporta mayor fuerza, por consiguiente es la enzima que menor dosis requiere para una misma cantidad de leche. Por tanto, la dosificación de cuajo para cada una de las enzimas estudiadas es diferente.

- En cuanto al rendimiento quesero, se obtiene que existe un mayor rendimiento en los quesos elaborados con Chy-max, Renina y *Mucor miehei* respectivamente.

- Los quesos elaborados con cada uno de los cuajos estudiados, presentaron en general, una buena aceptación por parte de los panelistas.

- El queso obtenido con el Chy-max fué el que presentó mejores características, sólo que este cuajo, aún no es totalmente aceptado en la Industria quesera por su costo.

- Las variaciones obtenidas en la evaluación sensorial entre los tres quesos elaborados en el laboratorio, con respecto al queso comercial, se debe ante todo a las diferentes condiciones de elaboración que se emplean a nivel industrial en la obtención del producto.

7.2. RECOMENDACIONES

- Para una obtener mejores condiciones en prácticas de manufactura, la dosificación de los cuajos deben ser estos agregados una vez realizada la adición del cloruro de calcio a los 35°C con pH 8.5 - 8.6.

- Una posible alternativa, para poder introducir el cuajo Chy-max, (que ofrece grandes ventajas en la producción del queso), en la industria quesera puede ser la reducción de su costo, con el fin de tener un sustituto más competitivo con la Renina, para así aumentar la demanda de este producto.

Con la finalidad de reducir su costo, es importante intensificar su promoción para contar con un sustituto más competitivo de la Renina, y así incrementar su uso potencial en la industria quesera.

A N E X O 1

DETERMINACION DE LA ACTIVIDAD ENZIMATICA PARA LA COAGULACION DE LECHE CON BAJO CONTENIDO GRASO (49)

PREPARACION DE LA SOLUCION SUSTRATO:

En un vaso precipitado de 1000 ml. se disolvieron 3.4 g de Acetato de Sodio en 800 ml de agua desionizada, ajustándose a un pH de 6.3 con la adición de ácido acético al 10%. Una vez ajustado el pH se agregaron 1.11 g de Cloruro de Calcio, con una agitación constante durante 5 minutos. Posteriormente se añadieron 120 g de leche en polvo con bajo contenido en grasa (Svelty) y se agitó este sistema durante 30 minutos. Una vez terminada esta operación este se sometió a refrigeración durante una hora. El sustrato deberá ser preparado una hora previa a su uso.

Es importante mencionar, que antes de determinar el procedimiento mencionado, se realizó una serie de experimentos, tales como probar diferentes inhibidores de enzimas, partiendo de las sustancias citadas bibliográficamente: Acido bórico, cloroformo, timol, cloruro mercurico, benzoato sódico y otros. Todo esto, con la finalidad de determinar la actividad de coagulación de la leche en los diferentes cuajos estudiados (53).

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

METODOLOGIA PARA LA ADICION DEL CUAJO

Antes de iniciar el procedimiento empleado para la determinación del tiempo de floculación es necesario aclarar que primero debe ser agregado el Cloruro de calcio a la leche y enseguida a éste, el cuajo. Es de gran importancia mencionar la técnica de adición del cuajo:

a) Pipetear 25 ml. solución sustrato en cada tubo de ensaye de boca grande.

b) Colocar los tubos en baño maria, bajo una rotación constante de 15 RPM durante 30 min a una temperatura de 30°C más menos 0.5°C . El ángulo de inclinación horizontal debe ser de 20° - 30° aproximadamente.

c) Diluir el cuajo líquido en agua (ver tabla No. 5).

d) Vertir la solución de cuajo a la leche sin dejar de mover.

e) Dejar reposar el sistema.

Durante el tiempo transcurrido en aparecer la primera evidencia de floculación (aparición de finos gránulos adheridos a los lados de los tubos). No debe moverse el tubo de ensaye que tiene lugar el proceso, pues éste se perturbaría (1, 35, 49, 53).

