

MEJORAMIENTO DE VIDA DE ANAQUEL EN QUESO  
TRADICIONAL RANCHERO Y QUESO DE PASTA HILADA  
(OAXACA)

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA**



**LA VERDAD NOS HARA LIBRES**

**“MEJORAMIENTO DE VIDA DE ANAQUEL EN QUESO  
TRADICIONAL RANCHERO Y QUESO DE PASTA HILADA  
(OAXACA)”**

**TESIS**

Que para obtener el grado de  
**MAESTRA EN  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

Presenta  
**MELVA LÓPEZ OROZCO**

Director de tesis:  
**DR. JUAN MERCADO FLORES**

Revisores:  
**M. en C. HÉCTOR CEJUDO GÓMEZ  
DR. GERARDO MARTÍNEZ SOTO**

México D.F.

2004

# CONTENIDO

	Página
CONTENIDO.....	.ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>4</b>
2.1. LA LECHE.....	4
2.1.1. Importancia socioeconómica.....	4
2.1.2. Generalidades.....	7
2.1.2.1. La leche en la dieta.....	7
2.1.2.2. Caracteres principales.....	8
2.1.3. Composición química.....	9
2.1.3.1. Proteínas de la leche.....	10
2.1.3.2. Lípidos de la leche.....	11
2.1.3.3. Sales y minerales.....	12
2.1.3.4. Lactosa.....	13
2.1.3.5. Enzimas.....	13
2.1.4. Estado de dispersión de la leche.....	14
2.1.4.1. Fase micelar.....	14
2.2. RECEPCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA LECHE DESTINADA A QUESERÍA.....	16
2.2.1. Recepción.....	17
2.2.2. Termización de la leche.....	19
2.2.3. Almacenamiento de la leche.....	20
2.2.4. Descremado, higienización y estandarización de la leche.....	21
2.2.4.1. Higienización.....	22
2.2.4.2. Estandarización.....	23
2.2.5. Pasteurización de la leche en queserías.....	26
2.2.5.1. Métodos de pasteurización.....	26
2.2.5.2. Equipo pasteurizador de placas.....	26
2.3. LOS QUESOS.....	27
2.3.1. Definición.....	27
2.3.2. Principios fundamentales de la quesería.....	28
2.3.2.1. Coagulación de la leche.....	28

2.3.2.2. Prácticas del desuerado.....	32
2.3.2.3. Maduración del queso.....	35
2.3.2.4. Los fermentos en quesería.....	35
2.3.2.5. Clasificación de los principales tipos de quesos.....	38
2.4. LOS QUESOS TÍPICOS MEXICANOS.....	39
2.4.1. Queso fresco tradicional ranchero.....	41
2.4.2. Quesos de pasta hilada tipo Oaxaca y asadero.....	41
2.4.2.1. Proceso artesanal.....	42
2.4.2.2. Proceso semi-industrial.....	44
2.5. CONTROL DE VIDA DE ANAQUEL EN QUESOS FRESCOS.....	47
2.5.1. Calidad microbiológica de la leche cruda.....	47
2.5.2. Tratamientos de pasteurización.....	50
2.5.2.1. Condiciones de la pasteurización.....	51
2.5.3. Uso de aditivos antimicrobianos.....	52
2.5.4. Limpieza y saneamiento del equipo.....	55
2.5.4.1. Detergentes, concentraciones y temperaturas de trabajo.....	56
2.5.5. Almacenamiento refrigerado e ininterrumpido del queso.....	57
2.6. PROPIEDADES MECÁNICAS Y ESTUDIOS REOLÓGICOS.....	59
2.6.1. Propiedades mecánicas.....	59
2.6.2. Objetivos de los estudios reológicos.....	59
2.6.3. Introducción a la reología y textura de los quesos.....	62
2.7. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN SENSORIAL.....	63
2.7.1. Tipos de pruebas.....	64
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>66</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>67</b>
4.1. Objetivo general.....	67
4.2. Objetivos específicos.....	67
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>68</b>
5.1. MATERIA PRIMA.....	68
5.2. EQUIPO.....	68
5.2.1. Equipo piloto de quesería.....	68
5.3. MÉTODOS.....	72
5.3.1. Prueba del alcohol en leche.....	72
5.3.2. Prueba de ebullición en leche.....	72
5.3.3. Acidez de la leche.....	72

5.3.4. Evaluación microbiológica de la leche cruda.....	72
5.3.5. Limpieza y desinfección del equipo piloto.....	73
5.3.5.1. Programa de limpieza y saneamiento del pasteurizador.....	73
5.3.5.2. Marchas de titulación.....	75
5.3.5.3. Limpieza y desinfección de tina de cuajado, pre-prensa neumática y utensilios.....	78
5.3.6. Evaluación microbiológica del equipo piloto.....	78
5.3.7. Elaboración de queso fresco tradicional ranchero.....	79
5.3.8. Elaboración de queso Oaxaca.....	80
5.3.9. Evaluación microbiológica de los quesos elaborados.....	82
5.3.10. Determinación de la textura.....	85
5.3.11. Evaluación sensorial.....	87
5.3.12. Análisis estadístico de los datos.....	88
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>89</b>
6.1. ESTABILIDAD DE LA LECHE.....	89
6.2. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE CRUDA.....	89
6.3. LIMPIEZA Y SANEAMIENTO DEL EQUIPO.....	90
6.4. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LOS QUESOS ELABORADOS.....	91
6.5. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DE LOS QUESOS.....	91
6.6. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	93
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
TABLA	
1 Producción nacional de leche, 1990-2004.....	4
2 Producción mensual de leche, 1996-2004.....	5
3 Producción anual de leche por entidad federativa.....	6
4 Características físicas o fisicoquímicas de la leche.....	9
5 Composición de la leche de vaca de razas occidentales.....	10
6 Concentraciones de las proteínas más abundantes en la leche.....	11
7 Composición lipídica de la leche de vaca.....	11
8 Concentración de las principales sales de la leche.....	13
9 Evolución de un coágulo enzimático contra un coágulo ácido.....	34
10 Quesos mexicanos más populares.....	.40
11 Efecto de la temperatura de conservación en el crecimiento bacteriano de la leche cruda almacenada 24 horas en granja.....	49
12 Norma Oficial Mexicana para leche pasteurizada.....	50
13 Programa para saneamiento del pasteurizador.....	75
14 Ficha técnica para la elaboración de queso tradicional ranchero.....	83
15 Ficha técnica para la elaboración de queso Oaxaca.....	84
16 Valores de los parámetros usados en el analizador de textura para la prueba de Análisis de Perfil de Textura (TPA) en los quesos.....	86
17 Resultados de las pruebas de estabilidad para la elaboración de los quesos.....	89
18 Resultados de la evaluación microbiológica en la leche cruda.....	89
19 Resultados de la evaluación microbiológica en equipo piloto de quesería.....	90
20 Resultados de la evaluación microbiológica de los quesos elaborados.....	91
21 Resultados de la evaluación de textura de los quesos ranchero comercial y el obtenido.....	92
22 Resultados de la evaluación de textura de los quesos Oaxaca comercial y el obtenido.....	92
23 Resultados de la evaluación sensorial de los quesos ranchero comercial y el obtenido.....	93
24 Resultados de la evaluación sensorial de los quesos Oaxaca comercial y el obtenido.....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA	
1 Producción mensual de leche, 2001-2003.....	5
2 Recepción y tratamientos previos al procesamiento de la leche.....	18
3 Tratamientos de la leche posterior a la recepción.....	21
4 Centrífuga higienizadora y desnatadora.....	22
5 Sistema automático de estandarización del contenido graso de la leche y de la crema.....	24
6 Sección transversal de una centrífuga utilizada en el descremado de la leche...	25
7 Equipo de pasteurización de la leche.....	27
8 Proceso artesanal para la elaboración de queso Asadero y queso Oaxaca.....	43
9 Proceso semi-industrial para la elaboración de queso Asadero.....	46
10 Curva típica del “análisis del perfil de textura” (TPA).....	61
11 Curva representativa del “análisis del perfil de textura” en el texturómetro TA-XT2.....	61
12 Equipo piloto de quesería.....	68
13 Tablero de control.....	69
14 Equipo pasteurizador.....	70
15 Tina quesera doble “O”.....	71
16 Desueradora pre-prensa.....	71
17 TexturómetroTA-XT2.....	85

## 1. ANTECEDENTES

La industria demanda almacenamientos prolongados tanto de leches crudas como de leches pasteurizadas, para tener como resultado productos lácteos procesados de primera calidad. La calidad reducida en leches crudas y procesadas es generalmente una consecuencia del crecimiento y actividad metabólica de bacterias psicrotróficas que se reproducen a temperaturas de refrigeración. Aunque muchas bacterias psicrotróficas son destruidas por pasteurización, algunas tienen el potencial para producir enzimas proteolíticas y lipolíticas que pueden sobrevivir a la pasteurización y algunas veces todavía a procesamientos UHT. Estas enzimas pueden degradar las proteínas y las grasas en productos procesados, y pueden de esta manera, reducir la vida de anaquel del producto (Boor *et al.*, 1998). De manera que, la industria de los lácteos se inclina hacia un incremento en la elaboración de productos con vida de anaquel prolongado, en donde la calidad bacteriana de la leche cruda se incrementa para lograr al final productos de calidad.

En nuestro país, el estado de Guanajuato se encuentra dentro de los cinco estados de mayor producción lechera (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>), cuyo principal producto lácteo que aportan al mercado estatal son los quesos frescos: el queso tradicional ranchero y el queso Oaxaca o asadero, representando el primero el 21% y el segundo el 16% de la producción total del subsector lácteos en cuanto a derivados lácteos se refiere.

El queso tradicional ranchero es un queso fresco elaborado generalmente con leche de vaca, leche natural, pasteurizada, no acidificada y de coagulación enzimática. Es un excelente queso y prácticamente se fabrica en toda la geografía láctea de nuestro país, tiene una vida de anaquel aproximada de 10 días y su tecnología básica es la buena calidad de la leche, porque de ella depende el sabor, el aroma, su textura y su vida de anaquel.

El queso tipo Oaxaca, con este nombre, solamente se conoce en México, en donde se fabrica prácticamente en todo el país, se conoce también con el nombre de quesillo, queso de hebra y queso asadero (Silva, 2000).



Pertenece a la familia de los quesos de “pasta hilada”, en cuya tecnología la pasta se acidifica hasta alcanzar un pH de 5.2-5.3, y con este procedimiento se moldea y se le da forma.

El moldeado puede hacerse formando correas y trenzarlas, o bien, ponerla en un molde y formar rectángulos. En este último caso, se llama asadero (Silva, 2000).

El queso tipo Oaxaca y asadero son originarios del norte del país, principalmente de los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Durango, Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Jalisco. Estos quesos de “pasta hilada”, son análogos en su tecnología a los quesos de “pasta filata”, entre los cuales se destacan el Mozzarella y el Provolone que son de origen italiano.

Aunque lleva el nombre de Oaxaca, prácticamente la fabricación en este estado es muy escasa, porque es baja la producción de leche. Sin embargo sería difícil contar todas las queserías de queso tipo Oaxaca que existe en nuestro país.

En la gran mayoría de los procesos de elaboración de quesos tipo Oaxaca, se parte de leche cruda, prácticamente el 90% de las marcas comerciales, y el otro 10% lo fabrican a partir de leche pasteurizada. La Secretaría de Salud acepta el queso tipo Oaxaca de leche cruda como queso pasteurizado, tomando en cuenta que se emplea agua caliente para el fundido de la pasta (malaxado).

Tecnológicamente, el fundido de la pasta en agua caliente entre 68 a 70 °C, no son temperaturas suficientes para llamarle queso pasteurizado, puesto que no se destruyen todos los gérmenes patógenos con este tratamiento térmico. No obstante lo anterior, tecnológicamente también se debe considerar que la drástica acidificación de la pasta (descenso del pH entre 5.2-5.3 en poco tiempo) constituye un elemento antagónico a los gérmenes patógenos que se reproducen a pH semejante al de la leche fresca (6.6-6.7).

Por otro lado, se debe considerar la calidad microbiológica de la leche cruda como uno de los factores más importante para la elaboración de estos quesos, si lo que se busca es incrementar su vida de anaquel, por el hecho de que los tratamientos de pasteurización aceptados para las leches destinadas a queserías no pueden ser incrementados indiscriminadamente (Veisseyre, 1988).

Los inconvenientes de la quesería artesanal en cuanto a los quesos de mayor consumo en México representados por los quesos frescos (Ranchero y Asadero o Oaxaca), es su fabricación empleando leche cruda, ya que suprime el costoso equipo de pasteurización y la infraestructura material para el manejo de cultivos lácticos, aunado a la heterogeneidad en la calidad microbiológica de la leche cruda, así como las variaciones en las técnicas de procesamiento de los quesos y la falta de normas técnicas de referencia, hacen que estos quesos frescos sean de calidad indeseable y muy variable.

El objetivo de este trabajo es mejorar la vida de anaquel en quesos frescos utilizando leche de buena calidad microbiológica, métodos de conservación convencionales tales como tratamientos térmicos de pasteurización, uso de aditivos antimicrobianos, empaquetado convencional, almacenamiento refrigerado, y uso de programas de saneamiento del equipo de procesado.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. LA LECHE

#### 2.1.1. Importancia socioeconómica

La industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos, después de la industria del maíz y de la carne.

Como puede apreciarse, la producción nacional ha ido en constante crecimiento (Tabla 1), aunque en el presente siglo dicho aumento no ha sido tan representativo en términos porcentuales, al hablar de aumentos mínimos del 2%.

Tabla 1. Producción nacional de leche, 1990-2004.  
(Miles de litros)

AÑO	PRODUCCIÓN	CRECIMIENTO ANUAL (%)
1990	6,141,545	-
1991	6,717,115	9.4
1992	6,966,210	3.7
1993	7,404,078	6.3
1994	7,320,213	1.1
1995	7,398,598	1.1
1996	7,586,422	2.5
1997	7,848,105	3.4
1998	8,315,711	6.0
1999	8,877,314	6.8
2000	9,311,444	4.9
2001	9,472,293	1.7
2002	9,658,282	2.0
2003 Preliminar	9,842,422	1.9
2004 Pronóstico*	9,900,177	0.6

Fuente: Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), SAGARPA, 2003.

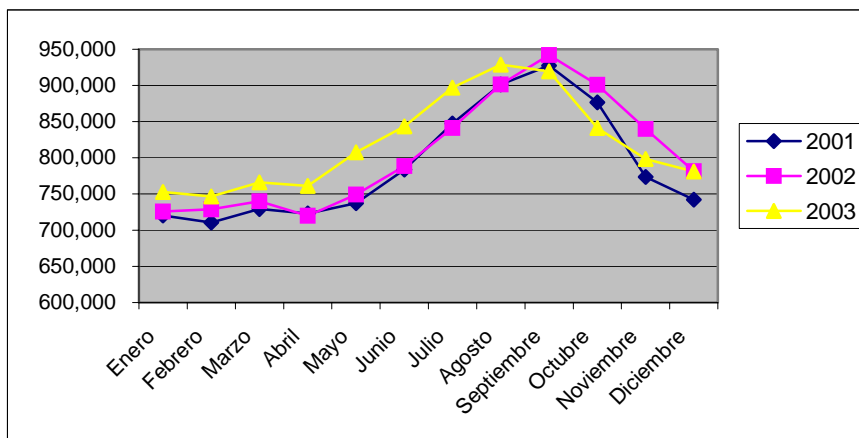
Como se puede apreciar en la Tabla 2, es en verano cuando la producción de leche es mayor que en el resto del año, y por el contrario en invierno suelen ser los meses más bajos de producción, influenciados por el clima.

**Tabla 2. Producción mensual de leche, 1996-2004 (Miles de litros).**

MES	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 p/	2004 a/	PROMEDIO 96 - '03
Enero	560,505	561,012	603,999	670,647	679,806	720,168	725,510	752,669	755,099	659,290
Febrero	572,082	584,212	610,067	654,042	686,405	710,800	728,956	746,395	736,599	661,620
Marzo	598,632	584,784	646,919	649,414	714,999	729,195	739,602	765,861		678,676
Abril	603,273	588,481	647,067	653,216	688,857	722,807	719,874	760,898		673,059
Mayo	637,203	628,289	662,094	672,459	712,832	737,338	749,325	807,390		700,866
Junio	630,637	648,357	695,052	729,915	791,722	783,714	788,548	843,278		738,903
Julio	664,974	722,114	754,539	797,640	862,050	847,208	841,100	896,954		798,322
Agosto	702,466	771,387	798,244	865,225	893,315	901,349	901,295	928,909		845,274
Septiembre	704,794	778,025	800,110	887,776	928,845	927,512	941,922	919,438		861,053
Octubre	675,724	712,391	763,396	822,783	868,649	876,436	900,937	841,158		807,684
Noviembre	633,430	651,227	700,169	760,903	757,995	773,563	839,846	798,391		739,441
Diciembre	602,702	617,826	634,055	713,294	725,969	742,203	781,367	781,081		699,812
Total	7,586,422	7,848,105	8,315,711	8,877,314	9,311,444	9,472,293	9,658,282	9,842,422	1,491,698	8,863,999
Promedio	632,202	654,009	692,976	739,776	775,954	789,358	804,857	820,202	745,849	738,667

Fuente: Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), SAGARPA, 2003.

Se puede apreciar que en general el año 2003 superó en producción a los dos años anteriores (Figura 1), aunque en el cierre tuvo una ligera baja respecto a 2002.



**Figura 1. Producción mensual de leche, 2001-2003 (Miles de litros).**

Fuente: Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), SAGARPA, 2003.

**Tabla 3. Producción anual de leche por entidad federativa, 1996-2003 (Miles de litros).**

Entidad Federativa	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 p/
Aguascalientes	348,303	348,013	389,940	394,410	390,527	415,977	415,057	394,987
Baja California	176,591	185,061	211,723	230,510	241,076	223,061	194,138	200,861
Baja California Sur	23,981	25,509	27,725	32,163	33,388	34,520	36,551	39,651
Campeche	18,449	18,730	18,567	19,977	18,846	22,968	23,450	25,330
Coahuila	662,510	723,711	790,130	853,826	863,752	951,567	959,915	1,058,713
Colima	36,968	36,701	38,321	37,175	36,109	38,219	39,201	37,847
Chiapas	193,834	192,046	280,496	294,833	306,843	273,919	282,633	320,919
Chihuahua	559,942	630,103	698,320	704,385	735,251	772,361	802,394	801,955
Distrito Federal	11,958	11,352	17,283	22,898	19,110	15,500	19,599	16,176
Durango	715,536	743,440	818,776	826,922	901,137	914,502	914,554	947,934
Guanajuato	574,230	586,475	605,364	619,814	629,292	644,319	661,861	647,465
Guerrero	58,773	58,714	69,472	69,633	80,980	71,376	71,261	77,707
Hidalgo	331,792	335,273	345,998	362,217	376,837	400,253	419,996	415,024
Jalisco	1,211,028	1,231,283	1,253,730	1,563,606	1,678,175	1,691,143	1,719,156	1,712,562
México	412,480	416,608	427,085	432,115	468,953	480,204	484,161	486,967
Michoacán	267,559	279,543	283,995	293,923	293,928	302,569	297,038	311,917
Morelos	11,612	12,866	12,899	14,190	15,852	17,754	17,120	17,500
Nayarit	54,963	51,067	43,145	58,682	85,882	68,503	67,207	64,290
Nuevo León	27,417	31,766	38,361	37,559	37,072	37,162	41,905	40,254
Oaxaca	130,212	132,254	133,765	136,709	140,821	142,286	143,439	144,787
Puebla	299,824	283,292	308,139	347,171	354,869	358,842	362,933	363,296
Querétaro	141,025	158,853	171,778	185,270	186,683	198,979	219,637	215,823
Quintana Roo	2,940	3,567	3,965	4,476	1,949	5,062	3,888	4,974
San Luis Potosí	256,106	264,229	230,714	206,248	180,604	142,316	141,697	142,848
Sinaloa	57,208	55,091	82,700	83,435	95,684	84,828	88,701	81,054
Sonora	92,857	87,751	102,101	99,500	108,100	118,355	135,753	148,106
Tabasco	83,730	85,800	83,978	83,475	85,754	89,311	88,610	96,041
Tamaulipas	26,172	23,895	22,791	20,747	25,172	22,089	23,559	27,887
Tlaxcala	100,845	89,988	91,174	95,500	107,716	114,981	142,239	150,908
Veracruz	551,519	596,024	566,187	600,316	654,832	671,350	698,733	705,721
Yucatán	15,903	13,752	12,505	12,561	12,938	9,654	12,372	9,253
Zacatecas	130,155	135,348	134,584	133,068	143,312	138,363	129,524	133,665
Total nacional	7,586,422	7,848,105	8,315,711	8,877,314	9,311,444	9,472,293	9,658,282	9,842,422

Fuente: Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), SAGARPA, 2003.

De acuerdo a la producción por estado (Tabla 3), en cuanto al promedio de los años presentados, el Estado de Guanajuato ocupa el sexto lugar en cuanto a litros producidos, y representa el 7% del total nacional; en cuanto a la producción del 2003 también encabeza el sexto lugar con una producción equivalente al 6.6% de este año.

Esto indica que Guanajuato es considerado uno de los principales productores de leche en el país, y que su participación en la industria puede ser muy importante dadas las condiciones del Estado.

Los productos más importantes en México de la industria láctea son: leche fluida, leche en polvo, quesos y yogurt.

En el 2003, el 33% se pasteurizó (tratamiento y envasado de leche), el 7% se dirigió a procesos de deshidratado (leche en polvo) y el 60% restante se utilizó para la producción de diversos productos lácteos tales como quesos y yogurt.

La actividad se concentra en pocas industrias. Sin considerar la gran cantidad de establecimientos que fabrican helados y paletas (más de 11,000) se estima que existen alrededor de 2,500 establecimientos que participan en la elaboración de productos lácteos.

## **2.1.2. Generalidades**

### **2.1.2.1. La leche en la dieta.**

La leche se describe como el alimento más perfecto de la naturaleza y es la única fuente alimenticia de los lactantes recién nacidos, y en muchos países constituye el principal aporte alimenticio en la dieta del desarrollo de los niños. La importancia de la leche en la dieta humana se debe a sus dos principales ingredientes: proteínas y calcio. Las proteínas proporcionan muchos de los aminoácidos esenciales de los cuáles son deficientes los granos de cereales usados en la alimentación. Además las proteínas son fácilmente digeribles y su existencia es universal (Silva, 2000).

Por otro lado, el calcio es un nutriente necesario para mujeres embarazadas, para la madre que nutre a su bebé, para los niños, los adolescentes y para los adultos, con requerimientos entre 1.15 a 1.5 gramos de calcio por día.

En gran parte del mundo, particularmente el occidental, la leche del ganado vacuno proporciona casi toda la leche producida para consumo humano. Consecuentemente, en los Estados Unidos la industria láctea se basa primariamente en la leche de vaca.

A partir de la leche fresca se elaboran diversos productos ampliamente aceptados en la mayoría de la población. Algunos de ellos, como los quesos, se conocen desde hace muchos siglos y su preparación se practicaba desde entonces como un método de conservación de la leche

Por contener un gran número de nutrimentos y ser un alimento tan completo, con un pH casi neutro, la leche está sujeta a contaminaciones microbiológicas que la hacen ser un producto altamente perecedero. Los distintos derivados que de ella se obtienen representan una forma más estable, con una vida de anaquel mucho mayor que la materia prima (Badui, 1999).