A N E X O 2

CONDICIONES OPTIMAS DE TEMPERATURA, CONCENTRACIONES DE CLORURO DE CALCIO Y DE CUAJO.

Con el fin de evitar posibles variaciones en las características de los quesos, es necesario tomar en cuenta los factores que influyen en la coagulación enzimática, así como condiciones de operación para cada una de las enzimas (Renina, Chy-max y *M. miehei*) durante la elaboración del queso fresco, estas son mostradas en el Cuadro No. 1.

CUADRO No. 1
CONDICIONES DE OPERACION PARA LA OBTENCION DEL QUESO FRESCO

	TEMPERATURA °C	DOSIFICACION PARA UN LITRO DE LECHE
ADICION DEL CUAJO		
-Chy-max (4)	35	0.10 ml
-Renina (1,2)	35	0.15 ml
- <i>M. miehei</i> (2,3)	35	0.35 ml
CLORURO DE CALCIO (Diluido) (1,3)	35	0.3 g
SALADO (1)	30	10.0 g
TEMPERATURA DE COAGULACION (2,3,4)	35	
pH 6.5-6.6.		

- FUENTE:
- 1 - *Ciencia de la leche; Charles Alais, Principios de técnica lechera. Ed. Reverté, S. A., España 1985 (1).*
 - 2 - *Ciencia y Tecnología de la leche, Principios y aplicaciones; Amtol, et al Ed. ACRIBIA, Zaragoza 1991 (4).*
 - 3 - *Introducción a la lactología, Patrick Keating, et al. Ed. Limusa, México 1986 (30).*
 - 4 - *Pfizer inc., Food science Group (24).*

En cuanto a la adición del cuajo, debe ser diluido en agua, de acuerdo a lo establecido bibliográficamente (1, 24, 30). Esto es presentado en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2
PREPARACION DE LOS CUAJOS

TIPO	CANTIDAD DE AGUA	CANTIDAD DE CUAJO
CHY-MAX	2.7 ml	0.048 ml
RENINA	1.8 ml	0.080 ml
M. miehei	1.4 ml	0.090 ml

En base a los datos bibliográficos, para la adición del Cloruro de calcio, fueron diluidos 2.5 g de Cloruro de Calcio en 10 ml de agua, añadiendo, sólo de esta dilución 1.2 ml a cada sistema.

B I B L I O G R A F I A

1. Alais, Charles; Ciencia de la leche; Principios de Técnica lechera. Ed. Reverté S. A., 5a edición. España; Año 1985.
2. Ajenjo, Cesar Cecilia; Enciclopedia de la leche. Editorial Espasa Calpe S.A.; 1a edición. Madrid; España; Año 1956.
3. Alfa Laval; Manual de industrias Lácteas. Editorial Mundi-Prensa; 2a edición. Madrid. España; Año 1990.
4. Amiot, Jean Ph. D.; Ciencia y Tecnología de la leche; Principios y aplicaciones. Ed. Acribia, S.A.; Zaragoza España; Año 1991.
5. Alimentaria Agroquímica Tecnológica (revista); El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos; Vol. 21, No. 2, Año 1981.
6. Barbano, D. M. and R. Rasmussen; Journal Dairy Food Science; Chesse Yield Performance of Fermentation-Produced Chimosin and Other milk Coagulants. Vol. 75 No. 1, U.S.A. Año 1992.
7. Binham, Elizabeth W.; Action of Rennin on k-casein. Vol. 58, pag. 13-17; U.S.A. Año 1984.