#### 2.1.2.2. Caracteres principales

La leche es un líquido blanco, opaco, más viscoso que el agua, de sabor ligeramente azucarado y de olor poco acentuado. La leche al igual que sus derivados, presentan ciertas propiedades físicas particulares que son reflejo de su composición y de las interacciones de sus constituyentes; el color y la viscosidad son dos factores que el consumidor inmediatamente puede evaluar y, con base a esto, rechazar o aceptar un producto. Es importante conocer otras características físicas como el peso específico, la temperatura de congelamiento, la densidad, sobre todo cuando se conciben los procesos térmicos (pasteurización, esterilización), o los tratamientos físicos (homogenización, transporte) a los que se somete la leche. Sus principales caracteres físicos y fisicoquímicos se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Características físicas o fisicoquímicas de la leche**

Característica	Valor
Densidad	1.030 a 1.034
Calor específico	0.93
Punto de congelación	-0.55
pH	6.5 a 6.6
Acidez °D (Dornic)	16 a 18
Índice de refracción a 20 °C	1.35

Fuente: Veisseyre, 1988.

La leche constituye un sistema químico y fisicoquímico muy complejo cuyo perfecto conocimiento es indispensable para quien desee comprender los principios del tratamiento y de la transformación del producto.

### **2.1.3. Composición química**

Inmediatamente después del parto, la vaca empieza con las secreciones mamarias; durante los primeros dos o tres días produce el llamado calostro, que es un líquido con un alto contenido de sólidos, de fuerte olor y sabor amargo, abundante en inmunoglobulinas, y con la siguiente composición promedio: 79% de agua, 10% de proteínas, 7% de grasa, 3% de lactosa y 1% de cenizas. Dicho calostro está destinado fundamentalmente a fortalecer el sistema de protección del becerro y sólo a éste le sirve; por su gran proporción de inmunoglobulinas, es sumamente sensible a la desnaturalización térmica (Badui, 1999).

Pasado este período, el animal sintetiza propiamente la leche durante toda la lactancia que varía de 180 a 250 días, con una producción media diaria muy fluctuante que va desde 3 litros (vacas que pastorean) hasta 25 litros (vacas estabuladas).

La composición de la leche refleja que es la única fuente de alimento para el mamífero joven. Por consiguiente, está compuesta por una compleja mezcla de lípidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. La composición media de la leche y el rango de composiciones medias de las leches del ganado vacuno occidental se muestran en la Tabla 5. La mayor variabilidad composicional es exhibida por la fracción lipídica. En gran parte debido al valor económico de la



grasa de la leche, los criadores han seleccionado a los animales productores de mayores porcentajes de este constituyente (Fennema, 1993). En consecuencia, cuando se comparan leches individuales se observa un amplio rango de porcentajes de grasa.

**Tabla 5. Composición de la leche de vaca de razas occidentales.**

Componente	Porcentaje medio	Rango para las razas <sup>a</sup> (porcentajes medios)
Agua	86.6	85.4 – 87.7
Grasa	4.1	3.4 – 5.1
Proteína	3.6	3.3 – 3.9
Lactosa	5.0	4.9 – 5.0
Ceniza	0.7	0.68 – 0.74

<sup>a</sup>Las razas occidentales incluyen la Guernsey, Jersey, Ayrshire, Parda Suiza, Shorton y Holstein.

Fuente: Fennema, 1993

#### 2.1.3.1. Proteínas de la leche

La leche contiene 30 – 35 g/L de proteína total de alta calidad nutritiva (Tabla 6). Las proteínas de la leche se clasifican en caseínas y proteínas del suero. Todas las caseínas forman un complejo esférico singular altamente hidratado conteniendo fosfato cálcico, denominado micela. Debido a las características anormales de las caseínas y del complejo micelar, las proteínas de la leche pueden separarse fácilmente en las fracciones caseína y proteínas del suero. Históricamente, esta separación mediante la precipitación ácida o la coagulación con cuajo ha constituido la base de muchos productos lácteos, como el queso, productos del suero e ingredientes alimentarios. La caseína constituye la mayor fracción de las proteínas de la leche bovina; consecuentemente, el coágulo formado por aglomeración de micelas de caseína durante la fabricación del queso retiene la mayoría de la proteína total de la leche. Hasta hace poco el suero de la leche frecuentemente se desechaba, sin embargo, actualmente se tiende rápidamente por razones económicas a recuperar las proteínas del suero para uso alimentario (Fennema, 1993).

**Tabla 6. Concentraciones de las proteínas más abundantes de la leche.**

Proteína	Concentración (g/L)	Porcentaje aproximado de la proteína total
Caseínas:		
$\alpha_s$ - caseínas	24 a 28	42
$\beta$ - caseínas	15 a 19	25
$\kappa$ - caseínas	9 a 11	9
$\gamma$ - caseínas	3 a 4	4
Proteínas del suero:		
$\beta$ - lactoglobulina	1 a 2	9
$\alpha$ - lactoalbúmina	5 a 7	4
Proteasas - peptonas	2 a 4	4
Proteínas de la sangre	1 a 1.5	3
TOTAL		100

Fuente: Fennema, 1993.

### 2.1.3.2. Lípidos de la leche

La composición lipídica de la leche bovina es la más compleja que se conoce. Los triglicéridos suponen la mayor proporción de los lípidos totales (Tabla 6). En la leche, los triglicéridos están presentes en glóbulos de 2-3  $\mu\text{m}$  rodeados por una membrana derivada de la membrana plásmica apical celular. La concentración dada en la Tabla 7 representa la correspondiente a la leche recién obtenida. Durante el almacenamiento ocurre cierto grado de lipólisis produciéndose mayores concentraciones de ácidos grasos libres y de mono y diglicéridos.

**Tabla 7. Composición lipídica de la leche de vaca**

Lípido	Porcentaje en peso
Triglicéridos	97-98
Diglicéridos	0.03-0.06
Monoglicéridos	0.02-0.04
Ácidos grasos libres	0.1-0.4
Esteroles libres	0.2-0.4
Fosfolípidos	0.2-1.0

Fuente: Fennema, 1993.

En la leche de bovinos se han identificado más de 400 ácidos grasos diferentes; no obstante, solamente 20 ácidos grasos individuales representan la mayoría de los residuos. Con base a todos los ácidos grasos identificados, los ácidos saturados representan el 62.83% del total, los ácidos monoenoicos el 30.75%, los ácidos dienoicos el 2.97%, los ácidos polienoicos el 0.85%, los ácidos monorramificados el 0.83% y otros ácidos el 0.40%; además de ser objeto de la mayor variabilidad en la cantidad total, los lípidos están más sujetos que otros constituyentes de la leche a cambios de composición, influenciados por factores ambientales, como la dieta.

Los fosfolípidos y esteroides se presentan en las fracciones de membrana celular que pasan a la leche. La fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina y esfingomielina dan cuenta de la mayor parte de la fracción fosfolipídica.

#### 2.1.3.3. Sales y minerales

La leche contiene varias sales y minerales, entre los que destacan los citratos, los cloruros y los fosfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio; éstos se encuentran tanto en solución como formando parte del sistema coloidal de las caseínas (Tabla 8). Aproximadamente 50% del fósforo total está esterificado a las fosfoserinas de las caseínas. El contenido promedio total de calcio es de 117.7mg/100g en donde el 69% (81.1 mg) se encuentran en forma coloidal, unidos a las caseínas mediante el fosfato correspondiente; el resto del calcio, 31% (36.6 mg) se localiza como soluble en el suero.

Existe un equilibrio entre el calcio coloidal y el soluble que depende del pH y de la temperatura del sistema; en condiciones ácidas hay un desplazamiento del calcio coloidal al soluble que incrementa la inestabilidad de las proteínas, mientras que a temperaturas elevadas se favorece la formación de calcio coloidal. Las sales desempeñan un papel muy importante en la estabilidad térmica de todos los productos lácteos, de tal manera que si se añaden iones calcio y magnesio existe la tendencia a que el sistema proteínico se desestabilice, por el contrario los citratos y los fosfatos lo estabilizan (Badui, 1999).

**Tabla 8. Concentración de las principales sales de la leche**

Componente	Concentración (mg/100 g)		
	Total	Coloidal	Soluble
Calcio	117.7	81.1	36.6
Magnesio	21.1	4.3	7.8
Citrato	176.0	19.0	158.0
Fósforo	95.1	50.8	44.2
Sodio	58.0	54.5	3.5
Potasio	140.0	10.0	130.0
Cloruro	104.5	0	140.5

Fuente: Badui, 1999

#### 2.1.3.4. Lactosa

La lactosa solo se encuentra en las leches, es el principal hidrato de carbono de la leche y está considerado por algunos autores como el único; sin embargo, también se encuentran pequeñas cantidades de glucosa, galactosa, sacarosa, cerebrósidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina.

La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria por un sistema enzimático en el que interviene la  $\alpha$ -lactalbúmina, para después segregarse en la leche; tienen aproximadamente 15% del poder edulcorante de la sacarosa y contribuye, junto con las sales, el sabor global de este alimento.

#### 2.1.3.5. Enzimas

Las enzimas se encuentran distribuidas en la leche, ya sea unidas a las micelas de caseína, a la membrana del glóbulo de grasa o en forma libre en el suero; se producen en la glándula mamaria y de ahí se transfieren a la leche.

Entre las enzimas más importantes en la leche destacan las siguientes: lipasa, proteasa, fosfatasa alcalina, catalasa y lactoperoxidasa. Hay enzimas que se emplean como índice de calidad en algunos procesos tecnológicos de la leche: la fosfatasa alcalina, que tiene un pH óptimo de 8, se usa para determinar la

eficiencia de la pasteurización de la leche, y la catalasa para medir la mastitis en las vacas. Por otra parte, la acción de las lipasas tienen implicaciones importantes ya que son responsables de la rancidez hidrolítica, al liberar ácidos grasos de cadena corta; las proteasas son las que ocasionan que la leche evaporada se coagule, ya que son termorresistentes y soportan el tratamiento de la esterilización, además de que se reactivan en el almacenamiento; se considera que estas proteasas tienen una acción semejante a la de la renina y que por eso alteran el sistema proteico de este producto.

#### **2.1.4. Estado de dispersión de la leche**

La leche es un sistema biológico muy complejo en el que se presentan tres estados físicos de dispersión de sus múltiples constituyentes: a) la lactosa, así como las sales, los cationes, los aniones y las vitaminas hidrosolubles, existen como una verdadera solución; b) las proteínas, las caseínas y las del suero, forman dispersiones coloidales, y c) las sustancias liposolubles se encuentran como emulsión.

Aunque cada uno de estos sistemas tiene diferente densidad (1.05, 1.114 y 0.94 g/mL, respectivamente), están en equilibrio debido a diversos mecanismos de estabilidad que tiene cada uno de ellos; los distintos tratamientos a los que se someten la leche y sus derivados pueden alterar estas fases y consecuentemente la estabilidad final del producto.

##### **2.1.4.1. Fase micelar**

Las caseínas actúan entre sí formando una dispersión coloidal que consiste en partículas esféricas llamadas micelas con un diámetro que varía de 40 a 300 nm; éstas a su vez están constituidas por subunidades, también esféricas, de diámetro de 10 a 20 nm. El peso molecular de las micelas va desde 200 a 2800 millones de daltones; el número de ellas por mililitro de leche es de 5000 a 15 millones; su densidad es de 1.114 g/mL y están constituidas aproximadamente por 92% de proteínas y 8% de fosfato de calcio.

En la micela, las subunidades se enlazan mediante iones calcio; en este sentido, no se conoce bien cómo está este ion; sin embargo, existen algunas teorías que sugieren que el fosfato de calcio se une a los grupos  $\text{NH}_3^+$  de la lisina o que el calcio interacciona directamente con los carboxilos ionizados.

La micela se encuentra sumamente hidratada con aproximadamente 3.8 g de agua por gramo de proteína y su estructura porosa le permite un intercambio continuo entre sus constituyentes y los del suero (caseína soluble, lactosa, sales) que depende de la temperatura y del pH del sistema. Por ejemplo, a menos 10 °C la caseína  $\beta$  se disocia de las micelas y pasa a formar parte del suero; el proceso se hace reversible al incrementar la temperatura y esto se refleja en el valor de la relación caseína micelar/caseína total que es de 78% a 5 °C y de 97% a 25 °C. Por su parte, al reducir el pH a 5 se induce una transferencia de la caseína micelar al suero y una disolución del fosfato de calcio coloidal. Estas modificaciones en la micela, por temperatura o por pH, provocan reducción de su tamaño, pérdida de su capacidad de rehidratación y aumentan su sensibilidad a los efectos de los distintos procesos a los que se somete la leche.

Por otra parte, las subunidades están constituidas por la interacción de las caseínas  $\alpha_{s1}$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$  y  $\gamma$  que se encuentran en una proporción variable, pero que en promedio es de alrededor de 52%, 31%, 11% y 6%, respectivamente; por ejemplo, se ha observado que en las micelas más pequeñas la proporción de caseína  $\kappa$ , es mayor que en las grandes.

Todas estas fracciones proteicas contienen un alto porcentaje de los ácidos glutámico y aspártico orientados hacia el exterior y que al pH de 6.7 de la leche se encuentran ionizados, lo que le proporciona una carga negativa a la micela que provoca fuerzas de repulsión entre ellas, y se evita así la tendencia a su agregación y la precipitación.

Además de las caseínas, las micelas contienen otras proteínas, principalmente algunas enzimas como la lipasa y la proteasa; la primera actúa más fácilmente sobre el coágulo de grasa después de la homogenización de la leche ya que este proceso induce la asociación no covalente entre las micelas y los glóbulos de grasa.

También se toma en cuenta la capacidad de la fracción  $\kappa$  para mantener estables las caseínas  $\alpha_s$  y  $\beta$  ya que en forma individual o combinada son muy sensibles y precipitan en las condiciones normales de pH y fuerza iónica de la leche; es decir, la interacción de la  $\kappa$  con la  $\alpha_s$  y la  $\beta$  hace que se mantenga todo el sistema proteínico (Baduí, 1999).

Las proteínas del suero se localizan en forma de solución coloidal y están estabilizadas básicamente por su alto grado de hidratación; al contrario de lo que sucede con las caseínas, a éstas les afectan más las altas temperaturas y la presencia de sales deshidratantes, debido a que estas sales compiten con el agua de hidratación que estabiliza estos coloides. Las temperaturas elevadas ocasionan su desnaturalización, lo que a su vez favorece que actúen entre ellas con la consiguiente formación de precipitados o coágulos.

## **2.2. RECEPCIÓN Y TRATAMIENTOS DE LA LECHE DESTINADA A QUESERÍAS**

La leche empleada en la elaboración de quesos debe ser de buena calidad, tanto desde el punto de vista químico como microbiológico. Los mismos niveles de higiene que se exigen para la leche líquida de consumo directo deben ser exigidos para la leche destinada a la fabricación de quesos. Además, se debe evitar la presencia de antibióticos que inhiben el desarrollo de las bacterias lácticas que se adicionan a la leche en la quesería. Tampoco se deben utilizar calostros ni leche de animales procedentes de animales enfermos.

Las cualidades que debe tener una leche para su utilización en quesería son:

- a) Debe coagular bien con el cuajo.
- b) Debe eliminar bien el suero.
- c) Buen rendimiento quesero.
- d) Buena calidad microbiológica.

Es importante notar que estas características pueden variar según la especie, la raza del animal, época del año, tipo de alimentación, salud del animal, tratamientos sufridos por la leche, fase de lactancia, clima.

Los tratamientos a que es sometida la leche antes de su conversión en queso pueden tener efectos perjudiciales o benéficos.

Empeoran las aptitudes queseras de la leche con los siguientes tratamientos:

- Almacenamiento prolongado a bajas temperaturas (2 a 10 °C).
- Tratamiento mecánicos (bombeos, transporte por tuberías)
- Tratamientos térmicos severos (por encima de 82 a 85° C).

Por otro lado, se mejoran las aptitudes queseras de la leche con los siguientes tratamientos:

- Almacenamiento por no más de un día a bajas temperaturas (2 a 10 °C).
- Terminación, cuando sea posible aplicarlo o tratamientos térmicos de pasteurización alta de 72 a 75 °C).

(Madrid, 1999).

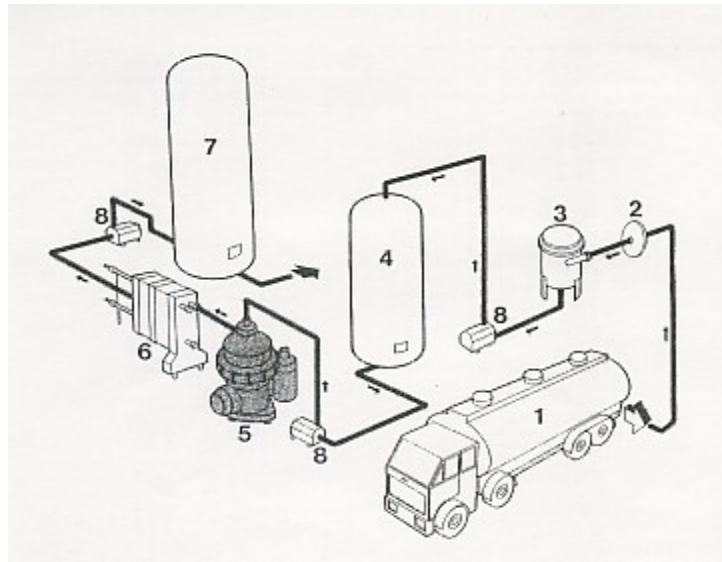
### **2.2.1. Recepción**

La Figura 2 se presenta el sistema de recepción y tratamientos previos de la leche en una central lechera (Madrid, 1996).

La cisterna (1) es descargada pasando en primer lugar la leche por un tamiz (2) donde se separan las impurezas más groseras que pudiese llevar. Inmediatamente después pasa a un pequeño depósito de desaireación (3) sometido a la acción de vacío para eliminar el oxígeno ocluido.

Normalmente, la leche contiene un porcentaje de aire que se encuentra disuelto o en forma de burbujas. Por otra parte, la leche absorbe más aire a temperaturas bajas, por lo que es especialmente importante evitar la mezcla con aire cuando se mantiene entre 3 y 8 °C.





**Figura 2. Recepción y tratamientos previos al procesamiento de la leche.**

Fuente: Madrid, 1999.

Una bomba (8) envía la leche a un depósito intermedio (4) donde se deben tomar muestras para analizar diversos parámetros de control de calidad tanto fisicoquímicos como microbiológicos. Estos son controles internos que debe tener la central lechera de la materia prima que recibe.

Otra bomba (8) envía la leche desde el depósito (4) a una centrífuga de alta velocidad (5), cuya función es separar la mayoría de las impurezas sólidas e incluso un número elevado de microorganismos en la leche.

Después se procede a bajar su temperatura en un enfriador de placas (6) hasta 4 °C. Otra bomba lleva la leche hasta el depósito de almacenamiento refrigerado final (7).

En general, la leche que llega a la quesería tiene que esperar hasta su procesamiento de 1 a 2 días, especialmente los fines de semana, durante este tiempo tiene que ser almacenada en depósitos. El almacenamiento en frío tiene sus inconvenientes para las leches dirigidas a quesería a saber:

- Aumenta el período de coagulación en la elaboración del queso.
- Dificulta la separación del suero.

Cuanto más prolongado es el período de almacenamiento, más inconvenientes se presentan. Así, se ha comprobado que aún a bajas temperaturas hay un crecimiento de las bacterias llamadas psicrófilas, capaces de

desarrollarse a más de 5 a 7 °C. De esta forma, la flora bacteriana de tipo láctico es sustituida por este otro tipo de bacterias.

El dominio de los gérmenes psicrófilos sobre los lácticos es perjudicial, ya que algunos de los primeros, tales como pseudomonas y alcalígenes, producen enzimas (proteasas y lipasas) que atacan a las proteínas y grasas de la leche, provocando su hidrólisis y la aparición de productos que pueden producir aromas y sabores extraños en el queso (Madrid, 1999).

Algunas queserías, cuando la leche recibida va a estar almacenada más de un día antes de su utilización, proceden a su termización, el cual se explica a continuación.

### **2.2.2. Termización de la leche**

La termización de la leche es el calentamiento de la leche cruda, durante 15 segundos como mínimo, a una temperatura comprendida entre 57 y 68 °C, de forma que la leche después de dicho tratamiento, reaccione positivamente a la prueba de la fosfatasa.

Este es un proceso térmico que se hace en algunos centros de recogida e industrias cuando la leche va a permanecer más de 24 horas en depósitos de almacenamiento. Se ha visto que, si la leche debe esperar mucho tiempo, antes de procesado como leches de consumo directo (leches pasteurizadas o esterilizadas envasadas) u otros derivados lácteos, no basta con mantenerla refrigerada entre 3 a 6 °C, sino que se recurre a un tratamiento térmico más suave, como lo es la termización, que reduce considerablemente el número total de microorganismos. Es condición indispensable que la leche sea enfriada inmediatamente entre 3 a 4 °C.

Se ha comprobado que la termización tiene un efecto benéfico cuando se destina a la elaboración de quesos. Efectivamente, mediante este calentamiento suave, muchas esporas bacterianas pasan a su fase vegetativa, pudiendo ser destruidas posteriormente con más facilidad en el proceso normal de pasteurización. Las bacterias formadoras de esporas se suelen desarrollar durante el proceso de maduración del queso, produciendo malos olores y

sabores. Por ello es importante su eliminación. En pruebas realizadas en leches termizadas y sin termizar se ha comprobado que al cabo de dos días de almacenamiento, la leche sin termizar presentaba un recuento total y de psicrófilos de más de un millón por  $\text{cm}^3$ , lo cual es perjudicial en quesería. La leche termizada tenía un recuento mil veces menor.

De cualquier manera, no se debe abusar de este proceso, ya que lo ideal es que la leche, a su llegada a la industria, no sea sometida a largos períodos de almacenamiento.

### **2.2.3. Almacenamiento de la leche**

Las industrias lácteas deben disponer básicamente de tres tipos de sistemas de almacenamiento:

1. Depósitos de recepción de la leche cruda.
2. Depósitos de tratamiento, normalización y mezcla.
3. Depósitos de regulación entre etapas de los procesos de fabricación.

Normalmente, la leche cruda recién llegada a la central lechera, se almacena en grandes depósitos (30,000 a 500,000 litros). Estos depósitos, por necesidades de espacio, se pueden instalar fuera de las naves de la industria, En este caso, deben aislarse para conservar la leche a la temperatura adecuada.

Para evitar la separación de las fases (grasa y acuosa), los depósitos deben llevar un sistema de agitación suave, ya que si es fuerte produce efectos nocivos tales como:

- Incorporación de aire a la leche, que produce oxidación de grasas, problemas mecánicos en el bombeo y datos erróneos en el volumen.
- Rotura de los glóbulos grasos, con pérdida de su membrana protectora, lo que facilita el ataque enzimático a la grasa láctea.

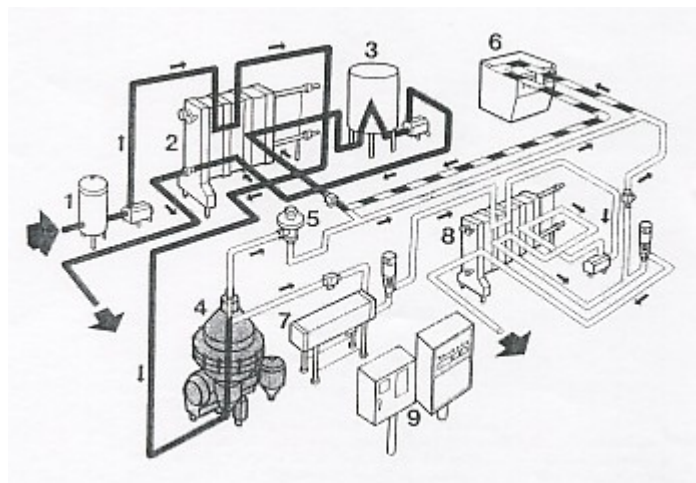
Una agitación débil puede hacer que la leche que sale primero por el fondo del depósito tenga menos grasa que la última, con la diferencia que eso supondría en la elaboración del queso. Por ello, en los depósitos muy altos se recomienda la utilización de dos agitadores colocados de forma que se asegure una mezcla uniforme de toda la leche.

El fondo de los depósitos debe ser cónico o plano con una ligera inclinación para facilitar el vaciado de la leche.

#### 2.2.4. Descremado, higienización y estandarización de la leche

La Figura 3 presenta los tratamientos a que es sometida la leche en las centrales lecheras después de acabada la recepción y control de calidad.

En primer lugar, la leche refrigerada a 4 °C procedente del depósito de almacenamiento pasa al depósito de regulación (1). Una bomba la envía a las dos primeras secciones del pasteurizador (2), donde se precalienta a unos 65 °C, para pasar a esta temperatura a la centrifugadora descremadora (4), donde se separa la crema de la leche. La crema se pasteuriza en el equipo de placas (8). Parte de la crema se mezcla nuevamente con la leche para dar leche estandarizada en su porcentaje de grasa que se requiera, que se homogeniza en el equipo (6), volviendo a la última sección del pasteurizador (2), donde se procede al calentamiento final, a 72-75 °C, durante 15 a 20 segundos, gracias a la retención en el depósito (3). De dicho depósito, la leche pasteurizada vuelve a pasar por las dos primeras secciones del pasteurizador (2), donde cede calor a la leche entrante enfriándose hasta 4-6 °C. El densímetro (7) sirve para regular el contenido de grasa de la crema, aunque se produzcan variaciones en la alimentación.



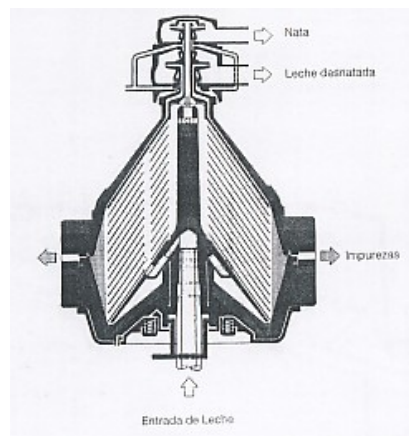
**Figura 3. Tratamientos de la leche posterior a la recepción.**

Fuente: Madrid, 1996.

### 2.2.4.1. Higienización

La leche que entra en una quesería debe ser filtrada rápidamente para eliminar las impurezas groseras que contenga, que además son foco de crecimiento bacteriano. Las operaciones de limpieza de la leche se realizan con un tamiz, que es una malla de acero inoxidable con agujeros (0.2 a 1.0 milímetros) que retienen las impurezas de mayor tamaño (trozos de paja, estiércol, pelos, insectos). Este filtro hay que limpiarlo cada cierto tiempo, por lo que a veces se colocan dos en línea de proceso para su funcionamiento continuo. También existen filtros llamados autolimpiables que descargan automáticamente las impurezas que van separando, por lo que no es necesario desmontarlos para su limpieza. La higienización completa de la leche se consigue con centrífugas de alta velocidad. Si la leche se somete a centrifugación en un equipo como se muestra en la Figura 4, que gira a miles de veces la fuerza de gravedad, la separación de la grasa es muy rápida y el caudal horario también. De hecho, las modernas centrífugas trabajan de 10,000 a 14,000 veces la fuerza de la gravedad, con lo que su eficiencia es también del mismo orden.

Como se observa en la Figura 4, la leche entra por abajo y se distribuye en el cuerpo de la máquina, que lleva un paquete de discos para aumentar la eficacia de la separación. Las impurezas sólidas que aún contenga, al ser más pesadas se desplazan hacia la periferia, siendo descargadas a intervalos regulares sin necesidad de parar la máquina. La crema, menos pesada, se queda en el centro, y es descargada por arriba, mientras la leche lo hace por la boca inferior.



**Figura 4. Centrífuga higienizadora y desnatadora.** Fuente: Madrid, 1996

Actualmente, las modernas centrífugas incorporan una serie de mejoras, tales como:

- Diseño hermético para trabajar al abrigo del aire.
- Sistemas de descargas parciales de las impurezas acumuladas en las paredes del rotor.
- Sistemas de autodisparos, de forma que las descargas de impurezas se realizan en el momento preciso, independientemente de las variaciones en la alimentación.
- Altos caudales horarios.
- Sistemas de seguridad.

#### 2.2.4.2. Estandarización

La máquina centrífuga realiza dos funciones: eliminación de impurezas y estandarización del contenido de grasa de la leche por separación de la crema.

Para la estandarización del contenido graso de la leche y la crema se puede proceder de varias formas:

- La leche contenida en un depósito se agita, se toma una muestra, se analiza el contenido graso y, en función del resultado, se añade o quita crema.
- La leche es estandarizada de forma automática en modernas líneas de funcionamiento continuo.

La Figura 5 muestra un sistema automático de estandarización del contenido graso de la leche y la crema. Existen numerosas variantes que se pueden presentar en la práctica diaria de una industria:

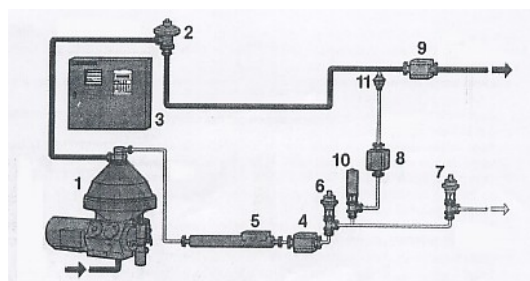
- Estandarización de crema y leche partiendo de leche entera, que tiene un mayor contenido graso que el final buscado.
- Estandarización de crema y leche partiendo de leche entera, que tiene menos contenido graso que el final buscado.
- Estandarización de crema y leche con la posibilidad de añadir otro producto a la leche (crema, suero de crema u otra sustancia grasa). A veces solo se descrema una parte de la leche entera en centrífuga, y a

su salida de la máquina se vuelve a mezclar con el resto de la leche entera que no ha sido centrifugada. Este sistema tiene la ventaja de permitir el uso de una máquina de menor capacidad que la de la línea de tratamiento.

- Estandarización de crema y leche partiendo de leche entera con un contenido graso mayor que el que se pretende alcanzar, pero con la opción de estandarizar la proporción: contenido en grasa/materia seca de la leche.

El sistema que aparece en la Figura 5 funciona midiendo las densidades y caudales de los productos. En función de las medidas obtenidas y de los caudales que se pretenden obtener, se producen ajustes de los caudales.

Como se aprecia en la Figura 5, la leche entera se bombea a la centrífuga (1) para su separación en leche descremada y crema. La presión de la leche descremada en la centrífuga se mantiene constante mediante una válvula de modulación (2). Al recibir las señales de los transmisores, la computadora del panel de control (3) calcula el contenido en grasa en relación con los valores prefijados y los caudales e inmediatamente transmite señales de control a las válvulas de modulación de caudal, siempre que sea necesario. El caudal de la crema procedente de la separadora se mide con un transmisor de caudal (4) y su contenido en grasa con un transmisor de densidad (5). El caudal de crema se regula por medio de una válvula de modulación (6). En la línea de crema sobrante, una segunda válvula de modulación (7) regula su caudal, mientras que la cantidad de crema de remezcla se mide con un transmisor (8). El caudal de leche estandarizada se mide por medio de otro transmisor (9). La válvula de corte (10) se cierra cuando se va a producir crema y leches estandarizadas.



**Figura 5. Sistema automático de estandarización del contenido graso de la leche y de la crema.** Fuente: Madrid, 1996.

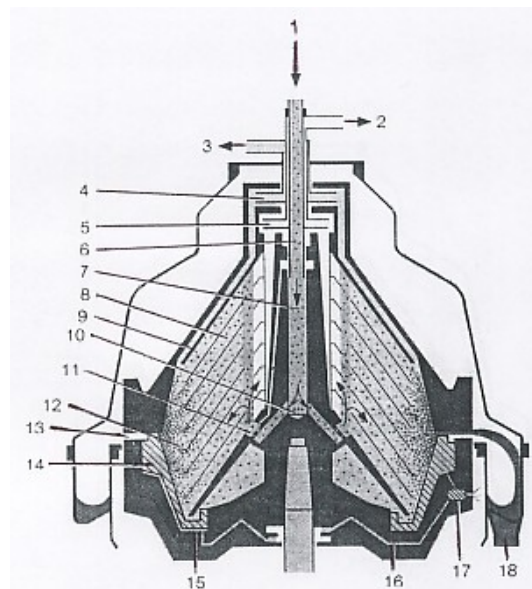
El descremado de la leche se puede hacer en frío o en caliente. La Figura 6 presenta la sección de una centrífuga utilizada en el descremado de la leche en caliente.

La leche entra a la máquina en rotación por arriba (1). La energía cinética en el tubo de alimentación fijo (6) se convierte en presión en la cámara de alimentación (7).

Posteriormente entra la leche (10) al juego de platos (8), donde se produce la separación de la leche en crema y leche descremada. Al mismo tiempo se eliminan las impurezas sólidas, que son conducidas hasta el recinto de lodos (12) por acción de la fuerza centrífuga.

La leche llega al juego de platos por los canales ascendentes (11).

Como se había mencionado antes, las partículas de grasa se separan en el juego de platos y se desplaza hacia el interior de la máquina, ya que tienen menor peso específico, saliendo a presión y sin espuma por el rodete (5) hasta la tubería (2). La leche descremada pasa por encima del plato separador (9), que limita por la parte superior el recinto de centrifugación, siendo descargada a presión y sin espuma mediante el rodete (4) hasta la tubería (3). El grado de descremado viene dado por la cantidad de partículas de grasa que queda en la leche descremada.



**Figura 6. Sección transversal de una centrífuga utilizada en el descremado de la leche.**

Fuente: Madrid, 1996



## 2.2.5. Pasteurización de la leche en queserías

### 2.2.5.1. Métodos de pasteurización

Se pueden distinguir dos grandes métodos:

La **pasteurización baja** se define por un calentamiento a 63 °C durante 30 minutos. Es un método lento y discontinuo, pero presenta la ventaja de no modificar las propiedades de la leche. No se coagulan las albúminas, ni las globulinas y el estado de los glóbulos grasos permanece inalterado. Por otra parte, aún en la actualidad, la baja calidad bacteriológica de la leche exige un tratamiento térmico más severo. Este es tanto más conveniente cuanto que algunos gérmenes termófilos pueden crecer a 63 °C y desarrollarse en la leche pasteurizada.

La **pasteurización alta** se define como el calentamiento a 72 °C durante 15 segundos. El método es rápido y continuo, pero modifica ligeramente las propiedades de la leche, si bien los aparatos modernos reducen este inconveniente. Las albúminas y las globulinas sufren siempre una coagulación parcial.

La pasteurización alta está hoy mundialmente extendida. En Francia es casi el único método empleado.

En el caso de los quesos, la pasteurización es obligatoria en la mayoría de los casos. Es preferible no pasar de las condiciones de la pasteurización alta.

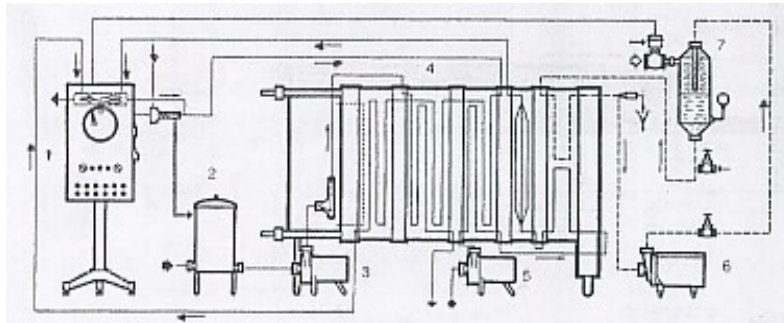
Se acusa a la pasteurización de la leche para quesos de provocar la desaparición de aromas y sabores característicos de los mismos.

### 2.2.5.2. Equipo pasteurizador de placas

La Figura 7 muestra un equipo completo de pasteurización, con los siguientes elementos:

- Depósito regulador de entrada.
- Bomba de impulsión de la mezcla.
- Pasteurizador de placas de cinco secciones.

- Equipo de calentamiento.
- Válvula de circulación.
- Panel y elementos de control.
- Tubería y accesorios de unión entre todos los componentes de la planta.



**Figura 7. Equipo de pasteurización de la leche.**

Fuente: Madrid, 1996

Este equipo pasteurizador funciona como sigue:

La leche llega al tanque regulador (2), desde donde una bomba (3) la envía al pasteurizador (4), donde se calienta en contracorriente con leche que ya sale pasteurizada. En la última sección se procede el salto térmico hasta 70-72 °C, en circulación alternativa con agua caliente a 78-80 °C, que es calentada por vapor en la caldera (7), siendo impulsada por la bomba (6). En la penúltima sección del pasteurizador se mantiene la temperatura de 70-72 °C durante quince a veinte segundos. Sale nuevamente la leche, que se va enfriando.

Si por cualquier causa no se alcanza la temperatura de pasteurización, una válvula recircula la leche nuevamente. En el panel (1) se controla y registran las temperaturas durante todo el proceso.

## 2.3. LOS QUESOS

### 2.3.1. Definición

Desde el punto de vista de su composición, el queso puede definirse como un producto fermentado o no, obtenido por coagulación de la leche, en forma de

gel más o menos deshidratado que retiene casi toda la materia grasa, si se trata de un queso graso, un poco de lactosa en forma de ácido láctico y una fracción variable de sustancias minerales (Veisseyre, 1988).

La organización internacional FAO (Food and Agricultural Organization) define el queso como el producto fresco o madurado obtenido por coagulación de la leche u otros productos lácteos.

### **2.3.2. Principios fundamentales de la quesería**

En el arte o la ciencia de la fabricación de quesos hay que considerar cinco factores principales: la composición de la leche, la velocidad de acidificación, el desarrollo de la acidificación, el contenido de humedad y la manipulación de la cuajada (Lucey *et al.*, 2003).

La fabricación de un queso comprende tres fases esenciales:

- a) Cuajado o coagulación de la leche. La formación del gel de caseína.
- b) Desuerado de la cuajada. La deshidratación parcial de este gel por sinéresis, es decir, por la contracción de las micelas que lo forman.
- c) Afinado o maduración de la cuajada. Es la maduración enzimática del gel deshidratado, del que es responsable, en primer lugar, la proliferación de determinados microorganismos.

En el caso de los quesos frescos, la fabricación termina con el desuerado.

#### **2.3.2.1. Coagulación de la leche**

Los pasos iniciales en la elaboración de quesos involucra la coagulación de micelas de caseína por la vía de tres posibles métodos: proteólisis limitada (usando renina u otros coagulantes), acidificando (con cultivos iniciadores o adición de ácidos) y calentando; o la combinación de estos tres métodos (Lucey, *et al.*, 2003).

Las micelas de caseína se aglomeran para formar un gel compacto aprisionando el líquido de dispersión que constituye el suero.

En realidad, todas las cuajadas de quesería se obtienen por acción simultánea del cuajo y del ácido láctico proveniente de la transformación de la lactosa por las bacterias lácticas. No obstante, siempre existe un predominio más o menos acusado de uno de los dos modos de floculación citados. En una cuajada enzimática domina ampliamente la acción del cuajo y se disminuye al máximo la acidificación láctica. Por el contrario, en una cuajada ácida, el papel del cuajo es limitado y el agente principal de la floculación es la acidificación.

Los parámetros a controlar durante la coagulación es el tiempo de toma, la velocidad de endurecimiento de la cuajada y la capacidad de desuerado (Dunand, 1999). El tiempo de toma es el tiempo desde que se adiciona el cuajo hasta que se obtiene un gel. El tiempo de coagulación incluye, además del tiempo de toma, el tiempo de endurecimiento, esto es, la consistencia que debe tener la cuajada antes de someterlo al corte.

**Coagulación láctica o ácida.** Es la que se lleva a cabo acidificando la leche por vía biológica en el seno de la leche mantenida en reposo, siendo el único método que permite obtener un gel homogéneo. Al reducirse el pH de la leche provoca la alteración de las micelas de caseína modificando su dispersabilidad. Cuando el pH de la leche llega a ser 5.2 a 20 °C, las micelas se han desestabilizado suficientemente para aglomerarse y formar un gel láctico. Sin embargo, la desmineralización no es total. Para alcanzar este estado es necesario acidificar la leche hasta un pH de 4.6 que corresponde al punto isoeléctrico de la caseína. Se observa entonces la precipitación de la proteína en forma de flóculos de caseína que quedan suspendidos en el lactosuero que contiene todo el calcio micelar en estado disuelto.

Es importante conocer las características físicas del coágulo láctico, pues regulan su evolución futura. El gel láctico es firme, friable, poroso y poco contráctil. Su deshidratación es difícil por la importante retención de agua resultante de la elevada hidratación de las pequeñas partículas, muy dispersas, de caseína desmineralizada. Además la friabilidad se opone al trabajo mecánico intenso.

La coagulación láctica cuando se realiza por vía biológica, es siempre lento, por lo tanto, con el fin de evitar retrasos, es importante asegurarse de que la

temperatura de la leche sea la conveniente, que la población microbiana sea la adecuada, tanto en cantidad como en calidad y que el medio sea apto para el desarrollo de estos microorganismos.

**Coagulación enzimática.** Es el sistema de coagulación más ampliamente empleado en quesería. El mecanismo de acción de la enzima es como sigue: la enzima provoca una proteólisis limitada de la caseína  $\kappa$  con lo cual pierde sus propiedades estabilizantes en presencia de calcio respecto a las caseínas  $\alpha_{s1}$  y  $\beta$ . Las micelas de caseína, cuya estructura se ha modificado, se agregan en flóculos y después en fibras que finalmente constituyen una red tridimensional cuya estructura se elabora progresivamente. La red retiene en su interior lactosuero y los glóbulos grasos de manera semejante a un líquido que impregna una esponja. La rigidez del gel está asegurada principalmente por el fosfato cálcico coloidal que constituye una verdadera armadura. La caseína se encuentra en forma de un complejo de fosfoparacaseinato de calcio, es decir, en una forma muy mineralizada (Veisseyre, 1988).

Los factores de los que depende la coagulación enzimática son los siguientes:

- La dosis de cuajo. Depende de la fuerza del mismo.
- La temperatura. La velocidad de coagulación es máxima entre 30 y 35 °C.
- El pH de la leche. Cuando el pH es inferior a 7 se observa una aceleración de la gelificación porque se acerca al pH óptimo de la actuación de la enzima que es 5.5, y porque se reducen las cargas eléctricas de las micelas de caseína con lo que disminuye su estabilidad.
- El contenido de la leche en iones  $\text{Ca}^{++}$ . En principio la presencia de iones  $\text{Ca}^{++}$  es necesaria para la propia existencia de las micelas de caseína. Pero estas micelas son muy sensibles al  $\text{Ca}^{++}$  cuando son sometidas a la acción del cuajo. Por tanto, las más mínimas modificaciones del contenido de la leche en iones  $\text{Ca}^{++}$  pueden influir en la velocidad de coagulación. Es decir, todas las causas de disminución

de la concentración de iones  $\text{Ca}^{++}$  en la leche debe descartarse. Así, ciertas leches que originariamente son pobres en iones calcio reaccionan lentamente por acción del cuajo. Igualmente, una leche calentada a temperaturas superiores a 65-70 °C coagula difícilmente debido a la insolubilidad de las sales de calcio. Por lo tanto, para corregir estas deficiencias, es una práctica añadir cloruro de calcio a la leche, que aumenta el contenido de calcio iónico y, por lo tanto, favorece la coagulación.

- El contenido de la leche en fosfato cálcico coloidal. El contenido de éste juega un papel esencial en la fase de coagulación. Para una concentración dada de sales de calcio solubles (iones calcio), el tiempo de coagulación disminuye a medida que el contenido en fosfato coloidal aumenta.
- La dimensión de las micelas de caseína. Se sabe que las micelas de gran tamaño son ricas en fosfato cálcico coloidal y caseína  $\kappa$ . También son las más hidratadas.

Las características del coágulo enzimático son: es flexible, elástico, compacto, impermeable y contráctil. Esta última propiedad permite efectuar el desuerado. Su carácter compacto tolera la intervención de acciones mecánicas potentes que facilitan la contracción del coágulo y la salida del suero. Sin esta acción, el gel no desuera debido a su impermeabilidad (Veisseyre, 1988).

**Coagulación mixta.** Es el resultado de la acción conjunta del cuajo y la acidificación láctica. Es la base de la fabricación de numerosos quesos de pastas suaves o blandas.

En la práctica industrial, la obtención de un gel mixto puede llevarse a cabo según dos técnicas: la adición de cuajo a una leche ácida o la acidificación de un gel enzimático.

Cuajado de un leche ácida: como se sabe, el medio ácido favorece la acción del cuajo. Por otra parte, la estabilidad de las micelas disminuye y el

tiempo de coagulación se reduce considerablemente. Pasando de un pH de 6.7 a 5.7 la velocidad de gelificación se multiplica por 6 o 7.

El coágulo obtenido tiene caracteres intermedios entre el láctico y el enzimático: menor flexibilidad y contractibilidad y mayor firmeza y friabilidad que el coágulo enzimático.

Acidificación de un coágulo enzimático: Es un fenómeno que puede observarse cuando se mantiene a 25-30 °C un gel enzimático poblado de bacterias lácticas. El coágulo es asiento de una fermentación láctica y, por tanto, de una acidificación que provoca la solubilización progresiva de la armadura fosfocálcica del gel. Este pierde entonces su firmeza original, se vuelve menos elástico y menos contráctil con lo que se acerca a los caracteres del coágulo láctico (Gobin, 1999).

Cuando el gel ha alcanzado suficiente firmeza, el cual es tradicionalmente determinado subjetivamente por el quesero, es cortado con liras o cuchillas. En la práctica, si la cuajada es cortada cuando está muy suave, el contenido de humedad del queso resultante es más bajo (Johnson *et al.*, 2001). Si el gel es al contrario mantenido por un largo tiempo antes del corte, el contenido de humedad del queso es más alto. Este cambio en el contenido de humedad es una consecuencia de la extensión de los enlaces entre y dentro de las micelas de caseína, los cuales se incrementan con el tiempo.

#### 2.3.2.2. Prácticas del desuerado

El gel, cualquiera que sea su modo de obtención, constituye un estado físico inestable. Según las condiciones en las que se encuentra, el líquido de dispersión (lactosuero) que lo impregna se separa más o menos rápidamente y la fase sólida restante constituye la cuajada. Este fenómeno se denomina desuerado.