8. Broome, M. C. and M. W. Hickey; Comparison of fermentation-producer Chymosin and calf Rennet in Cheddar Cheese. Final project. Report for Pfizer Pty Limited. U.S.A.
9. Brown, R. J. y D. J. McMahon; "Enzymic coagulation of casein micelles. A Review"; 67(5), 919(1994). U.S.A.
10. Brown, R. J. et al; "Interactions of Calcium, pH, temperature and Chymosin during milk coagulation". J. Dairy Science; 68 (12), 3135(1985). U.S.A.
11. Brusgard, Christian; Lácteos y Cárnicos Mexicanos; La biotecnología de los Coagulantes; Vol. 8 No. 4, Agosto-Septiembre. Año 1993.
12. Christoforowitsch; Fundamentos de la elaboración del queso. 1a edición. Zaragoza, España; Año 1984.
13. Daniel, W.; Bioestadística: Base para el análisis de las Ciencias de la salud. Ed. Limusa, 1a edición; México D. F., Año 1984.
14. Dignos, Oscar Torresquevedo; Elaboración artesanal de Mantequilla, Yogurt y Queso. Ed. Acribia S.A.; Zaragoza, España; Año 1986.

15. Dueas, Noyra Eneyda Cabrera; Análisis Comparativos del desarrollo de diferentes cultivos lácticos empleados en quesos elaborados con leches modificadas. Guadalajara, Jal., México Año 1986.
16. Egan Harold y Kirk R; Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. Editorial: CECSA, 1a edición. México D.F., Año 1993.
17. Emons, D. B.; Milk-Clotting Enzymes. Journal Dairy Science; 1990. U.S.A.
18. FAO Santiago de Chile; Lácteos Mexicanos. Pauta de Operaciones para la Elaboración de quesos; Vol. 4, No. 6; Diciembre 1989-Enero 1990.
19. Farrall, Arthur W.; Ingeniería para la Industria Lechera; Ed. Herrero S. A., 1a Edición; México, Año 1963.
20. Food Technology; Functionality and Application of Dairy Ingredients in Dairy Products"; 41(10), 72(1987). U.S.A.
21. Food technology; "Manufacture and general properties of dairy ingredients"; 41(10), 58 (1987). U.S.A.
22. Francis, Patrick Keating y Homero Gaona Rodríguez; Introducción a la lactología. Ed. Limusa, 1a edición; México, Año 1986.

23. Gaceta, P. y J. Hubble; Tecnología de las enzimas. Ed. Acribia S.A. 1a edición; Zaragoza, España Año 1990.
24. Gaytan, José de Jesús; Lácteos Mexicanos, Vol. 5, No. 2. México, D. F. Abril-Mayo Año 1990.
25. Gómez, Felipe; Lácteos Mexicanos. Vol. 3 No. 1, pp. 3-8; México D. F. Diciembre 87-Marzo 88.
26. González Ortiz Miguel; Enzimas para alimentos (tesis). México, D.F., Año 1981.
27. Gupta, S. K. et al; "Effect of emulsifier Salts on texture and flavor properties of processed Cheeses"; J. Dairy Science; 67(4), 764(1984). U.S.A.
28. Halen Charley; Tecnología de alimentos. Ed. Limusa, 1a edición.
29. Judkins, Henry F.; La leche su producción y procesos industriales; Ed. Continental S.A.; México D.F., Año 1989.
30. INEGI-CONAL; Boletín de información oportuna del sector alimentario No. 99; México, D.F. Marzo Año 1994.
31. INEGI-CONAL; El sector alimentario en México. Editado en 1993.

32. Karl-Friedrich Schmidt; Elaboración artesanal de Mantequilla, Yogurt y Queso; Editorial Acribia S.A.; Zaragoza, España; Año 1990.
33. Kon, S. K.; FAO: Estudios sobre nutrición, la leche y los productos lácteos en la nutrición Humana; 2a. Ed.; Roma, Año 1982.
34. Madrid, A. Vicente; Lácteos Mexicanos; pp. 27/29; México D. F. Abril-Mayo Año 1992.
35. Madrid, A. Vicente; Manual de tecnología de quesos; Mundi-Prensa Libros S.A.; Madrid, España Año 1991.
36. Madrid, A. Vicente; Normas de calidad. Ediciones AMV, 1a edición; Madrid, España, Año 1990.
37. Martín, D. W., P. A. Mayer; Bioquímica de Harper; Ed. El Manual Moderno S.A. de C. V., 19a edición; México D.F. Año 1986.
38. Navarro García José; Obtención de Renina y Quitosano a partir de un cultivo mixto de *Rhizomucor Miesch* y *M. Rouxii*; Maestría en ciencia de los Alimentos, Año 1991.
39. NOM-F-92-1970. Norma Oficial de Calidad para quesos procesados.