Cuando se dejan en reposo, los geles evolucionan según su modo de formación. Dejan escapar espontáneamente el lactosuero como consecuencia de la contracción de la red inicial. Este fenómeno es la sinéresis cuyo mecanismo íntimo no es del todo conocido. Puede pensarse en una disminución, con el

tiempo, del grado de hidratación de las micelas. La disminución del grado de hidratación de las micelas y el estrechamiento de las mallas del gel, se producen simultáneamente pero la contribución de cada uno de los fenómenos varía con el tipo de coágulo.

Desuerado de una cuajada de tipo láctico: Un gel láctico deja escapar rápida y espontáneamente una cantidad importante pero mínima de lactosuero. Debido a la gran dispersión de los agregados moleculares de caseína, a la contractibilidad casi nula del gel y a la ausencia de carga mineral (que se encuentran en el suero de escurrido en forma de lactato cálcico soluble) el desuerado de un coágulo de tipo láctico es difícil y conduce necesariamente a la obtención de una cuajada muy húmeda y poco desuerada. Por esta razón, la coagulación estrictamente láctica no es empleada en la práctica quesera corriente. Puede hacerse uso de la temperatura para regular el fenómeno. A 30 °C el desuerado de un gel láctico es rápido, sin embargo, la fabricación de quesos de pasta fresca ha demostrado que es preferible prolongar el tiempo de desuerado trabajando a una temperatura moderadamente baja, inferior a 22 °C, para evitar la obtención de pastas de escasa finura.

Desuerado de una cuajada de tipo enzimático: En un gel enzimático poco después de su formación, es casi impermeable. No hay deshidratación rápida de las micelas pero, con el tiempo, se contraen y expulsan el lactosuero tanto más fácilmente en cuanto se realice un troceado apropiado del gel que multiplica las vías de eliminación.

En un gel enzimático, la situación es completamente diferente. La estructura original de la leche se conserva. Los nudos de la red están constituidos por micelas de fosfoparacaseinato de calcio. Una fracción importante del lactosuero se encuentra retenida mecánicamente y puede escapar cuando la red sea cortada. Por otra parte, la elevada carga mineral de las micelas confiere rigidez y compacidad al gel enzimático.

Para permitir la salida del lactosuero que impregna el gel es preciso recurrir a acciones de tipo mecánico que tienen como objetivo destruir la cohesión y la compacidad del coágulo. Los medios mecánicos de desuerado utilizados en quesería son el troceado y la agitación. Su acción se completa, o simplemente se



controla con la temperatura. El troceado del gel tiene también como objetivo multiplicar la superficie de exudación y, por tanto, favorecer la evacuación del lactosuero.

A menudo el troceado va seguido de la agitación de los granos, más o menos acentuado y prolongado, según los casos.

La acción de la temperatura es fundamental en el desuerado de los geles enzimáticos. En efecto, la elevación de la temperatura permite disminuir el grado de hidratación de los granos de la cuajada favoreciendo la sinéresis.

Desuerado de un coágulo mixto: La expresión “coágulo mixto” no se aplica a un conjunto homogéneo de fenómenos. Este coágulo puede presentar características más o menos próximas al láctico o al enzimático. A medida que el carácter enzimático predomina sobre el ácido es posible someter la cuajada a acciones mecánicas más energéticas. Se habla entonces de desuerado forzado posibilitado por la cohesión y elasticidad del gel (Veisseyre, 1988).

Salado y desuerado.- El salado, cuyo papel fundamental es regular el desarrollo microbiano, contribuye también al desuerado de la cuajada; se realiza en seco o por inmersión en un baño de salmuera. La migración de agua se produce por capilaridad, esta absorción de agua es el origen de la formación de la costra superficial y de la deshidratación parcial de la pasta. En la Tabla 9, se resume la evolución de un coágulo enzimático contra un coágulo ácido.

**Tabla 9. Evolución de un coágulo enzimático contra un coágulo ácido**

Caracteres del coágulo	Tipo de coagulación		
	Vía enzimática	Vía ácida	Mixta
pH	6.7 – 6.5	< 4.5	
Estructura micelar	Modificada	Destruída	Aumenta
Mineralización	Fuerte	Débil	Disminuye
Fermentación	Débil	Fuerte	Disminuye
Elasticidad	Fuerte	Débil	Aumenta
Permeabilidad	Débil	Fuerte	Disminuye
Contractibilidad	Fuerte	Débil	Aumenta
Tensión	Fuerte	Débil	Aumenta
Aptitud a la coagulación espontánea	Débil	Fuerte	Disminuye
Aptitud a los tratamientos mecánico	Fuerte	Débil	Aumenta
Humedad de la cuajada	Débil	Fuerte	Disminuye
Cohesión de la cuajada	Fuerte	Débil	Aumenta

Fuente: Gobbin, 1999

### 2.3.2.3. Maduración del queso

En algunos quesos llamados quesos frescos, la fabricación se interrumpe en esta fase. Los demás tipos de quesos sufren una maduración biológica, más o menos pronunciada, destinada a desarrollar su sabor, al mismo tiempo que se modifica su aspecto, textura y consistencia. Puede decirse que cada tipo de queso se caracteriza por su propio proceso de maduración o afinado. Sin embargo, se dan tres grandes fenómenos, aunque en diverso grado, en todos los procedimientos de afinado:

- Fermentación de la lactosa
- Hidrólisis de la grasa
- Degradación de las proteínas

Se sabe desde hace tiempo que los agentes del afinado son numerosos y comprenden fundamentalmente: las enzimas presentes en la leche, el cuajo, que es el origen del coágulo, y las enzimas segregados por la flora microbiana que se desarrolla en la cuajada.

Puesto que la maduración del queso depende esencialmente de la actividad microbiana, se sigue que los factores que regula ésta tienen un papel determinante en el desarrollo del afinado. Entre estos factores tenemos: la aireación, la humedad, la temperatura, contenido de sal y el pH.

### 2.3.2.4. Los fermentos en quesería

Los iniciadores lácteos son cultivos inofensivos de bacterias activas que crecen en la leche o en el suero, los cuales imparten ciertas características y calidades a varios productos lácteos. Los cultivos pueden ser de una o varias especies de microorganismos. Los cultivos iniciadores son ahora liofilizados con componentes de la leche y nutrientes y son distribuidos comercialmente liofilizados o congelados (Kosikowski, 1977).

Por razones antes descritas, en la actualidad la leche puede ser pasteurizada antes de su utilización en la producción de quesos. Por este tratamiento térmico se destruye la flora original microbiana, siendo necesaria la

adición de bacterias lácticas si se desea lograr la acidificación de la leche antes de la adición del cuajo. Al período que transcurre entre la adición de los fermentos lácticos hasta la del cuajo se le conoce como período de pre-maduración.

Los fermentos lácticos dan lugar a:

- a) Acidificación de la leche, con la consiguiente disminución del pH.
- b) Inhibición del desarrollo de otros tipos de bacterias (patógenas) cuya presencia crea problemas en el proceso quesero.
- c) Segregación de enzimas proteolíticas que ayudan a la descomposición de las proteínas durante la posterior maduración.
- d) Segregación de enzimas lipolíticas que ayudan a la descomposición de las grasas, lo que facilita la maduración del queso.
- e) Desarrollo de gases como el anhídrido carbónico, que ayudan a la formación de agujeros más o menos uniformes en la masa del queso.
- f) Aparición de sustancias aromáticas típicas de los quesos.

La acidificación de la leche citada en primer lugar es la consecuencia más importante que se deriva de la adición de los fermentos.

Estos fermentos o bacterias lácticas se propagan por la leche alimentándose, sobre todo, de la lactosa que transforman en ácido láctico. Ello hace que disminuya el pH y que se facilite la posterior coagulación de la caseína. Parece ser que al coagular la leche por adición de cuajo, las bacterias lácticas se concentran en gran medida en los coágulos formados, facilitando su contracción y la eliminación del suero (pérdida de humedad).

La producción de ácido láctico tiene otra ventaja; son muchas las bacterias que no lo toleran (coliformes y otras patógenas), por lo que tienen un efecto selectivo benéfico para ciertas bacterias lácticas (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, etc.), que pueden así multiplicarse sin gran competencia.

Por otra parte, la transformación de la lactosa en ácido láctico y el desdoblamiento de proteínas y grasas mejoran la digestibilidad del producto final, así como su valor nutritivo.

Las bacterias ácido lácticas pueden ser simples especies o múltiples especies de *S. lactis*, *S. cremoris*, *S. durans*, *S. thermophilus*. o *L. bulgaricus*, y similarmente, las bacterias del aroma pueden consistir de *Leuconostoc citrovorum*, *Leuconostoc dextranicum*, o *S. diacetylactis* (Kosikowski, 1977).

Son varios los factores que favorecen o impiden en mayor o menor grado la actividad de los fermentos:

- a) Capacidad genética de las bacterias para producir ácido láctico a partir de la lactosa.
- b) Composición y calidad del medio de cultivo, que en este caso es la leche y que debe proporcionar todos los nutrientes que las bacterias necesitan para su desarrollo.
- c) Ausencia de sustancias inhibidoras, tales como antibióticos, detergentes o desinfectantes.
- d) Ausencia de bacteriófagos. Estos son virus específicos que pueden infectar a las bacterias lácticas, arruinando el proceso de la pre-maduración.
- e) Temperatura durante la pre-maduración Cada tipo de fermento láctico tiene una temperatura óptima de desarrollo.
- f) Tiempo de pre-maduración. Suele ser corto en la actualidad con objeto de acelerar el proceso. En general se controla la acidificación hasta alcanzar el pH deseado.
- g) Porcentaje de fermentos añadidos. En general se suele hacer una adición de fermentos del 0.5 al 1.0%, aunque en algunos casos se adiciona sólo un 0.2% y en otros quesos se elaboran con un mayor porcentaje de fermentos (2.5% en general).

Como ya se ha mencionado, los fermentos utilizados en la pre-maduración de la leche se suelen agregar de manera que unos produzcan acidez, otros aroma, consiguiendo entre todos el mejor resultado para cada tipo de queso. En ocasiones también se utiliza una sola cepa bacteriana (Madrid, 1999).

Por otro lado, las diferentes familias de fermentos lácticos están caracterizados por rangos de temperaturas de crecimiento: los fermentos termófilos tienen máxima actividad a temperaturas comprendidas entre 40 y 45 °C y un rango de temperatura mínima de crecimiento entre 25 a 30 °C, en tanto que los fermentos mesófilos tienen actividad máxima entre 25 a 30 °C, siendo mínima su temperatura de crecimiento entre 12 a 14 °C. Los fermentos termófilos son utilizados en quesería tanto para acidificar la cuajada como para dar características de elasticidad a la misma, mientras que los fermentos mesófilos, además de acidificar la cuajada le proporcionan características de aroma (Neyers, 1999).

#### 2.3.2.5. Clasificación de los principales tipos de quesos

Es difícil clasificar los quesos de una forma clara, ya que, además de existir una gran variedad, muchos de ellos están en las fronteras o límites de las clases que se establezcan.

Son varios los criterios que se pueden seguir para su clasificación:

- Según la leche con la que hayan sido elaborados, ya sea de vaca, oveja, mezcla de leche de vaca y oveja, leche de cabra, mezclas de leche de vaca, oveja y cabra, de otros productos lácteos (leche descremada, suero).
- Según el método de coagulación de la leche que se haya empleado. Se distinguen varios tipos de coagulación para elaborar quesos: por la acción enzimática de cuajo o de cuajos microbianos, coagulación por acidificación, coagulación mixta (cuajo y ácido) y coagulación con extractos vegetales.
- Según el contenido en humedad del queso, se clasifican en: frescos (60-80%), blandos (55-57%), semiduros (42-55%) y duros (20-40%).
- Según el contenido en grasa del queso, expresado en porcentaje sobre el extracto seco, los quesos se clasifican en:
  - a) Queso doble graso, mínimo 60% de grasa.

- b) Queso extragrasso, mínimo 45% de grasa.
  - c) Queso graso, mínimo 40% de grasa.
  - d) Queso semigraso, mínimo 20% de grasa.
  - e) Queso magro, menos del 20% de grasa.
- Según su textura, los quesos se clasifican en tres grandes grupos: con ojos o agujeros redondeados, de textura granular o de textura cerrada.
  - Según el tipo de microorganismos empleados en su elaboración, se distinguen: los quesos veteados, de pasta azul como el Roquefort, por el uso de mohos de *Penicillium*, quesos de moho blanco, tales como el Camembert y Brie, por el uso de *Penicillium candidum*, que les dan su aspecto típico, quesos con desarrollo bacteriano en la corteza, tales como Saint Paulin, Port Salut, en los que se aplica a la superficie de los quesos antes de su maduración, con un cultivo de bacterias que se desarrollan dando características especiales a los quesos y finalmente los quesos madurados por la adición de cultivos bacterianos lácticos. En este grupo se encuentran la mayoría de los quesos, los cultivos se añaden a la leche antes de su coagulación a una temperatura determinada (Madrid, 1996).

Los quesos se pueden clasificar de acuerdo a ciertas características distintivas, como se mencionó anteriormente, sin embargo las clasificaciones más generalizadas son con base a si el queso es consumido fresco o después de madurar. La otra clasificación común es en relación a su contenido de humedad, denominándose entonces “quesos duros” a los de menor humedad y “quesos suaves” a los que contienen alta humedad. De acuerdo a Scott (1991), el contenido de humedad de los quesos suaves es de aproximadamente 55%, el de los quesos semiduros es de 44-55% y el de los quesos duros entre 20-42%.

## **2. 4. LOS QUESOS TÍPICOS MEXICANOS**

Los quesos suaves son probablemente los más reconocidos de los quesos hispanos. Son quesos blancos que no funden cuando son calentados,

característica ideal para platillos sometidos a cocción, manteniendo su forma o posición, y no fluye. Por otro lado, son muy utilizados como botanas, en sopas y ensaladas. Un ejemplo de un queso hispano suave es el queso fresco (Van y Farkye, 2003).

Algunos de los quesos típicos mexicanos considerados como quesos suaves, son: el queso tradicional ranchero, el queso panela y el requesón.

Los quesos frescos son principalmente quesos de pasta fresca, salada, sin madurar y constituyen los quesos de mayor consumo en México. Sin embargo estos quesos pueden tener problemas de consistencia y retención de humedad si no se procesan adecuadamente.

Los quesos frescos deben consumirse en pocos días y su transporte y conservación se deben hacer a temperaturas entre 2 a 4 °C

Los quesos mexicanos más populares y de mayor consumo en México se muestran en la Tabla 10:

**Tabla 10. Quesos mexicanos más populares**

Variedad de queso	Textura de la pasta
Panela	Blanda elástica
Ranchero	Blanda molida
Requesón	Blanda
Sierra	Compacta molida
Oaxaca	Semiblanda hilada
Asadero	Semiblanda hilada
Chihuahua (madurado)	Semiblanda compacta
Manchego (madurado)	Semiblanda compacta

Fuente: Rodríguez, 1996

De esta lista de quesos típicos mexicanos, el queso ranchero, el panela y el requesón, se consideran quesos frescos por su alto porcentaje de humedad.

#### **2.4.1. Queso fresco tradicional ranchero**

El queso fresco (ranchero), es considerado el queso hispano más popular encontrado en Estados Unidos y en México. Es un queso de pasta blanda, elaborado con leche de vaca pasteurizada, no acidificada y de coagulación enzimática. Prácticamente se fabrica en toda la geografía láctea de nuestro país, tiene una vida de anaquel máxima de 10 días y su tecnología básica es la buena calidad de la leche, porque de ella dependen el sabor, el aroma, su textura y en general sus características alimenticias. Este queso contiene cerca de 46-57% de humedad, 18 a 29% de grasa. 17-21% de proteína, entre 1-3% de sal y un pH mayor o igual a 6.1 (Hwang y Gunasekaran, 2001).

En general la técnica de elaboración del queso fresco (ranchero) implica pasteurización de la leche, coagulación enzimática, corte de la cuajada para obtener grano pequeño, desuerado total por compresión, refrigeración de la pasta, molido fino, se moldea en aros de diferentes tamaños y grosores, y finalmente se mantiene el queso en refrigeración, previo a su empaclado.

#### **2.4.2. Quesos de pasta hilada tipo Oaxaca y asadero**

El queso asadero tiene gran semejanza con el queso Oaxaca; y en consecuencia en sus características, una de las diferencias en el proceso consiste en el uso de agua caliente para fundir la pasta del queso Oaxaca; y en cuanto a sus características, es mayor el contenido de humedad en el queso asadero. Además, el queso asadero tiene una presentación final en bloques o madejas, mientras que el queso Oaxaca se presenta en madeja y ocasionalmente trenzado.

El queso asadero es el más popular de los quesos hispanos semiduros elaborado con cultivos ácido-lácticos (con cultivos indígenas de la leche cruda o cultivos iniciadores comerciales) para acidificar la leche antes de que la renina sea adicionada. Contiene 41-49% de humedad, 18-30% de grasa, 21-30% de proteína y 0.8-1.9% de sal y tiene un pH de 5.3-5.6 (De Alba *et al.*, 1991). El queso asadero es elaborado a partir de leche entera y tiene excelentes propiedades de fundido al igual que el queso Oaxaca.



El queso Oaxaca también es un queso típico de pasta filata, contiene 40-46% de humedad, 23% de grasa y 24% de proteína y tiene un pH de 5.0-5.5, también elaborado a partir de leche entera.

#### 2.4.2.1. Proceso artesanal

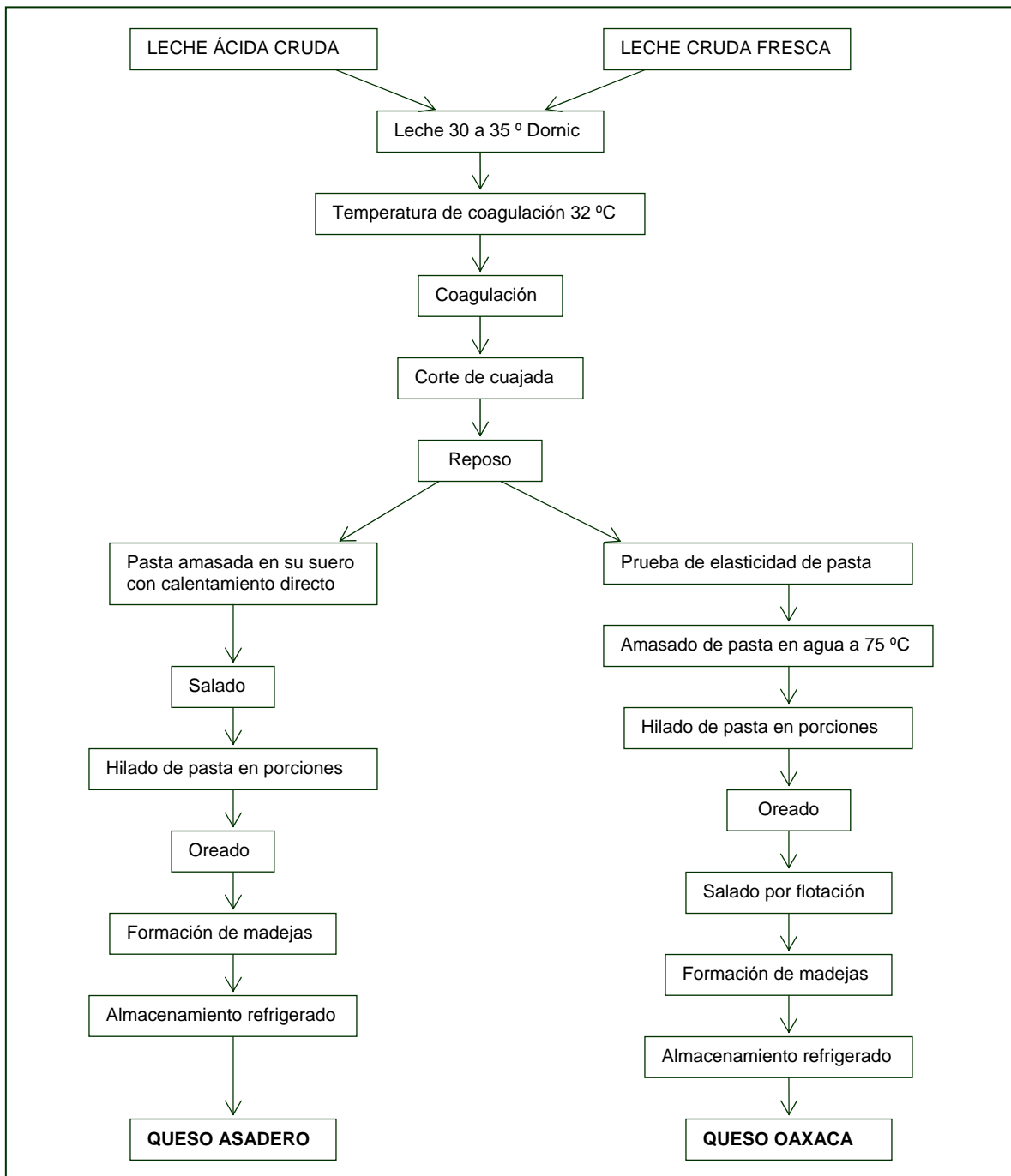
Como se mencionó anteriormente el queso asadero se clasifica como queso de pasta hilada debido al proceso de elaboración, que artesanalmente consiste en la acidificación previa de la leche o la adición de leche ácida a la leche fresca hasta alcanzar una acidez entre 28 a 35 °D (grados Dornic). Posteriormente se cuaja enzimáticamente. Una variante de esta fase es coagular la leche fresca (15-18°D) y dejar reposar la leche 16 horas aproximadamente hasta alcanzar la acidez que provoque la coagulación de la misma. La cuajada se corta manualmente, dejándola en reposo para que desuere y se acidifique hasta obtener una pasta con cierta elasticidad, la cual se funde en cazos a fuego directo, o en marmitas de doble fondo calentado con vapor de agua. La temperatura aplicada dependerá de la humedad y la acidez de la pasta, es decir, a mayor humedad la temperatura aplicada será menor, en el caso de la acidez si ésta es menor, la temperatura requerida para fundir la pasta será mayor.

Durante el fundido, la pasta se amasa constantemente y es aquí cuando se forma la “pasta hilada” con paredes lisas brillantes, características de este queso. Los parámetros más importantes para la obtención de una buena pasta son, un valor de pH de 5.2 aproximadamente, una humedad de 40-46% y una temperatura de fundido entre 54 y 64 °C.

Durante el amasado de la pasta, si ésta alcanza su temperatura de fundido pero no tiene la acidez adecuada para la formación de la pasta característica, se pueden agregar pequeñas cantidades de ácido cítrico, evitando además el desuerado excesivo de la pasta.

La pasta entonces se va estirando formando tiras de tamaño homogéneo, simultáneamente se agrega la sal. Posteriormente se deja enfriar y se enrolla y se empaca manteniéndolos bajo almacenamiento refrigerado entre 4 a 6 °C

(Esquivel y Santos, 1996). El proceso artesanal de ambos tipos de quesos se muestra en la Figura 8.



**Figura 8. Proceso artesanal para la elaboración de queso Asadero y queso Oaxaca.**

Fuente: Villegas, 2002.

#### 2.4.2.2. Proceso semi-industrial

**Recepción de la leche.** Al recibir la leche en la fábrica se inicia el proceso productivo (ver sección 2.2.)

**Estandarización de la grasa.-** Este paso es uno de los puntos clave ya que consiste en dejar una cantidad de grasa constante en la leche, la cual no debe ser tan baja que el queso no tenga la elasticidad adecuada, ni tan alta que la hebra se pierda en poco tiempo bajo almacenamiento refrigerado (2.0 a 2.5% de grasa).

**Pasteurización de la leche.-** La leche estandarizada se pasteuriza, para ello puede hacerse en forma lenta (proceso por lote a 63-65 °C ) durante 30 minutos, o por el proceso rápido, llamado también de placas, a 72-73 °C por 15 segundos. En ambos casos la temperatura se baja a 34-36 °C; después de transcurrir el tiempo de calentamiento se pasa a la tina de cuajado, para elaborar el queso.

**Adición de cloruro de calcio.-** Para reponer el mineral perdido debido al calentamiento, se recomienda agregar 0.1 g de cloruro de calcio /L de leche.

**Maduración de la leche.-** Al pasteurizar la leche, también se pierde una buena cantidad de microorganismos benéficos que dan sabor a los quesos, indispensables para su aceptación, por lo que es necesario incorporarlos al fluido lácteo.

Para la elaboración de queso Oaxaca o asadero se recomienda incorporar un cultivo mixto que contenga los siguientes microorganismos: *St. Lactis* y *St. Diacetylactis*, con características de cultivo mixto de inoculación directa, dosificándose en la leche en la proporción indicada por el proveedor (Salas, 1999).

**Ajuste de la acidez.-** Los microorganismos son necesarios en la elaboración del queso Oaxaca o asadero porque desarrollan acidez y los mejores resultados se obtienen cuando se cuaja a 37 °D. Esta acidez se puede lograr como se mencionó anteriormente, permitiendo que la leche madure hasta que los microorganismos la produzcan, lo que redundaría en incrementar el tiempo del proceso. Otra manera de lograr la acidez deseada es agregando ácidos orgánicos como el láctico o el acético con alto grado de pureza.

**Coagulación de la leche.-** Una vez que la leche ha sido acidificada a 35 °D de acidez y con una temperatura de 34 a 36 °C se procede a la coagulación de la leche, adicionando una cantidad determinada de cuajo, de acuerdo a su potencia, diluyendo ésta aproximadamente 6 veces su volumen con agua y agitando para que se distribuya uniformemente. Dejar reposar la leche el tiempo necesario para que se lleve a cabo la coagulación. El tiempo de cuajada también dependerá tanto de la acidez de la leche como de la potencia del cuajo.

**Corte de la cuajada.-** Después de verificar el cuajado de la leche, se procede a cortarla, colocando liras (con los hilos espaciados a 1 cm) con los hilos en forma vertical a lo largo y a lo ancho de la tina; después se gira la lira con los hilos en forma horizontal y se corta de nuevo a lo largo y a lo ancho de la tina. Es importante hacer el cortado en forma homogénea para lograr mayor rendimiento quesero.

Inmediatamente después de cortada la cuajada, se deja reposar 10 minutos y posteriormente se agita 10 minutos; pasando a un proceso de sedimentación del grano de cuajada durante aproximadamente 15 minutos.

La cuajada se desuera y se deja reposar en bloques de aproximadamente 5 kg tratando de escurrir la mayor cantidad de suero posible, determinando el pH de la cuajada bajo condiciones de reposo hasta que ésta se encuentre entre 5.1 a 5.3.

**Fundido y salado de la cuajada.-** La cuajada en estas condiciones puede pasar a una marmita, calentando a una temperatura tal que se logre fundirla, manteniéndola en el proceso de fundido, agitando constantemente, y adicionando sal sólida entre 1 a 2% con base al peso de la cuajada. Después de que la sal se incorpora completamente al queso, se continúa fundiendo hasta obtener la hebra característica del queso asadero.

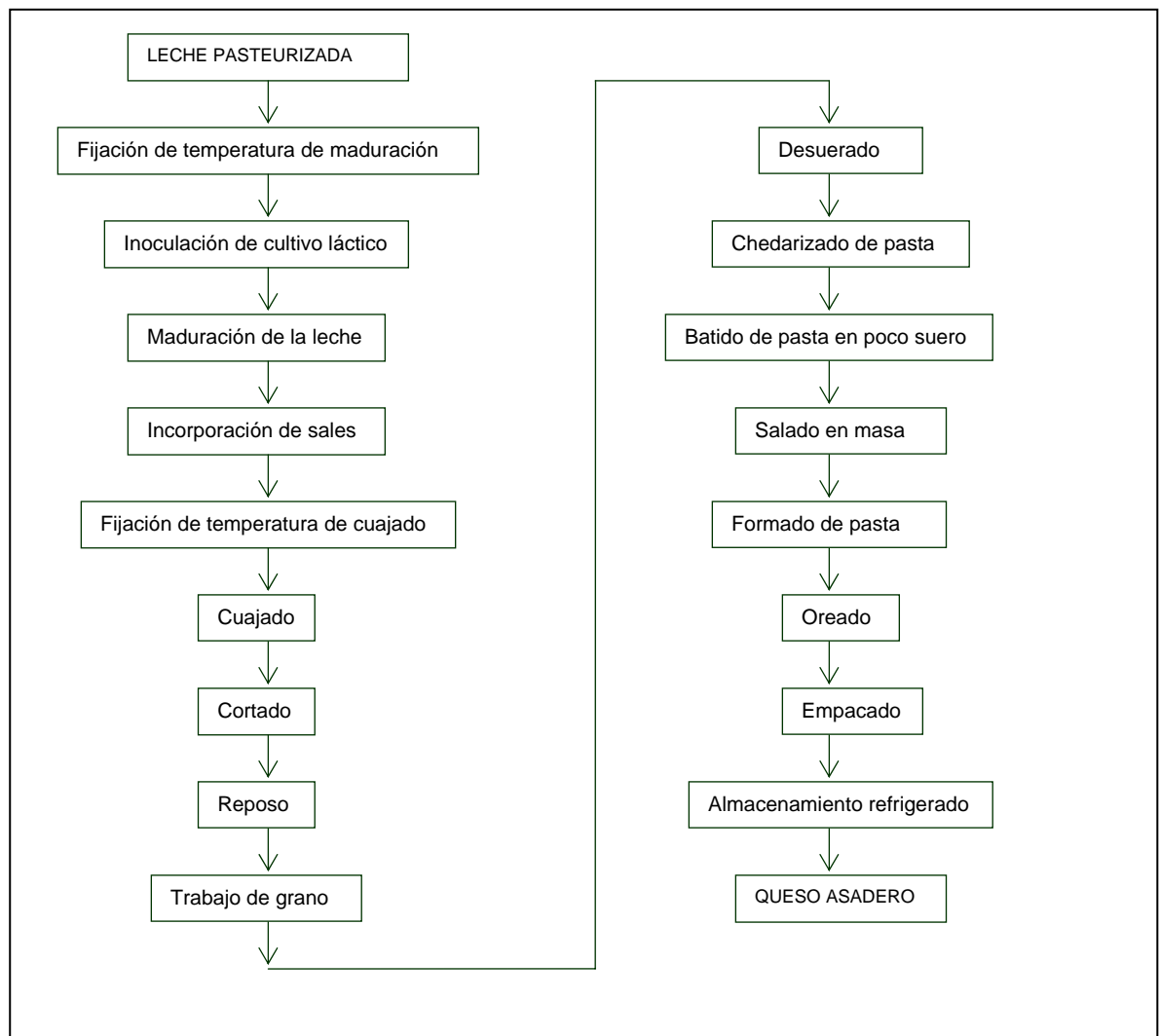
**Enfriado y formación de bola, bloque o trenza.-** Una vez que el queso tenga elasticidad y no suelte suero, se procede a enfriar. Para esto se estira el queso sobre una mesa de acero inoxidable, formando tiras de aproximadamente 5 cm de ancho. Una vez que la tira se enfría (aproximadamente una hora), se voltea una sola ocasión y así se logra enfriar de ambos lados.

Después de que la tira está completamente fría, se procede a hacer la bola, la madeja o la trenza, que puede variar de 1 a 5 kg.

Para el queso asadero en forma de bloques rectangulares, la cuajada elástica se pasa directamente a moldes, dejándolos reposar aproximadamente 12 horas y posteriormente se desmoldan.

**Empacado y almacenamiento refrigerado.-** Finalmente los quesos son empacados en materiales plásticos y almacenados bajo condiciones de refrigeración entre 4 a 6 °C

La Figura 9 muestra un proceso semi-industrial para la elaboración de queso asadero.



**Figura 9. Proceso semi-industrial para la elaboración de queso asadero.**

Fuente: Villegas, 2002

## 2.5. CONTROL DE VIDA DE ANAQUEL EN QUESOS FRESCOS

Son diversos los factores que se deben considerar para lograr la vida de anaquel establecido por la Norma Oficial Mexicana para quesos frescos (15 días) NOM-F-1987, de los que se pueden considerar los siguientes:

### 2.5.1. Calidad microbiológica de leche cruda.

La flora microbiana original de la leche cruda obtenida y almacenada bajo condiciones asépticas corresponde a un rango entre 1000 a 5000 gérmenes / mL.

La microflora debida a la contaminación ambiental varía en calidad y en cantidad, originada de la manipulación de la leche previa a su procesado, por lo tanto, la microflora de la leche estará compuesta de:

- Flora láctica
- Coliformes
- Psicrótrofas
- Mohos

Por lo tanto, la flora de la leche cruda está compuesta principalmente por bacterias y en segundo término por levaduras y mohos. De las bacterias importantes en la leche cruda se encuentran las siguientes:

- ÚTILES                      Bacterias Lácticas
- PERJUDICIALES            Patógenas

Las bacterias lácticas representan aproximadamente un 30 % de la flora total en la leche cruda, representada por *lactococcus* y *lactobacillus*, como principales responsables de la acidificación de la leche.

Los microorganismos patógenos para el hombre dentro de la producción quesera son: *Bacillus cereus*, *Mycobacterium tub.*, *Brucella*, *Campylobacter*, *Clostridium perfringens*, *Coxiella burnetii*, *Escherichia coli*, *Listeria monocitógenas*, *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus aureus* y *Yersinia* (Dunand, 1999).

Para empezar, en nuestro país no existe una NOM para la leche cruda, hace algunos años ésta fue establecida pero se derogó posteriormente.

La leche empleada para la elaboración de quesos debe ser de buena calidad tanto desde el punto de vista microbiológico como fisicoquímico. Los mismos niveles de higiene que se exigen para la leche líquida de consumo deben ser exigidos para la leche destinada a la fabricación de quesos.

La leche ordeñada está a una temperatura de unos 37 °C y resulta un excelente caldo de cultivo para todo tipo de bacterias que se encuentren en la granja (suelos, estiércol, utensilios, depósitos). Por ello se debe proceder a su rápido enfriamiento de 4 a 6 °C, con lo que se retardará el desarrollo de esos microorganismos y se tendrá un producto de buena calidad microbiológica (Madrid, 1996).

El enfriamiento es hoy en día el único método admitido para retardar el crecimiento bacteriano y obtener, a la salida de la granja, leche de buena calidad.

La eficacia del enfriamiento para mantener la calidad de la leche depende de varios factores:

- Temperatura de conservación.
- Período de almacenamiento.
- Contaminación inicial.
- Velocidad de enfriamiento

Enfriar la leche a una temperatura entre 3 a 4 °C retarda el crecimiento de los gérmenes, tal y como se puede observar en la Tabla 11, en el que se representa el crecimiento bacteriano en la leche cruda conservada en granja durante 24 horas y a varias temperaturas.

A 4 °C, prácticamente el número de bacterias de la leche cruda se mantiene estable durante 24 horas, y todavía a 6 °C el crecimiento se puede considerar discreto. A partir de esta temperatura el desarrollo de las bacterias se incrementa rápidamente, así como el número total presentes al final del período.

Actualmente se recomienda en las reglamentaciones de la mayoría de los países una temperatura de conservación de la leche de 4 °C, como la más eficaz

para controlar el número total de gérmenes. Una temperatura de conservación inferior a 3 °C, puede dar lugar a fenómenos de congelación parcial que deben ser evitados, pues pueden alterar la composición y la calidad de la leche.

**Tabla 11. Efecto de la temperatura de conservación en el crecimiento bacteriano de la leche cruda almacenada 24 horas en granja.**

Temperatura (°C)	Bacterias / mL
0	2,400
4	2,500
5	2,600
6	3,100
10	11,600
13	18,800
16	180,000
20	450,000
30	1,400,000,000
35	25,000,000,000

Fuente: Madrid, 1996.

Con respecto a la duración del almacenamiento refrigerado de la leche, con independencia de la temperatura de conservación, cuanto más largo es el período de almacenamiento, mayor es el crecimiento bacteriano.

Se ha comprobado experimentalmente que para un período de almacenamiento de 24 horas (recogida diaria) se podría utilizar una temperatura de conservación de 6 °C.

Con períodos de almacenamiento cercanos a 48 horas (recogida de 2 días) únicamente sería aceptable una temperatura de 4 °C

Con períodos de almacenamiento superiores de 48 horas, ni siquiera una temperatura de conservación de 4 °C sería suficiente para garantizar una buena calidad higiénica.

En la práctica, las recogidas comúnmente son diarias, o cuando mucho cada 2 días, con lo que una temperatura de conservación de 3 a 4 °C se confirma como lo más conveniente. Aunque por razones tecnológicas no se recomiendan almacenamientos refrigerados prolongados para leches destinadas a queserías.



El número de gérmenes que ya están presentes en la leche cuando inicia el enfriamiento es un factor que muchas veces se pasa por alto, pero que es muy importante para obtener buenos resultados. Por lo tanto, para obtener leche de buena calidad bacteriológica, no basta con mantenerla fría, sino que hay que realizar todo el proceso de ordeño y almacenamiento con una higiene rigurosa.

Dado que no existe una norma para el control microbiológico de la leche cruda, se considera la NOM para leche pasteurizada, dado que los procesos de quesería de cualquier manera tendrán que pasar por esta operación. La NOM para leche pasteurizada en cuanto a análisis microbiológicos se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12. Norma Oficial Mexicana para leche pasteurizada.**

<b>Microorganismos</b>	<b>Máximo</b>
Mesofílicos aeróbios; UFC/ml	30,000
<i>Staphylococcus aureus</i> en 25 ml	Negativo
<i>Salmonella</i> en 25 ml	Negativo
Organismos coliformes totales UFC/ml en placa	10

Fuente: NOM-091-SSA1-1994.

La vida de anaquel de quesos frescos, dependerá entonces de la calidad inicial de la materia prima de la que procede, y dado que los tratamientos térmicos son limitados para las leches de quesería por razones tecnológicas, los productores de quesos deberán ajustarse a utilizar leches crudas de calidad microbiológica consideradas por los estándares establecidos.

Además de los diversos factores que intervienen en la evaluación de la vida de anaquel en productos lácteos, la cuenta microbiológica ha sido usada como un índice definitivo para determinar el tiempo de vida de anaquel final en estos productos (Grisius *et. al.*, 1987; Hough *et. al.*, 1999).

### **2.5.2. Tratamientos de pasteurización**

Los tratamientos de pasteurización para leches de quesería se han mencionado en la sección 2.2.5.

La pasteurización tiene como objetivo primordial la destrucción de microorganismos patógenos que pueden transmitir enfermedades al consumidor, procurando alterar lo menos posible la estructura física de la leche, su equilibrio químico y sus diastasas y vitaminas.

Los progresos realizados en los últimos cincuenta años en el campo de la nutrición y de la dietética permiten tratar la leche por pasteurización sin alterar sensiblemente su composición ni su estructura.

#### 2.5.2.1. Condiciones de la pasteurización

En primer lugar hay que determinar la intensidad del tratamiento, es decir, fijar la temperatura y el tiempo durante el que debe aplicarse. La temperatura aisladamente no significa nada. Tiene que ir acompañada de la duración.

Las condiciones del calentamiento tienen que permitir la destrucción del bacilo tuberculoso y, por tanto, la de todos los microorganismos patógenos, así como la eliminación de una proporción adecuada de gérmenes generadores de la descomposición (más del 99%) para que la leche pasteurizada cumpla con las normas bacteriológicas fijadas por la legislación.

La destrucción del bacilo tuberculoso requiere un calentamiento moderado, una temperatura de 63 °C durante 6 minutos, o a una temperatura de 71 °C durante 6 u 8 segundos (Gao *et al.*, 2002), sin embargo, teniendo en cuenta los márgenes de seguridad que siempre conviene observar en la práctica, se estima que el calentamiento debe cumplir las siguientes condiciones: 63 °C durante 30 minutos o 72 °C durante 15 o 20 segundos.

La temperatura y la duración del calentamiento, por lo que respecta a los gérmenes generadores de la descomposición, depende, sobre todo, de la calidad inicial de la leche cruda con la que se trabaja. Cuando ha sido recogida con las condiciones higiénicas adecuadas, el tratamiento térmico exigido para la destrucción del bacilo tuberculoso es suficiente para bajar la contaminación bacteriana de la leche pasteurizada hasta los límites legales. Si la leche es recogida con alta contaminación microbiana, este calentamiento es insuficiente y subsisten gran cantidad de gérmenes generadores de la descomposición.

Entonces se puede recurrir a elevar la temperatura; a prolongar el calentamiento o hacer ambas cosas a la vez. Evidentemente no se puede modificar impunemente la intensidad y la duración del calentamiento en función de la calidad bacteriológica de las leches recogidas. Es claro que cuanto más elevada sea la temperatura, tanto más profundas son las transformaciones físicas y fisicoquímicas que experimenta la leche. Estas alteraciones afectan al equilibrio de las sustancias nitrogenadas y de las sales minerales, así como el contenido vitamínico. Si como se observa, el calentamiento a temperaturas elevadas no es conveniente, se comprende que no todas las leches crudas pueden ser pasteurizadas. Únicamente pueden tratarse aquellas cuya calidad bacteriológica es satisfactoria. De ninguna manera la pasteurización permite abandonar las medidas de higiene, ya que en ningún caso es capaz de transformar las leches de baja calidad en leches de calidad superior.

Es un hecho que las leches destinadas a queserías deben ser pasteurizadas para poder incrementar su vida de anaquel.

### **2.5.3. Uso de aditivos antimicrobianos**

La aceptación de un determinado alimento por el consumidor depende de muchos factores, entre los cuales los principales son el sabor, la textura, el color, el costo, el valor nutritivo, la facilidad de preparación, su apariencia en general y un factor muy importante, su vida de anaquel.

En la industria se requiere la adición de ciertos compuestos químicos o aditivos que le permitan al tecnólogo tener un mayor control de las variables que intervienen en la producción de los alimentos. Muchos aditivos se añaden a los alimentos para su conservación, para aumentar su valor nutritivo, para impartirle color o sabor, o para mejorar su textura.

Los aditivos conservadores o antimicrobianos en alimentos, como su nombre lo indica se usan para controlar el crecimiento microbiano de hongos, levaduras y bacterias; algunos tienen un alto grado de especificidad contra cierto tipo de microorganismos, mientras que otros presentan un espectro de acción muy amplio y pueden inhibir una gran variedad de ellos. Los antimicrobianos más

importantes en alimentos son: el benzoato de sodio y potasio, el sorbato de sodio o de potasio, las sales del ácido propiónico, los nitritos y nitratos, los sulfitos, los parabenos, los antibióticos y los epóxidos (óxido de etileno y propileno).

Es importante mencionar que la conservación de los alimentos no sólo debe recaer en los aditivos, sino que se requiere de un manejo adecuado para evitar nuevas contaminaciones microbianas.

La efectividad de los antimicrobianos depende de varios factores a) la especificidad de acción, b) características del alimento: pH, la fuerza iónica, la actividad acuosa, la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos, son algunos parámetros.

Dada la naturaleza de los quesos frescos, además de las condiciones de su procesamiento, la flora a controlar consistirá principalmente de hongos y levaduras a nivel superficial de los mismos, los organismos coliformes y salmonellas deberán ser destruidos por tratamientos térmicos de pasteurización, su presencia en el producto final se deberá a contaminaciones posteriores a la pasteurización.

De acuerdo al pH de los quesos frescos, para pH entre 5.0 y 6.0, el aditivo antifúngico más apropiado con base a funcionalidad y costos es el sorbato de sodio o de potasio, cuyas características se dan a continuación:

- Ácido graso monocarboxílico, siendo el ácido y la sal de potasio los más usados.
- Posee propiedades antifúngicas, inhibe el crecimiento de hongos y levaduras y es menos activo contra bacterias.
- Rango de pH de efectividad óptima: hasta 6.5.
- La dosis de uso no puede exceder de 0.1% por peso en la mayoría de los alimentos.
- Es eliminado y metabolizado por el hombre como cualquier otro ácido graso a través de reacciones de  $\beta$  oxidación y por tanto no es tóxico.
- Son considerados como GRAS (generalmente reconocidos como seguros).

- Sus aplicaciones principales son en: quesos, jarabes, jugos de frutas y derivados, vinos, jaleas, mermeladas, ensaladas y coctel de frutas, frutas secas, productos encurtidos, margarina, carnes y pescados. (Furia, 1975).

El uso de antibióticos es otro de los controles antimicrobianos ampliamente utilizados en quesería. Como un grupo exhiben selectiva actividad antimicrobiana, algunos son activos contra bacterias gram (+), otras son predominantemente contra bacterias gram (-), otras son inhibidoras de ambos grupos y otros son solamente antimicóticos. Los dos antimicrobióticos más importantes empleados en muchos países con fines de conservación en quesos son la natamicina y la nisina.

La natamicina o pimaricina es un antimicótico macrólido poliénico originado por *Streptomyces natalensis*, que recientemente ha sido autorizado en EE.UU. para su utilización contra los mohos sobre la corteza en quesos maduros, considerado como su aplicación más importante. Su aplicación puede realizarse por inmersión o por aspersion con suspensiones de 500 ppm de natamicina. Este antimicótico se comercializa con la marca comercial Delvocid y está especialmente indicado en alimentos fermentados, como los quesos madurados, ya que inhibe selectivamente a los mohos mientras permite el normal crecimiento y metabolismo de las bacterias responsables de la maduración. Su aplicación en quesos frescos de pastas blandas son igualmente efectivas (Fennema, 1993).

La nisina se ha investigado intensamente para su uso en la conservación de los alimentos. Este antibiótico polipeptídico es activo frente a los microorganismos gram-positivos, especialmente para prevenir la germinación de esporas. La nisina es producida por *Streptococcus lactis* y en algunos países se utiliza para evitar la alteración de los productos lácteos, como el queso fundido y la leche condensada. La nisina no es efectiva frente a los microorganismos alterativos gram-negativos y algunas cepas de género *Clostridia* son resistentes. Sin embargo, la nisina que no es por sí misma tóxica para el hombre no induce resistencia cruzada con los antibióticos utilizados en medicina y se degrada sin producir alteración en el tracto intestinal (Fennema, 1993).