40. NOM-F-94-1970. Determinación de acidez en leche fluida.
41. NOM-F-448-1984. Norma Oficial Mexicana para Leche.
42. Payne, F. A., C. L. Hicks and Pao-Sheng Shen; Predicting Optimal Cutting Time of coagulating Milk using diffuse reflectance; J. Dairy Science; U. S. A. 76: 48-51, 1993.
43. Pedrero, L. Daniel; Evaluación sensorial de los Alimentos, Métodos Analíticos. Ed. Alhambra Mexicana; México D.F., Año 1984.
44. Pérez, Jorge Gavilan Escalante; Bioquímica y Microbiología de la leche. Editorial Limusa, 1a edición. México D.F., Año 1984.
45. Pérez, Luis Gutierrez; Lactiñicos (revista), Enzimas coagulantes para queso ; Vol.1, No.4; Sep.-Oct. Año 1993.
46. Pfizer Inc.; Department of Agriculture and Rural Affairs food Research Institute. U.S.A. 1991.
47. Pfizer Inc., Food Science; Dairy Ingredients Division; Food Science Group. U.S.A. 1993.
48. Pfizer Inc.; Food Science Group. U.S.A.. 1990.

49. Prizer Inc. Food Science group; Aspects of the development of Fermentation-produced Chymosin. U.S.A., 1991.
50. Prizer, Quality Control Division standard test procedure; Activiti in enzyme preparations by milk Clotting Assay; 4/JUN/85. U.S.A.
51. Potter, Norman; La Ciencia de los Alimentos, Editorial EDUTEX S.A., 1a edición; México D.F. Año 1980.
52. Press Academic; Enzymes in food procesing. London 1975.
53. Rezendiz Espinoza de los Montero José Ivan y Roa Herrera Arturo; Aspectos técnicos y fisicoquímicos en la elaboración del queso. México D.F. Año 1991.
54. Rosell, Jose Ma.; Métodos Analíticos; Laboratorio Lactológico y Microbiológico de las enzimas Lácteas. Tomo 1; Ed. Labor S.A.; Barcelona, España; Año 1972.
55. SARH. Dirección General de Estadística Agropecuaria.
56. Scott, R.; Chesemaking Practice. 2a Edición; Ed. Acribia S.A.; Zaragoza, España Año 1991.
57. Sorca, Jose Ma. y Pineda; Industrias Lácteas. Ed. Aedos. Barcelona España, Año 1974.

58. Spreer, Edgar; Lactología Industrial. Editorial Acribia, 2a edición; Zaragoza España, Año 1976.
59. Ustunol, Z. and C. L. Hicks; Effect of milk-clotting enzymes on Cheese Yield. Vol. 73, Pag.8-16; Año 1990.
60. Walpole R. E.; Probabilidad y Estadística para Ingenieros; Editorial Interamericana, 3a edición; México D. F. Año 1982.
61. Química y Física Lactológica; Ed. Acribia, S.A.; Zaragoza, España 1987.
62. World Chesse production up 2% in 1990, says USDA. News/Bussiness 1991.
63. Webb F. Charles; Ingeniería bioquímica. Ed. Acribia; Zaragoza, España, Año 1980.
64. Wiseman, A.; Manual de Biotecnología de Alimentos. Edit. Acribia S.A.; Zaragoza, España 1991.