#### **2.5.4. Limpieza y saneamiento del equipo.**

La aplicación de técnicas adecuadas de higiene y sanidad en el manejo de los alimentos y bebidas, reduce significativamente el riesgo de intoxicaciones a la población consumidora, lo mismo que de las pérdidas del producto al protegerlo contra contaminaciones contribuyendo a formarle una imagen de calidad y, adicionalmente, a evitar al empresario sanciones legales por parte de la autoridad sanitaria.

En la producción de alimentos para consumo humano, el arte y la práctica de una planta moderna de alimentos, los principios de saneamiento y las buenas prácticas de manufactura son exigidos por el consumidor para la aceptación de sus productos.

La limpieza y el saneamiento de equipo que toma contacto con la leche y los productos lácteos, es un factor determinante en la calidad de los productos terminados. La suciedad en el equipo está formado primeramente por la grasa, las proteínas y los depósitos minerales, donde se adhieren los microorganismos para desarrollarse.

En un programa de limpieza y saneamiento de equipo para el procesamiento de quesos, deben considerarse los siguientes factores:

- El diseño de la instalación mecánica debe favorecer una buena higiene: pisos secos, libres de residuos de leche y drenajes que faciliten la evacuación de aguas residuales.
- La superficie caliente de los equipos desnaturaliza las proteínas, corta la emulsión de grasas y favorece los depósitos de calcio, provenientes de la leche. En esta forma se endurecen los sólidos de la leche y se hacen más difíciles los problemas de limpieza y saneamiento.
- La buena calidad del agua es esencial para mantener un buen estándar higiénico. Químicamente, la calidad del agua es definida en términos de “dureza” y corresponde a la concentración de sales de calcio y magnesio. La dureza puede ser temporal o permanente. La dureza temporal es determinada por la concentración de bicarbonatos, los cuales se convierten por calentamiento en carbonatos insolubles y se precipitan. La dureza

permanente incluye sulfatos y cloruro de calcio y de magnesio, los cuales, químicamente son indiferentes al calentamiento. Los minerales del agua pueden precipitarse en la superficie de los equipos causando depósitos de piedra de leche en combinación con grasas y proteínas. Por lo consiguiente, debería usarse agua blanda en la limpieza. Bacteriológicamente, el agua de limpieza debe ser agua de calidad alimentaria (agua potable).

- La solución de limpieza se caracteriza por una óptima temperatura de trabajo. Con ciertos límites, a mayor temperatura, mejor limpieza. La más alta viscosidad de la leche ocurre a 33 °C, por lo tanto, la solución de limpieza debe ser superior a esta temperatura.
- La composición de los agentes de limpieza son importantes. Los detergentes comerciales están formados para que cumplan diferentes funciones durante la limpieza. La suciedad debe ser separada de la superficie para limpiarla, debe mantenerse en suspensión durante la limpieza, y debe ser completamente eliminada al finalizar el ciclo de limpieza. Un detergente efectivo contiene, en primer lugar, ingredientes que rompen la tensión superficial para su penetración, rompiendo los agregados en partículas individuales. Al mismo tiempo, previenen la precipitación de minerales del agua, inmovilizando los iones de calcio y de magnesio dentro del complejo soluble, disolviendo lo más posible, compuestos orgánicos e inorgánicos. La grasa, por ejemplo, debe ser saponificada y los ácidos grasos libres convertirlos en sales solubles en agua. La grasa insoluble es emulsificada en pequeños glóbulos que son estabilizados en suspensión.

Las proteínas son removidas después de su “peptización”, la cual se hidroliza a más pequeños fragmentos. Varias clases de componentes están presentes en un detergente comercial.

#### 2.5.4.1. Detergentes, concentraciones y temperaturas de trabajo.

La solución de limpieza para los residuos de la leche, normalmente es alcalina, pero cuando se requiere remover depósitos de minerales, se requiere de

un tratamiento ácido. Por lo tanto, en la práctica se alternan los detergentes ácido-alcalino.

La desinfección se realiza química o térmicamente. La desinfección química emplea compuestos químicos conteniendo sales de amonio cuaternario.

El hipoclorito de sodio es el más común, es barato y efectivo contra bacterias y fagos, sin embargo, el hipoclorito reacciona con residuos orgánicos y pierde actividad, siendo necesario empezar con una concentración de cloro activo de 150 a 400 ppm, además la temperatura de trabajo recomendable para el hipoclorito de sodio es de 24 °C debido a su poder corrosivo.

Para el saneamiento con soluciones de yodo llamados yodóforos, se requieren 25 ppm, temperatura de 50 °C como máximo para evitar la sublimación del yodo. El yodo es efectivo contra la mayor parte de microorganismos, y la ventaja sobre el hipoclorito es que los yodóforos son efectivos contra hongos y levaduras.

Los compuestos de amonio cuaternario son desinfectantes con menos poder de desinfección que los halógenos, pero no son corrosivos, no son irritantes y son estables al calor.

En una correcta operación de limpieza no deben quedar en el equipo restos de detergentes o desinfectantes, lo cual sería negligencia y afectaría el sabor de la leche o sus derivados, afectando además los procesos de fermentación, y problemas de salud pública.

Otro método de saneamiento es por agua caliente o vapor; es muy efectivo pero más caro que los agentes químicos.

#### **2.5.5. Almacenamiento refrigerado e ininterrumpido del queso**

En general la refrigeración y el almacenamiento en frío constituyen el método más benigno de conservación de alimentos. En general ejercen pocos efectos negativos en el sabor, la textura, el valor nutritivo y los cambios globales que ocurren en los alimentos, a condición de que los períodos de almacenamiento no se alarguen más de la cuenta (Potter, 1990).



El almacenamiento refrigerado, es uno de los métodos de conservación más aplicados en la industria de los alimentos, disminuyendo la velocidad con que se deterioran éstos, dado que disminuyen el crecimiento microbiano y retardan tanto reacciones químicas como enzimáticas.

La refrigeración de productos perecederos, hablando idealmente, comienza en el momento de la cosecha o sacrificio, y se mantiene durante el transporte, la conservación, la venta y el almacenamiento anterior al consumo.

Desde el punto de vista de la refrigeración es interesante distinguir entre los alimentos que presentan una estructura organizada, como los tejidos vegetales y animales, y los que no la presentan. Generalmente los alimentos sin tejido se deterioran a una velocidad muy grande, como lo es el caso de la leche, por lo que ésta debe ser manejada bajo estricto control sanitario y debe ser rápidamente enfriada (Casp y Abril, 1999).

En el proceso de fabricación de quesos, el control principal relacionado con disminuir el crecimiento microbiano (la pasteurización de la leche) es aplicado prácticamente al inicio del proceso, posteriormente la leche pasteurizada queda expuesta a múltiples posibilidades de ser recontaminada a lo largo de su transformación en queso, lo cual implica un incremento de la flora microbiana en el producto final, y si aunado a esto las temperaturas de almacenamiento refrigerado fluctúan a lo largo de la trayectoria de los quesos hasta llegar al consumidor, esto implica una reducción considerablemente de su tiempo de vida de anaquel. Por lo tanto, el almacenamiento refrigerado e ininterrumpido finalmente forma parte de los métodos de conservación que conjuntamente con los otros aspectos relacionados con el incremento de la vida de anaquel en quesería, deben de ser aplicados estrictamente.

La temperatura adecuada para lograr un máximo en la vida de anaquel en quesos oscila entre 4 a 6 °C. A mayores temperaturas en el almacenamiento refrigerado de los quesos, menor será la vida de anaquel de éstos.

## **2.6. PROPIEDADES MECÁNICAS Y ESTUDIOS REOLÓGICOS**

### **2.6.1. Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas pueden definirse como aquellas que se relacionan con el comportamiento de los materiales cuando se les aplican fuerzas, como las propiedades de tensión-deformación bajo cargas estáticas y dinámicas y el flujo de los materiales en aire o en agua.

El comportamiento mecánico de un material biológico o un alimento, por ejemplo de un fruto, o un queso, cuando se quiere conocer lo que llamamos “textura”, puede determinarse de dos formas: sensorialmente, es decir, tocándolo, aplastándolo o comiéndolo, que es el sistema tradicional, pero que tiene la evidente desventaja de la subjetividad del individuo que lo realiza; o físicamente, es decir, estudiando su reacción a la aplicación de unas fuerzas, el cual es un método objetivo, independiente del individuo.

Este estudio físico del comportamiento mecánico es lo que se denomina Reología. La Reología es por tanto una rama de la Física, y se define como “la ciencia que estudia la deformación y el flujo”. Entonces, se llaman propiedades reológicas de los materiales, a aquellas propiedades mecánicas que resultan en deformación y flujo en el material. Por otro lado, la Reología contempla también el efecto del tiempo en la carga de un cuerpo. Por lo tanto, los resultados vienen expresados en las unidades fundamentales de longitud: metro (m); fuerza: newton (N); y tiempo: segundo (s). (Mohsenin, 1970).

### **2.6.2. Objetivos de los estudios reológicos**

Existen varias razones principales para el estudio del comportamiento reológico de los materiales.

- El comportamiento profundo de su estructura.
- El diseño de máquinas adecuadas en su funcionamiento y que no produzcan daños.
- La determinación de la calidad de los productos y de la textura.

- La aceptabilidad de los productos por el consumidor.

Las dificultades observadas en los estudios de propiedades mecánicas, se deben a la enorme variedad de materiales a estudiar (sólidos, líquidos o intermedios entre ambos) y a la gran influencia de las condiciones externas y del tiempo en la variabilidad de las propiedades mecánicas. Los materiales biológicos además, están vivos, transformándose continuamente.

Debido a esta complejidad, en general sólo es posible, y sobre todo útil, el estudio empírico de las propiedades mecánicas de un sistema biológico. El tratamiento del problema suele consistir en una descripción simple, comparativa, de unos hechos observados. Otras veces intenta llegar teóricamente a fórmulas, que pueden resultar muy complicadas, con gran número de variables. Las constantes usuales en los experimentos físicos, raramente existen.

Sin embargo, la aplicación de los principios fundamentales de la mecánica y la reología teóricas es un buen comienzo para llegar a soluciones utilizables.

Algunas de las propiedades o magnitudes cualitativas son:

Análisis de Perfil de Textura. Es un término general para describir la percepción en la boca de las propiedades de un alimento, relacionadas con las sensaciones del tacto y de las propiedades reológicas. Incluye determinadas propiedades físicas definidas objetivamente (grado de elasticidad, grado de plasticidad), así como otras descriptivas para las que no existen definiciones tan claras (masticabilidad, gomosidad, adhesividad). Basándose en la Figura 10, se definen los siguientes parámetros de textura:

- FRACTURABILIDAD = Fuerza correspondiente al primer pico de la primera área (newtons).
- DUREZA = Fuerza correspondiente al pico más alto de la primera área (newtons).
- RESORTIVIDAD = distancia CD/ distancia AB (adimensional).
- COHESIVIDAD = área 2/ área 1 (adimensional).

- **ADHESIVIDAD** = área 3. Es la energía necesaria para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie del material con la que está en contacto (joules).
- **GOMOSIDAD** = dureza \* cohesividad. Es la fuerza requerida para desintegrar un alimento semisólido hasta estar en condiciones de ser deglutido (newtons).
- **MASTICABILIDAD** = gomosidad \* resortividad. Es la fuerza requerida para masticar un alimento sólido hasta estar en condiciones de ser deglutido (newtons).

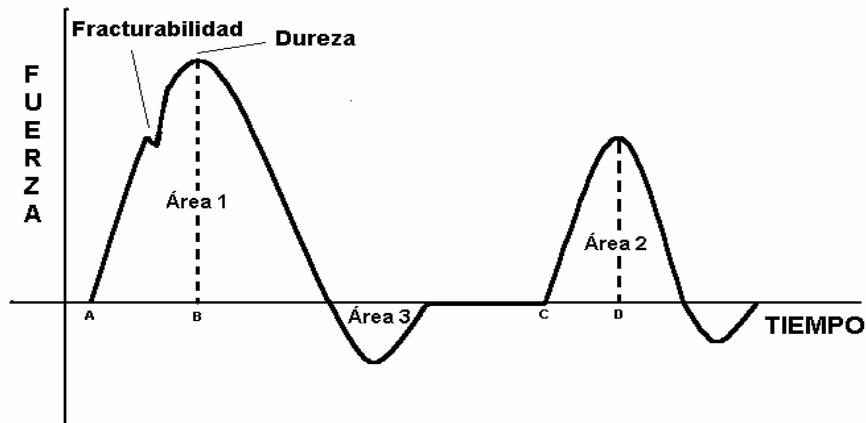


Figura 10. Curva típica del “análisis del perfil de textura” (TPA).

La Figura 11 muestra una curva representativa del perfil de textura (TPA) en el texturómetro TA-XT2.

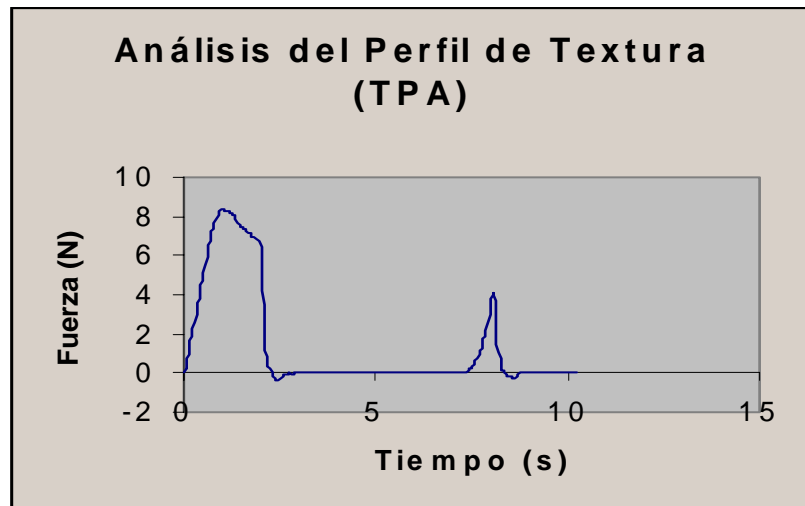


Figura 11. Curva representativa del análisis del perfil de textura en el texturómetro TA-XT2.

### 2.6.3. Introducción a la reología y textura de quesos

Los productos lácteos comprenden un amplio rango de materiales derivados a partir de la leche de varias especies. La textura de los productos lácteos es de gran importancia para el consumidor, a diferencia de la textura en otros comestibles. La industria láctea tiene tradicionalmente considerada la textura de un producto en términos de su apariencia estructural en preferencia a sus propiedades sensoriales percibidas durante la masticación. Los quesos han representado las estructuras más complejas de los productos lácteos tradicionales; existen muchas variaciones en su estructura, dependiendo de las variedades del queso de que se trate (Moskowitz, 1987).

La firmeza ha sido uno de los atributos de textura más investigados en quesos. Lee *et al.*, (1978), evaluaron la textura de 11 tipos de quesos y concluyeron que la firmeza fue su más importante característica de textura.

En términos físicos, el queso es un material viscoelástico y todas las características de textura son una combinación pesada de mediciones reológicas y propiedades de fractura (mecánicas). Un material tal como el queso, es considerado viscoelástico puesto que durante y después de la deformación, parte de la energía mecánica aplicada es almacenada en el material (parte elástica) y parte es disipada (parte viscosa). La velocidad para disipar la energía almacenada depende de la escala de tiempo de la deformación y la consecuencia es que la respuesta del material es dependiente del tiempo. Además, la energía de disipación puede causar (en parte) que la deformación sea permanente.

Como el queso es un material viscoelástico, el tiempo juega un papel importante en su comportamiento mecánico influenciando los resultados obtenidos en experimentos reológicos así como también en sus atributos sensoriales. La velocidad de aplicación de un esfuerzo es la rapidez durante el cual un esfuerzo de una cierta magnitud y dirección actúan sobre el material. Para muchos alimentos viscoelásticos, la reacción debido a un esfuerzo puede ser relativamente más elástico o viscoso, dependiendo de la velocidad de la aplicación del esfuerzo (Lucey *et al.*, 2003).

## 2.7. INTRODUCCIÓN A LA EVALUACIÓN SENSORIAL

La vida de anaquel de los alimentos es finalmente señalado por los defectos sensoriales. La deterioración de la calidad sensorial es cuantificado monitoreando cambios en atributos específicos o reducción en sobre todo calidad / aceptabilidad usando diferentes pruebas que utilizan diferentes escalas de medición (Kadamany *et al.*, 2002). Estas diferencias en las logísticas de medición, acopladas con proporciones de pérdidas de calidad sensorial percibidos pueden ser tolerados por consumidores, resultando en la adopción de diferentes límites para marcar la vida de anaquel final de los alimentos.

Un elemento que juega un papel primordial y determina el éxito de un producto es el sabor. El término sabor es usado para describir dos diferentes conceptos. En primer lugar es una percepción sensorial, resultado de la combinación del olor, gusto y sensaciones químicas, y en segundo lugar está la combinación formada por el gusto y el aroma el cual es proporcionado por diversas sustancias.

El producto puede influir en la percepción del sabor, en donde los efectos fisicoquímicos y psicológicos juegan un papel muy importante. Por lo tanto el sabor no puede ser medido instrumentalmente, por lo que es imposible saber exactamente que es lo que percibe una persona, sin embargo, las descripciones sobre las sensaciones percibidas son siempre útiles.

El término evaluación sensorial abarca un amplio rango de factores que incluyen la neurofisiología de las sensaciones del gusto, olfato y tacto, el desarrollo de términos descriptivos y diseño de pruebas, y el conocimiento del manejo de la información sensorial de varios estímulos por parte del cerebro.

Actualmente la importancia tecnológica y económica de la evaluación sensorial es evidente porque puede condicionar el éxito o fracaso de los avances o innovaciones que produzcan en la industria alimentaria.

Cuando se consume un producto alimenticio se utilizan nuestros cinco sentidos. El sentido es la facultad de recibir impresiones mentales a través de ciertos órganos mediante los cuáles el hombre es receptivo y sensible a cierta clase de estímulos tanto internos como externos.

En la industria, al utilizar el análisis sensorial los humanos usamos principalmente los sentidos del gusto y del olfato.

Se recurre a la evaluación sensorial porque la información obtenida por medio de ella, es decir, por medio de jueces, en la mayoría de los casos no puede obtenerse por medio de pruebas físicas o químicas que únicamente nos proporcionan una información unidireccional. Los instrumentos pueden medir con exactitud varios componentes de los alimentos, pero solo el hombre puede decir si un producto gusta o no, y más aún que tanto gusta o disgusta y el porqué.

Los resultados de las técnicas de la evaluación sensorial no toman decisiones, únicamente nos proporcionan evidencias y direcciones para la toma de decisiones aceptando o rechazando hipótesis postuladas antes de hacer las pruebas.

Si se realiza correctamente el diseño de la prueba, la selección de la muestra, los procedimientos de la evaluación, el análisis y la interpretación de los resultados; y hemos obtenido resultados positivos, se minimiza el riesgo de rechazo de nuestro producto por algún factor sensorial y por lo tanto se maximiza el potencial de aceptación por el consumidor.

### **2.7.1. Tipos de pruebas**

Por el tipo de pruebas se pueden clasificar en (Kerry Ingredientes, 2001):

1. Discriminativas
2. Descriptivas
3. Afectivas

**Pruebas discriminativas.-** El objetivo de esta prueba es determinar si hay diferencia percibida entre muestras. Se utilizan para reducciones de costos y determinaciones de cambios de procesos y empaque.

Existen dos tipos de pruebas discriminativas: de diferenciación y sensitivas. Las pruebas de diferenciación miden si las muestras pueden diferenciarse en algún nivel predeterminado de probabilidad estadística. Las pruebas de

sensibilidad miden la habilidad de los individuos para detectar características sensoriales.

**Pruebas descriptivas.-** Son métodos en los cuáles se utiliza un grupo de jueces cuidadosamente seleccionados y entrenados (de 10-12) para que describan los atributos o propiedades sensoriales de un producto en el orden de su aparición, de una manera consistente y reproducible. Este tipo de pruebas deben identificar las características sensoriales y cuantificarlas.

Se utilizan para evaluar productos de la competencia, agregar nuevos conceptos, ingredientes o productos, desarrollar especificaciones sensoriales para control y aseguramiento de la calidad, monitorear la estabilidad del producto (vida de anaquel, producción en diferentes fábricas).

**Pruebas afectivas.-** El objetivo de esta prueba es el de determinar las preferencias de los productos o la magnitud de agrado de éstos. Son utilizadas para monitorear a la competencia y para obtener rápidos resultados sobre la preferencia.

Los métodos afectivos son:

1. Escala Hedónica de 9 puntos
2. Preferencia por pares



### 3. JUSTIFICACIÓN

Los quesos frescos como el tradicional rancharo, el queso Oaxaca y el asadero son productos alimenticios muy perecederos dada la naturaleza de la materia prima de la que se parte y de las características de su procesamiento, que aún considerando buena calidad de materia prima y las condiciones óptimas involucradas en cada operación del procesado, su vida de anaquel establecida por la NOM (Norma Oficial Mexicana) es muy corta (15 días bajo almacenamiento refrigerado) dado principalmente por su alto porcentaje de humedad (52-53%).

Este proyecto nace como una necesidad del subsector lácteos del estado de Guanajuato, como un grupo de empresarios de la micro y mediana empresa procesadora de la leche y sus derivados, cuyo principal producto lácteo que aportan al mercado estatal son los quesos frescos: el queso tradicional rancharo y el queso Oaxaca o asadero, representando el primero el 21% y el segundo el 16% de la producción total del subsector en cuanto a derivados lácteos se refiere.

Cabe aclarar que el fabricante artesanal no cuenta con la tecnología adecuada para llevar a cabo un control estricto de los parámetros del proceso, por lo que depende solamente de su experiencia en este ramo, y su conocimiento empírico del proceso, razones por las cuales la vida de anaquel de sus quesos frescos no rebasaba los 3 ó 4 días aún bajo condiciones de refrigeración.

La aportación del proyecto es aplicar una tecnología adecuada a nivel planta piloto, para alcanzar la vida de anaquel establecida por la Norma Oficial Mexicana para quesos frescos (15 días a partir de la fecha de su fabricación), utilizando: materia prima de calidad, tratamientos de pasteurización, uso de aditivos antimicrobianos, limpieza y saneamiento del equipo de procesado, y condiciones de almacenamiento refrigerado e ininterrumpido.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Desarrollar un proceso estandarizado para incrementar la vida de anaquel en queso fresco tradicional ranchero y queso de pasta hilada tipo Oaxaca o asadero a nivel planta piloto, dirigido al subsector lácteos del estado de Guanajuato.

### **4.2. Objetivos específicos**

- a) Aplicar los procedimientos de conservación que determinan un incremento de vida de anaquel en quesos frescos.
- b) Evaluar la calidad del producto final mediante análisis microbiológicos, sensoriales y de textura.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. MATERIA PRIMA

Se utilizó leche cruda obtenida por ordeño mecánico y enfriado a temperatura de 4 °C.

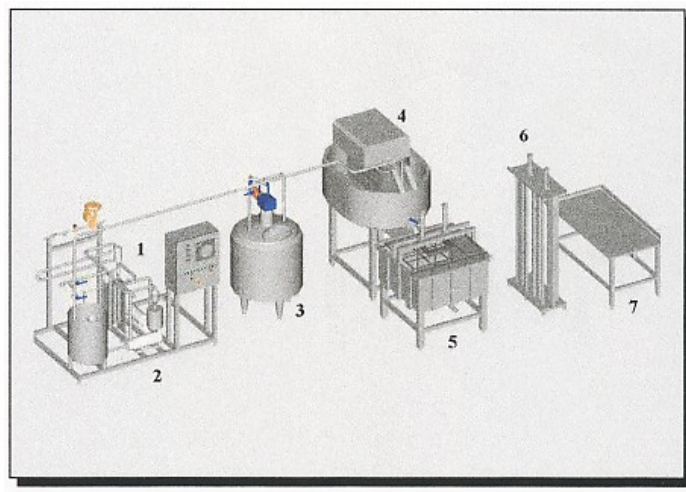
### 5.2. EQUIPO

#### 5.2.1. Equipo piloto de quesería

Ubicado en la planta piloto de lácteos del Instituto de Ciencias Agrícolas (Universidad de Guanajuato).

El equipo utilizado (Figura 12) consta de las siguientes partes:

1. Tablero de Control
2. Pasteurizador 500 L/h
3. Tanque de Proceso 500 L
4. Tina Quesera doble "O" 500 L
5. Desueradora pre-prensa.
6. Prensa vertical.
7. Mesas de trabajo



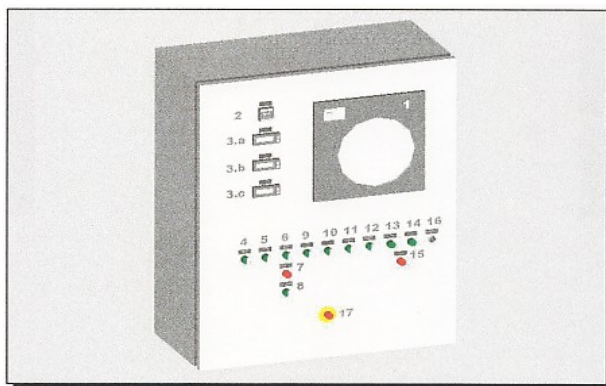
**Figura 12. Equipo piloto de quesería.**

Fuente: RCR Tecnología Láctea, 2002.

De los equipos antes mencionados, los utilizados para propósitos de pruebas de los quesos en cuestión fueron los siguientes:

**Tablero de Control** (Figura 13).

1. Graficador de temperaturas
2. Controlador de temperaturas
3. Indicadores de temperatura
  - a. Agua caliente
  - b. Salida de producto
  - c. Pasteurización
4. Selector “Bomba agua caliente
5. Selector bomba de alimentación
6. Selector “Sistema de vapor”
7. Piloto “Diversor”
8. Selector “AUT.DES.LIMP”
9. Selector “Tanque de Proceso”
10. Selector “Bomba móvil”
11. Selector “Reserva”
12. Selector “Energizar Tina”
13. Pulsador “Agitación”
14. Pulsador “Corte”
15. Pulsador “Stop”
16. Perilla “Velocidad”
17. Botón “Emergencia”

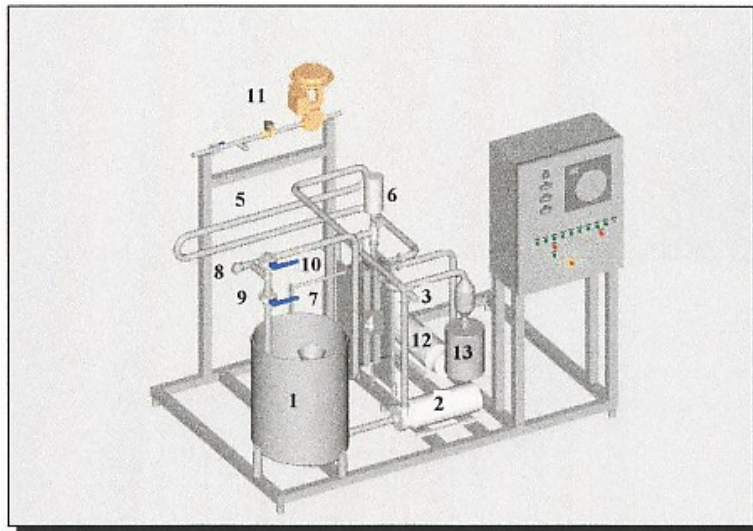


**Figura 13. Tablero de control.**

Fuente: RCR Tecnología Láctea, 2002.

**Pasteurizador 500L/h (Figura 14).**

1. Tanque de balance
2. Bomba de circulación de producto
3. Válvula reguladora de flujo
4. Intercambiador de calor VT-04
5. Tubería de Pasteurización
6. Válvula Diversora
7. Tubería de Recirculación
8. Tubería de Salida
9. Válvula de Reingreso
10. Válvula de Salida
11. Cuadro de vapor
12. Bomba de agua caliente
13. Generador de agua caliente



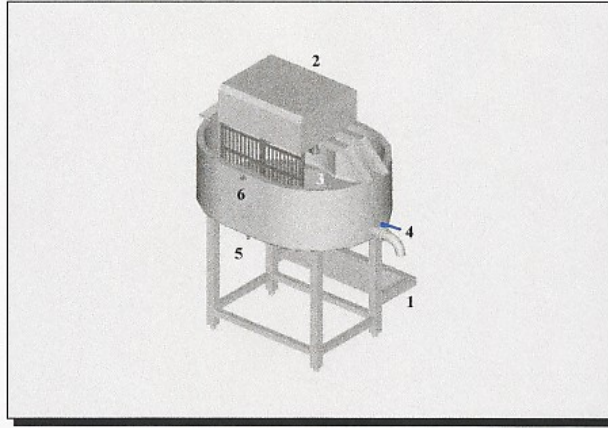
**Figura 14. Equipo pasteurizador.**

Fuente: RCR Tecnología Láctea, 2002.

**Tina Quesera doble “O” 500 L (Figura 15).**

1. Plataforma de trabajo
2. Cubierta de motorreductor (1hp, 18 rpm)

3. Herramientas de corte y agitación
4. Válvula de descarga
5. Entrada de vapor RWG ½" (2.5 Kg/cm<sup>2</sup>)
6. Entrada de agua RWG ½"

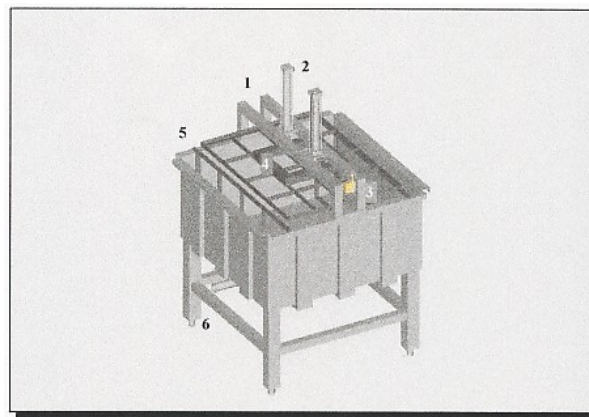


**Figura 15. Tina quesera doble "O".**

Fuente: RCR Tecnología Láctea, 2002.

**Desueradora Pre-prensa. (Figura 16).**

1. Puente superior de prensado
2. Cilindros neumáticos
3. Válvula neumática manual de tres Posiciones
4. Filtro superior
5. Filtros laterales
6. Descarga de suero



**Figura 16. Desueradora Pre-Prensa.**

Fuente: RCR Tecnología Láctea, 2002.

### **5.3. MÉTODOS**

#### **5.3.1. Prueba del alcohol en leche (Speer, 1973).**

Para obtener una rápida orientación de la estabilidad de la leche frente a los tratamientos térmicos, se realizó la prueba del alcohol, mezclando volúmenes iguales de leche y alcohol al 72% (densidad 0.891) en un tubo de ensaye, sin agitar, invirtiendo una a dos veces. La temperatura de la mezcla utilizada fue de 20 °C.

#### **5.3.2. Prueba de ebullición en leche (Silva, 2000).**

Esta prueba permite en un tiempo mínimo, observar la estabilidad de la leche, al igual que la prueba anterior, observar su estabilidad frente a tratamientos térmicos. Para realizarla, se vertió 5 mL de leche en un tubo de ensaye y se sometió a temperatura de ebullición sin dejar de agitar.

#### **5.3.3. Acidez de la leche (16.023 A.O.A.C., 1984).**

Para la determinación de la acidez titulable se utilizó la expresión de la acidez Dornic (°D), que está basado en medir los gramos de ácido láctico en 9 mililitros de leche. El procedimiento consistió en depositar 9 mL de leche en un vaso de precipitado, agregando 2 a 3 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína al 1% y se procedió a titular con la solución de NaOH 0.1N, hasta obtener el punto de vire a una coloración rosa muy tenue.

#### **5.3.4. Evaluación microbiológica de la leche cruda**

Para aplicar el tratamiento de pasteurización adecuado, se evaluó la calidad microbiológica de la leche cruda considerando las determinaciones establecidas por la NOM (Norma Oficial Mexicana), realizando el conteo en UFC/mL (unidades formadoras de colonias por mililitro).

- Preparación y dilución de muestras. NOM-110-SSA1-1994.
- Mesofílicos aeróbicos. NOM-092-SSA1-1994.
- Microorganismos coliformes totales en placa. NOM-113-SSA1-1994.
- *Salmonella*. NOM-114-SSA1-1994.
- *Staphylococcus aureus*: NOM-115-SSA1-1994.

### 5.3.5. Limpieza y desinfección del equipo piloto.

#### 5.3.5.1. Programa de limpieza y saneamiento del pasteurizador.

Previo al procesado de la leche y al finalizar el lote de proceso, se aplicó un programa de limpieza y saneamiento del equipo como lo muestra la Tabla 13, en donde las etapas aplicadas fueron las siguientes:

**Enjuague inicial.-** Para llevar a cabo la limpieza se procedió a un enjuague inicial con agua (5 ppm de cloro residual) a una temperatura comprendida entre 30 a 50 °C, hasta eliminar turbidez en el agua de enjuague.

**Lavado alcalino.-** Se realizó con un detergente alcalino (Bevrosheen) autorizado por el Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos de Norteamérica (USDA) para usarse como un limpiador, solamente en tanques de inmersión o con dispositivos de limpieza a vapor o mecánicos. La temperatura del lavado alcalino fue de 40 °C, con una concentración entre 0.8 a 1.2% por 12 minutos de recirculación (Ver Tabla 13).

Este limpiador tiene una alcalinidad activa como Na<sub>2</sub>O de 31.0%, y la fórmula no contiene más del 0.4% de fósforo; 0.08g/L a la concentración de uso recomendada, es biodegradable y reduce la tendencia a la acumulación de incrustaciones.



**Enjuague.-** Enseguida se procedió a un enjuague (agua con 5ppm de cloro residual) por 8 a 15 minutos y a una temperatura entre 40 a 60 °C, el tiempo real se tomó al verificar que el pH del agua de enjuague fuera igual al pH del agua de lavado.

**Lavado ácido.-** Para el lavado ácido se aplicó un detergente comercial a base de ácido nítrico y fosfórico formulado para sistemas CIP (limpieza en sitio) de equipos pasteurizadores de alta temperatura y corto tiempo de exposición y en superficies de acero inoxidable 304 y 316 en industria láctea y alimentaria. La temperatura de aplicación fue entre 60 a 70 °C, con una concentración entre 0.8 y 1.2% por un tiempo de 15 minutos (Ver Tabla 13).

**Enjuague.-** Enseguida se procedió a un enjuague por 8 a 15 minutos y a una temperatura de 40 °C, el tiempo real se tomó al verificar que el pH del agua de enjuague fuera igual al pH del agua de lavado.

**Desinfección.-** Finalmente se aplicó un desinfectante ácido líquido (Vortexx) con alta actividad antimicrobiana contra bacterias, hongos y levaduras, y sus ingredientes activos son el peróxido de hidrógeno, ácido peroxiacético y ácido octanóico. Los ingredientes de la formulación no contienen más de 0.3% de fósforo (0.02 g de fósforo por galón de la concentración recomendada promedio). Una de las ventajas de Vortexx es que no requiere enjuague después de su uso. Las condiciones de aplicación se realizaron como lo indica la Tabla 13, con una temperatura de 50 °C, concentración entre 1600 a 2600 ppm de Vortexx, y el tiempo de aplicación fue de 10 minutos.

Tabla 13. Programa para saneamiento del pasteurizador.

ACTIVIDAD	TEMPERATURA		CONCENTRACION		TIEMPO		OBSERVACIONES
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
<b>ENJUAGUE INICIAL</b>	30 °C	50 °C	-	-	8 min	15 min	Hasta eliminar turbidez en el agua de enjuague
	Recomendada 40 °C		-		Recomendada 12 min		
<b>LAVADO ALCALINO</b>	75 °C	80 °C	0.8 %	1.2%	20 min	30 min	Utilizar 2 lts de Bevroshen y titular
	Recomendada 78 °C		Recomendada 1 %		Recomendada 20 min		
<b>ENJUAGUE</b>	40 °C	60 °C	-	-	8 min	15 min	Verificar pH del agua de enjuague sea igual al pH del agua de lavado
	Recomendada 50 °C		-		Recomendada 10 min		
<b>LAVADO ACIDO</b>	60 °C	70 °C	0.8 %	1.2%	20 min	30 min	Utilizar 1.2 L de AC 300 y titular
	Recomendada 65 °C		Recomendada 1 %		Recomendada 20 min		
<b>ENJUAGUE</b>	50 °C	60 °C	-	-	8 min	15 min	Verificar pH del agua de enjuague sea igual al pH del agua de lavado
	Recomendada 50 °C		-		Recomendada 10 min		
<b>DESINFECCIÓN</b>	26 °C	40 °C	1,600 ppm	2,600 ppm-	5 min	10 min	Utilizar 300 mL de Vortexx sin calentar y sin enjuague posterior
	Recomendada 35 °C		Recomendada 2,000		Recomendada 8 min		

Fuente: ECOLAB, 2002.

### 5.3.5.2. Marchas de titulación

Para la verificación de las concentraciones recomendadas de los detergentes alcalino y ácido, así como del desinfectante, se utilizó un juego de titulación de cada uno de ellos, proporcionados por el proveedor. Asimismo, se utilizó una marcha de titulación para la determinación de cloro residual en el agua de enjuague, el cual se mantuvo a 5 ppm. (ECOLAB, 2002).

### **Juego de titulación para cloro residual en agua de enjuague**

Instrucciones:

- 1.- Enjuague el tubo (toma de muestra) con la solución a analizar.
- 2.- Llene el tubo a la línea de 9 mL.
- 3.- Agregue 5 gotas de yoduro de potasio No. 018 y mezcle.
- 4.- Agregue 5 gotas de ácido fosfórico No. 071 y mezcle.
- 5.- Agregue 5 gotas del indicador de almidón No. 038.
- 6.- Mezcle vigorosamente.
- 7.- Titule gota a gota con tiosulfato de sodio No. 070, agitando entre gota y gota, hasta que el color azul desaparezca.
- 8.- Registre el número de gotas.

Cálculos:

Cada gota de tiosulfato No. 070 es igual a 1 ppm de cloro residual.

Concentración recomendada: 500 ppm.

### **Juego de titulación para Bevroshen**

Instrucciones:

- 1.- Enjuague el tubo (toma de muestra) con la solución a analizar.
- 2.- Llene el tubo a la línea de 2.5 mL.
- 3.- Agregue 5 gotas del indicador de fenolftaleína 014 y mezcle.
- 4.- Titule gota a gota con ácido clorhídrico No. 052, agitando entre gota y gota, hasta que el color rojo desaparezca.
- 5.- Registre el número de gotas.

Cálculos:

Cada gota de ácido clorhídrico 052 es igual a 0.033% de alcalinidad.

Concentración recomendada: 0.8 a 1.0% de alcalinidad.

### **Juego de titulación para AC-300**

Instrucciones:

- 1.- Enjuague el tubo (toma de muestra) con la solución a analizar.
- 2.- Llene el tubo a la línea de 5 mL.
- 3.- Agregue 5 gotas del indicador de fenolftaleína 014 y mezcle.
- 4.- Titule gota a gota con hidróxido de sodio No. 086, agitando entre gota y gota, hasta que la solución incolora cambie a rojo.
- 5.- Registre el número de gotas.

Cálculos:

Cada gota de hidróxido de sodio No. 086 es igual a 0.067% de AC 300.

Concentración recomendada: 0.8 a 1.0% de AC 300.

### **Juego de titulación para Vortexx**

Instrucciones:

- 1.- Enjuague el tubo (toma de muestra) con la solución a analizar.
- 2.- Llene el tubo a la línea de 9 mL.
- 3.- Agregue 5 gotas de yoduro de potasio No. 018 y mezcle.
- 4.- Agregue 5 gotas de ácido fosfórico No. 071 y mezcle.
- 5.- Agregue 3 gotas del catalizador de oxígeno No. 040 y mezcle.
- 6.- Agregue 5 gotas de indicador de almidón No. 038
- 7.- Mezcle vigorosamente.
- 7.- Titule gota a gota con tiosulfato de sodio No. 069, agitando entre gota y gota, hasta que el color azul desaparezca.
- 8.- Registre el número de gotas.

Cálculos:

Cada gota de tiosulfato No. 069 es igual a 56 ppm de Vortexx.

### 5.3.5.3. Limpieza y desinfección de tina de cuajado, pre-prensa neumática y utensilios

Para la limpieza y desinfección de estos equipos se utilizó un detergente comercial concentrado (Express) para limpieza manual rápida para equipo procesador de alimentos, preparando una solución conteniendo 8mL de Express por litro de agua, habiendo enjuagado abundantemente las paredes y el fondo de los equipos previamente.

Para limpieza de mesas de trabajo y utensilios, se enjuagó abundantemente cada uno de los utensilios y se dejó remojando en un recipiente, utilizando la misma concentración anterior, el tiempo de remojo se consideró hasta ablandar la suciedad. Luego se cepilló el exceso de suciedad, y finalmente se enjuagó permitiendo que el exceso de la solución de lavado se escurriera en una tarja de lavado.

### 5.3.6. Evaluación microbiológica del equipo piloto

La aplicación del programa de limpieza y saneamiento fue aprobado hasta obtener prácticamente resultados negativos de cada una de las partes del equipo muestreados (equipo pasteurizador, preprensa, tina de cuajado doble "O", molino para queso y mesas de trabajo).

Los análisis microbiológicos evaluados con las técnicas establecidas por la Norma Oficial Mexicana (NOM), son los siguientes:

- Mesofílicos aeróbicos. NOM-092-SSA1-1994.
- Microorganismos coliformes totales. NOM-113-SSA1-1994
- Mohos y Levaduras. NOM-111-SSA1-1994.
- *Salmonella*. NOM-114-SSA1-1994.

### 5.3.7. Elaboración de queso fresco tradicional ranchero

La elaboración del queso ranchero incluyó las siguientes etapas:

- Filtración. Se usó un filtro de malla cerrada.
- Tratamiento térmico de pasteurización. 72 °C durante 15 a 20 segundos, utilizando pasteurizador de placas (Figura 15).
- Enfriamiento de la leche. Sale del pasteurizador a la tina de cuajado “doble O” con una temperatura de 45 °C, en donde con el sistema de agitación de la tina a 30 rpm, se logró el enfriamiento de la leche a la temperatura de cuajado (30-35 °C).
- Mineralización de la leche. Dosis: 0.1 gramos de  $\text{CaCl}_2$  /L de leche.
- Adición de cuajo enzimático. Dosis: 35 mL/100 L de leche, con cuajo enzimático de potencia 1:10,000. Se aplicó agitación a 30 rpm por unos instantes para disolver el cloruro de calcio y el cuajo enzimático,
- Se mantuvo en reposo la leche con la mezcla de aditivos por término de 30 minutos, tiempo en que finaliza la coagulación de la leche.
- Se accionó el pulsador de corte (tablero de control) para que las herramientas de la tina (liras) giraran en el sentido del filo de las cuchillas, realizando la acción de corte. Esta operación se mantuvo por 5 minutos a una velocidad de 10 rpm.
- Al finalizar el tiempo de corte se accionó el pulsador de paro (tablero de control) y se mantuvo la cuajada en reposo por otros 5 minutos.
- Después del primer reposo de la cuajada, se accionó el pulsador de agitación a 15 rpm por espacio de otros 5 minutos.
- Se repitieron las operaciones de agitación y reposo nuevamente.
- Se desueró la cuajada al 50%, permaneciendo en la tina “doble O”
- Se habilitó el aire y se reguló la presión de servicio a 0.4 kPa de la pre-prensa. Se accionó la válvula para subir la prensa superior, se recorrió el puente a un lado y se llenó la tina de la pre-prensa con cuajada proveniente de la tina “doble O”, abriendo manualmente la válvula de descarga. Se colocó el puente en su posición original y se accionó la válvula lentamente

para comprimir y desuerar la cuajada. El tiempo de pre-prensa fue de 10 minutos.

- Se volvió a accionar la válvula para subir la prensa superior y pasar manualmente la cuajada prensada a las mesas de trabajo para colocarlos en mantas de desuerado por espacio de una hora.
- La cuajada desuerada se refrigeró por 12 horas.
- La molienda se realizó en un molino para queso adicionando sal al 1% con respecto al rendimiento quesero durante esta operación.
- Al queso molido se le dio forma esférica en aros de diámetro de 10 cm y 2.5 cm de altura.
- Se asperjaron los quesos en toda su superficie con solución de sorbato de potasio al 30%.
- Inmediatamente fueron empacados en láminas de papel encerado y colocados en almacenamiento refrigerado a temperaturas entre 4 y 6 °C por 15 días.
- Se analizaron los quesos mediante análisis microbiológicos a los 15 días de almacenamiento refrigerado.

#### **5.3.8. Elaboración de queso Oaxaca**

La elaboración del queso Oaxaca incluyó las siguientes etapas:

- Filtración. Se usó un filtro de malla cerrada.
- Tratamiento térmico de pasteurización. 72 °C de 15 a 20 s, utilizando pasteurizador a placas (Figura. 14).
- Enfriamiento de la leche. Sale del pasteurizador a la tina de cuajado “doble O” con una temperatura de 50 °C, en donde con el sistema de agitación de la tina a 30 rpm, se logró el enfriamiento de la leche a la temperatura de inoculación (42 °C) del cultivo iniciador.
- Se determinó la acidez de la leche en grados Dornic (°D) bajo estas condiciones.

- Se adicionó el cultivo mixto de inoculación directa (cultivo liofilizado), utilizando 20 Unidades por cada 100 litros de leche, y se accionó el pulsador de agitación a 30 rpm por unos instantes para mezclar el cultivo en la leche.
- Se mantuvo en reposo la leche por espacio de aproximadamente una hora, determinándose la acidez desarrollada, requiriendo una diferencia de acidez entre 2 a 4 °D, con respecto a la de la determinación anterior.
- Mineralización de la leche. Dosis: 0.1 gramos de  $\text{CaCl}_2$  /L de leche.
- Se mantuvo en agitación la leche (30 rpm) para lograr enfriarla a una temperatura entre 30 y 35 °C.
- Adición de cuajo enzimático. Dosis: 35 mL/100 L de leche, con cuajo enzimático de potencia 1:10,000. Se aplicó agitación a 30 rpm por unos instantes para disolver tanto el cloruro de calcio como el cuajo enzimático.
- Se mantuvo en reposo la leche con la mezcla de aditivos por término de 30 minutos, tiempo en que finaliza la coagulación de la leche.
- Se accionó el pulsador de corte (tablero de control) para que las herramientas de la tina (liras) giraran en el sentido del filo de las cuchillas, a una velocidad de 10 rpm, realizando la acción de corte. Esta operación se mantuvo por 5 minutos.
- Al finalizar el tiempo de corte se accionó el pulsador de paro (tablero de control) y se mantuvo la cuajada en reposo por otros 5 minutos.
- Después del primer reposo de la cuajada, se accionó el pulsador de agitación a 15 rpm por espacio de otros 5 minutos, con reposo final de 10 minutos.
- Se repitieron las operaciones de agitación y reposo nuevamente.
- Se desueró la cuajada al 80% por gravedad, desarrollándose la acidez con respecto al tiempo, hasta alcanzar un pH de 5.5.
- Se habilitó el aire y se reguló la presión de servicio a 0.4 kPa de la pre-prensa. Se accionó la válvula para subir la prensa superior, se recorrió el puente a un lado y se llenó la tina de la pre-prensa con cuajada proveniente de la tina “doble O”, abriendo manualmente la válvula de descarga. Se



colocó el puente en su posición original y se accionó la válvula lentamente para comprimir y desuerar la cuajada. El tiempo de pre-prensa se mantuvo hasta alcanzar un pH de 5.2

- Se volvió a accionar la válvula para subir la prensa superior y pasar manualmente la cuajada prensada a las marmitas y se fundió la cuajada hasta obtener consistencia de pasta hilada.
- La pasta total fue colocada en las mesas de trabajo y se procedió a estirarlas manualmente formando tiras de aproximadamente 4 cm de ancho.
- El salado se realizó al 1% respecto al rendimiento quesero, por aspersion manual sobre las tiras.
- Se utilizó una solución de sorbato de potasio al 30 % como antifúngico y se aplicó por aspersion.
- Las tiras fueron enrolladas formando bolas de ½ y 1 kg.
- Inmediatamente fueron empacados en bolsas de polietileno y colocados en almacenamiento refrigerado a temperaturas entre 4 y 6 °C por 15 días.
- Se analizaron los quesos mediante análisis microbiológicos.

### **5.3.9. Evaluación microbiológica de los quesos elaborados**

Las técnicas utilizadas para el análisis microbiológico de los quesos fueron las siguientes:

- Hongos y levaduras (UFC/g) : NOM-111-SSA1-1994
- Microorganismos coliformes fecales (NMP/g) : NOM-112-SSA1-1994.
- *Salmonella*. NOM-114-SSA1-1994.
- *Staphylococcus aureus* (UFC/g) : NOM-115-SSA1-1994.

**Tabla 14. Ficha técnica para la elaboración de queso tradicional rancharo.**

OPERACIONES	ESPECIFICACIONES	VALORES REALES	OBSERVACIONES
Parámetros iniciales	Acidez: 13-16 °D Temperatura: 4 a 6 °C		
Filtración	Uso de malla		
Volumen (litros)			
Tratamiento térmico	Temperatura: 72 °C Tiempo: 15 a 20 seg		
Enfriamiento	Temperatura: 30 a 35 °C		
Mineralización (CaCl <sub>2</sub> )	Concentración: 0.1 g / L de leche		
Adición de cuajo enzimático	Concentración: 35 ml / 100L de leche Potencia: 1: 10,000		
Agitación	Velocidad: 30 rpm Tiempo: 2 minutos		
Reposo	Tiempo: 30 a 45 minutos		
Corte por acción de cuchillas mecánicas	Velocidad de cuchillas: 10 rpm Tiempo: 5 minutos.		
1er reposo	Tiempo: 5 minutos		
1ª agitación	Velocidad de cuchillas: 15 rpm Tiempo: 5 minutos		
2º reposo	Tiempo: 5 minutos		
2ª agitación	Velocidad de cuchillas: 15 rpm Tiempo: 5 minutos		
Desuerado	50% del volumen total		
Pre-prensado	Presión: 0.4 kPa Tiempo de prensado: 10 min		
Refrigeración de cuajada	Tiempo: 12 horas		
Molienda de cuajada y salado	Salado al 1%		
Moldeado	Uso de aros		
Aplicación de antifúngico por aspersión	Solución de sorbato de potasio al 30%		
Empacado	Papel encerado		
Almacenamiento refrigerado	Temperatura: 4 a 6 °C		

**Tabla 15. Ficha técnica para la elaboración de queso Oaxaca.**

OPERACIONES	ESPECIFICACIONES	VALORES REALES	OBSERVACIONES
Parámetros iniciales	Acidez: 13-16 °D Temperatura: 4 a 6 °C		
Filtración	Uso de malla		
Volumen (litros)			
Tratamiento térmico	Temperatura: 72 °C Tiempo: 15 a 20 seg		
Enfriamiento	Temperatura: 42 °C		
Inoculación	Fermentos lácticos liofilizados de siembra directa: 0.02 g/ L de leche <i>Streptococcus thermophilus</i>		
Agitación	Velocidad: 30 rpm Tiempo: 2 minutos		
Reposo	Tiempo: 60 minutos		
Enfriamiento	Temperatura: 30 a 35 °C		
Mineralización (CaCl <sub>2</sub> )	Concentración: 0.1 g / L de leche		
Adición de cuajo enzimático	Concentración: 35 mL / 100 L de leche Potencia: 1: 10,000		
Agitación	Velocidad: 30 rpm Tiempo: 2 minutos		
Reposo	Tiempo: 30 minutos		
Corte por acción de cuchillas mecánicas	Velocidad de cuchillas: 10 rpm Tiempo: 5 minutos.		
1er reposo	Tiempo: 10 minutos		
1ª agitación	Velocidad de cuchillas: 15 rpm Tiempo: 5 minutos		
2º reposo	Tiempo: 10 minutos		
2ª agitación	Velocidad de cuchillas: 15 rpm Tiempo: 5 minutos		
Desuerado	80% del volumen total Hasta alcanzar un pH de 4.5		
Pre-prensado	Presión: 0.4 kPa Tiempo de prensado: Hasta alcanzar pH de 5		
Fundido	Hasta consistencia de pasta hilada		
Estirado y formado de tiras	Ancho de tiras: 4 cm		
Salado	Aplicación de sal en seco sobre las tiras 1% de sal		
Aplicación de antifúngico por aspersion	Solución de sorbato de potasio al 30%		
Formado	Bolas de ½ y 1 kg		
Empacado	Bolsas de polietileno		
Almacenamiento refrigerado	Temperatura: 4 a 6 °C		

### 5.3.10. Determinación de la textura

La textura de los quesos se realizó mediante el análisis del perfil de textura (TPA), usando el texturómetro TA-XT2 (Figura 17), al cual se le adaptó una probeta cilíndrica de 4 mm de diámetro.



Figura 17. Texturómetro TA-XT2

Mediante el análisis de perfil de textura, se determinó:

- Dureza
- Resortividad
- Cohesividad
- Adhesividad
- Gomosidad
- Masticabilidad

Los valores de los parámetros que se usaron en el analizador de textura en la prueba de Análisis de Perfil de textura se muestran en la Tabla 16:

**Tabla 16. Valores de los parámetros usados en el analizador de textura para la prueba de Análisis de Perfil de textura (TPA) en los quesos.**

<b>Datos introducidos en el tablero del texturómetro</b>	
Velocidad, mm/s	5.0
Distancia, mm	10.0
Fuerza, N	
Tiempo, s	5.0
<b>TEST SET UP</b>	
Modo	Fuerza compresión
Opción	Biblioteca
Unidades	newtons
Salida de la prueba	Test set up
<b>MACHINE CONFIGURE PROGRAM</b>	
Método de inicio prueba	Auto
Fuerza de disparo, g	5
Velocidad antes prueba, mm/s	3
Velocidad después prueba, mm/s	5
<b>MACHINE CONFIGURE ENTER</b>	
Reloj	Hora actual
Fecha	Fecha actual
Formato USA	Off
Tipo de celda de carga	25 – 1
Programa de biblioteca	Tpa
Baud	1200
Stop	1
Ascenso automático	On
<b>Datos introducidos en el programa del software</b>	
Tipo de gráfica	Fuerza-tiempo
Fuerza umbral, g	100
Distancia umbral, mm	0.50
Escala de la fuerza, g	196
Escala de la distancia, mm	200
Auto escala	On
Tipo de archivo	ASCII
Display and export	Plotted points
Puntos por segundo	100
Archivo de resultados	TPA
Picos, áreas y gradiente	
Unidad de la fuerza	newtons
Confirmación de pico	On
Área de contacto, mm <sup>2</sup>	132.73
Fuerza de contacto, g	5.0

### 5.3.11. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial que se aplicó a los quesos consistió en una prueba afectiva por el método de Escala Hedónica de 9 puntos (Pedrero y Pangborn, 1989).

El formato utilizado como hoja de respuestas fue el siguiente:

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Instrucciones: Pruebe la muestra e indique su nivel de agrado, de acuerdo con la escala que se presenta a continuación:

- 9 Me gusta extremadamente
- 8 Me gusta mucho
- 7 Me gusta moderadamente
- 6 Me gusta ligeramente
- 5 Ni me gusta ni me disgusta
- 4 Me disgusta ligeramente
- 3 Me disgusta moderadamente
- 2 Me disgusta mucho
- 1 Me disgusta extremadamente

Panelista	Queso ranchero comercial	Queso ranchero obtenido
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Panelista	Queso Oaxaca comercial	Queso Oaxaca obtenido
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

### 5.3.12. Análisis estadísticos de los datos

Para evaluar las diferencias entre los quesos comerciales (control) y los obtenidos, se utilizó una prueba de comparación pareada (diferencias entre las evaluaciones otorgadas para un mismo panelista), utilizando como estadístico la LSD (Diferencia mínima significativa).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. ESTABILIDAD DE LA LECHE

Los resultados obtenidos en la Tabla 17 indican que la leche utilizada para la elaboración de ambos quesos eran leches frescas de buena calidad, y su estabilidad frente a los tratamientos térmicos fue indicativo de las pruebas rápidas a las que fueron sometidas.

**Tabla 17. Resultados de las pruebas de estabilidad para la elaboración de los quesos.**

Atributo	Leche cruda destinada a la elaboración de queso ranchero	Leche cruda destinada a la elaboración de queso Oaxaca
Acidez °D	14	15
Prueba del alcohol	Negativo	Negativo
Prueba de ebullición	Negativo	Negativo

### 6.2. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE CRUDA

Los resultados de la evaluación microbiológica de la leche cruda se muestran en la Tabla 18, en donde se observa que la cuenta de mesofílicos aerobios queda dentro de la norma (derogada hace muchos años por la NOM) de los límites bacterianos de mezclas de leches antes de su pasteurización. En cuanto a la presencia de microorganismos patógenos, es de gran importancia la ausencia de *Staphylococcus aureus* y de *Salmonella*. La presencia de organismos coliformes en la leche cruda deberán ser destruidos por tratamiento térmico de pasteurización.

**Tabla 18. Resultados de la evaluación microbiológica en la leche cruda**

Prueba microbiológica	Norma para leche cruda	Resultado
Mesofílicos aerobios UFC/mL	Menor a 300,000	156,000
Coliformes totales UFC/mL		34,700
<i>Staphylococcus aureus</i> en 25 mL		Negativo
<i>Salmonella</i> en 25 mL		Negativo



### 6.3. LIMPIEZA Y SANEAMIENTO DEL EQUIPO

Tanto el detergente alcalino denominado comercialmente como Bevroshleen (ingrediente activo: NaOH) a una concentración entre 0.8 a 1.2% recirculado durante 12 minutos, como el detergente ácido denominado comercialmente como AC 300 (ingredientes activos: HNO<sub>3</sub> y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) a una concentración entre 0.8 a 1.2% recirculado durante 15 minutos fueron los detergentes seleccionados por la empresa ECOLAB, los cuales efectivamente dieron los resultados esperados en cuanto a la ausencia de flora microbiana. Los ingredientes activos son bases y ácidos fuertes que reaccionan con la materia orgánica degradándola completamente.

Al aplicar el desinfectante denominado comercialmente Vortexx, se complementa el programa de limpieza con la desinfección del equipo, dado que los ingredientes activos son el peróxido de hidrógeno, el ácido peroxiacético y el ácido octanoico, los cuales son ácidos débiles que actúan como agentes oxidantes que degradan la materia orgánica.

Los resultados de la evaluación microbiológica realizada al equipo piloto (Tabla 19) fue la obtenida después de varios intentos en cuanto a variaciones de las concentraciones y tiempos de aplicación de los desinfectantes utilizados en el programa de saneamiento de los equipos, obteniendo como resultado final datos negativos en cuanto a la posible presencia de flora microbiana tanto patógena como generadora de la descomposición.

**Tabla 19. Resultados de la evaluación microbiológica en equipo piloto de quesería**  
**Cuantificación: UFC/mL.**

<b>EQUIPO</b>	<b>Mesófilos aerobios</b>	<b>Coliformes totales</b>	<b>Hongos</b>	<b>Levaduras</b>
Salida del pasteurizador	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Tina "Doble O"	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Pre-prensa	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Molino	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Mesas de trabajo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

#### 6.4. EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LOS QUESOS ELABORADOS

Los resultados de la Tabla 20 indican que los quesos elaborados cumplen con la Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994 para los quesos considerados como frescos, en cuanto a especificaciones microbiológicas, dado que se aplicaron diversos controles durante su elaboración (leche cruda de calidad, tratamientos de pasteurización de la leche, utilización de aditivos antimicrobianos, programas de limpieza y desinfección de equipo, y almacenamiento refrigerado ininterrumpido de los quesos).

**Tabla 20. Resultados de la evaluación microbiológica de los quesos elaborados.**

	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	Coliformes fecales NMP/g	Hongos UFC/g	Levaduras UFC/g	<i>Salmonella</i> en 25 g
Estándares	1000	10	500		Negativo
Queso Ranchero	Negativo	Negativo	200	70	Negativo
Queso Asadero	Negativo	Negativo	100	100	Negativo

#### 6.5. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DE LOS QUESOS

En la Tabla 21 se muestran los resultados de la textura, y en las propiedades de Masticabilidad, Adhesividad y Dureza, el queso ranchero obtenido es significativamente diferente que el queso ranchero comercial, usando una prueba de comparación pareada utilizando LSD (Diferencia mínima significativa) al 85% de seguridad.

El queso ranchero obtenido presenta mayor Masticabilidad, Gomosidad y Dureza, pero menor Adhesividad que el queso ranchero comercial, debido a que el queso fresco obtenido fue elaborado de leche entera sin adicionar ni sustituir ningún ingrediente de los naturalmente presentes en la leche, y esto le confiere mejores características de textura, siendo más consistentes, reflejándose en mayores valores en las propiedades de masticabilidad y dureza, y menores valores en la adhesividad.

**Tabla 21. Resultados de la evaluación de textura de los quesos rancharo comercial y el obtenido.**

Propiedad	Queso rancharo comercial	Queso rancharo obtenido
Resortividad (adimensional)	0.73	0.912
Cohesividad (adimensional)	0.41	0.527
Masticabilidad (N)	2.541	5.391
Gomosidad (N)	3.48	5.913
Adhesividad (N m)	0.892	0.212
Dureza (N)	8.49	11.211

En la Tabla 22 se muestran los resultados de la textura, y en las propiedades de Masticabilidad, Adhesividad y Dureza, el queso Oaxaca obtenido es significativamente diferente que el queso Oaxaca comercial, usando una prueba de comparación pareada utilizando LSD (Diferencia mínima significativa) al 90% de seguridad.

El queso Oaxaca obtenido presenta mayor Masticabilidad, Gomosidad y Dureza, pero además mayor Adhesividad que el queso Oaxaca comercial, debido a que el queso Oaxaca obtenido también fue elaborado con leche entera, presentando mayor consistencia como se refleja en las propiedades de masticabilidad y dureza; y además, debido al procesamiento para obtener una pasta elástica al modificar su acidez sin adicionar ningún ingrediente análogo, le confiere mayor adhesividad.

**Tabla 22. Resultados de la evaluación de textura de los quesos Oaxaca comercial y el obtenido.**

Propiedad	Queso Oaxaca comercial	Queso Oaxaca obtenido
Resortividad (adimensional)	0.858	0.858
Cohesividad (adimensional)	0.709	0.715
Masticabilidad (N)	11.267	22.846
Gomosidad (N)	13.135	26.632
Adhesividad (N m)	0.125	0.421
Dureza (N)	18.526	37.233

## 6.6. EVALUACIÓN SENSORIAL

En la Tabla 23 se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas por los panelistas y aplicando una prueba de comparación pareada se demuestra que el queso ranchero obtenido es significativamente mejor que el queso ranchero comercial, al 95% de seguridad.

Mayores valores de masticabilidad y dureza , así como menores valores de adhesividad están relacionadas con una mayor aceptación del queso ranchero.

**Tabla 23. Resultados de la evaluación sensorial de los quesos ranchero comercial y el obtenido.**

Panelista	Queso ranchero comercial	Queso ranchero obtenido
1	6	7
2	8	9
3	7	8
4	7	9
5	7	6
6	5	8
7	6	7
8	7	8
9	5	7
10	6	8
11	1	8
12	6	7
13	4	8
14	7	8
15	9	7
16	7	6
17	7	7
18	6	7
19	7	7
20	6	8

En la Tabla 24 se muestran los resultados de las evaluaciones realizadas por los panelistas y aplicando una prueba de comparación pareada se demuestra que el queso Oaxaca obtenido es significativamente mejor que el queso Oaxaca comercial, al 95% de seguridad.

Mayores valores de masticabilidad, dureza y adhesividad están relacionadas con una mayor aceptación del queso Oaxaca.

**Tabla 24. Resultados de la evaluación sensorial de los quesos Oaxaca comercial y el obtenido.**

Panelista	Queso Oaxaca comercial	Queso Oaxaca obtenido
1	7	8
2	9	9
3	8	4
4	7	9
5	8	6
6	6	8
7	6	8
8	6	8
9	6	8
10	6	9
11	6	8
12	6	8
13	6	8
14	5	7
15	7	8
16	7	6
17	8	7
18	8	7
19	8	8
20	5	7

## 7. CONCLUSIONES

- La vida de anaquel de los quesos en estudio cumplió con lo establecido por la Norma Oficial Mexicana en relación a la vida de anaquel de los quesos frescos (15 días) bajo condiciones de almacenamiento refrigerado (4-6 °C).
- De acuerdo a los resultados de la evaluación microbiológica obtenidos en los quesos rancho y Oaxaca, se consideraría que la vida de anaquel podría prolongarse a 20 días o aún más, mediante el proceso de elaboración propuesto.
- El queso rancho obtenido fue de mayor aceptación sensorial que el queso rancho comercial, presentando mayores valores en dureza, masticabilidad y gomosidad, pero menor valor de adhesividad.
- En cuanto al queso Oaxaca obtenido fue de mayor aceptación sensorial que el queso Oaxaca comercial, con mayores valores en dureza, masticabilidad y gomosidad, pero además, mayor valor de adhesividad.
- En el caso del queso rancho, los panelistas prefirieron los quesos de textura firme, pero que no se adhieran en los dientes.
- En el caso del queso Oaxaca, los panelistas prefirieron los quesos de textura firme, adicionalmente percibían su elasticidad al adherirse en los dientes.
- Por los resultados de los parámetros de textura como son: masticabilidad, gomosidad y dureza, se concluye que el queso Oaxaca es de textura más firme que el queso rancho.

- Mediante un curso teórico-práctico se demostró a los procesadores de quesos de la pequeña y mediana empresa, que es posible lograr los estándares de calidad microbiológicos, establecidos por la Norma Oficial Mexicana, mediante buenas prácticas de manufactura en el proceso de elaboración de quesos frescos.
- Los pasos que influyen en la calidad y vida de anaquel de al menos 15 días de los quesos estudiados son: la buena calidad de la leche, la aplicación adecuada del tratamiento térmico de pasteurización, el uso de antimicrobianos, la aplicación de un programa de limpieza y saneamiento del equipo de procesado y las condiciones de almacenamiento refrigerado constante (4-6 °C) del producto final.

## 8. RECOMENDACIONES

- Investigar una mejor caracterización de los quesos rancho, Oaxaca y Asadero.
- Estandarizar nombres y procesos de elaboración.
- Establecer definiciones cuantitativas de las propiedades funcionales (fundido) y de textura de estos quesos, que permitan evaluaciones y comparaciones objetivas a nivel nacional e internacional.
- Establecer una Norma Oficial Mexicana para la leche cruda, siendo ésta uno de los principales problemas para lograr calidad en los quesos frescos.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

AOAC: 1984. *Oficial Methods of Análisis*. 14<sup>th</sup> Ed. Association of Oficial Analytical Chemist., The William Sydney Inc. Virginia U.S.A. pp. 278-284.

Baduí, D. S. 1999. *Química de los Alimentos*. 3<sup>a</sup>. Edición. Ed. Alhambra Mexicana. México, D. F. p. 591-602.

Boor, K. J., Brown, D. P., Murphy, S. C., Kozlowski, S. M., and Blander, D. K. 1988. Microbiological and Chemical Quality of Raw Milk en New York State. *J. Dairy Sci.* 81: 1743-1748.

Casp A. y Abril, J. 1999. *Procesos de Conservación de Alimentos*. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

De Alba, L.A., Staff, C., Richter, R.L., and Dill, C.W. 1991. Mexican Asadero cheese: A survey of its composition. *Cultured Dairy Products J.* 26: 11-12.

ECOLAB. 2002. División Alimentos y Bebidas. *Seminario de Limpieza y Desinfección dirigido a Plantas Procesadoras de Alimentos*. Apuntes.

Esquivel, T. A. y Santos, M. A. 1996. Los Quesos Típicos Mexicanos: Queso Asadero. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*, Jun-Jul.

Dunand, C. 1999. *La Flore des Laits Crus*. Apuntes distribuido por la Ecole Nationale d'Industrie Laitière des Industries Agro-Alimentaries.

Furia, T. E. 1975. *CRC Handbook of Food Additives*. 2<sup>nd</sup> Edition. Vol 1. p. 168.

Fennema, O. R. 1993. *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza (España). p. 894-903.

- Gao, A., Mutharia, L., Chen, S., Rahn, K., and Odumeru, J. 2002. Effecto of Pasteurization on Survival *Mycobacterium paratuberculosis* in Milk. *J. Dairy Sci.* 85:3198-3205.
- Grisius, R., Wells, J. H., Barret, E. L., and Singh, R. P. 1987. Correlation of time-temperature indicator response with microbial growth on pasteurized milk. *J. Food Process. Preserv.* 1:309-324
- Gobin, F. 1999. *La préparation du Latí, Coagulation et Égouttage*. Apuntes distribuido por la Ecole Nationale d'Industrie Laitière des Industries Agro-Alimentaries.
- Hough, G., Publieso, M. L., Sánchez, R., and Da Silva, O. M. 1999. Sensory and Microbiological shelf-life of commercial ricotta cheese. *J. Dairy Sci.* 82:454-459.
- Hwang, C.H. and Gunasekaran, S. 2001. Measuring crumbliness of some commercial Queso Fresco-type Latin American cheeses. *Milchwissenschaft* 56: 446-450.
- Johnson, , M. E., Chen, C. M., and Jaeggi, J. J. 2001. Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced-fat Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 84:1027-1033.
- Kadamany, E. A., Toufeili, I., Khattar, M. Abou-Jawdeh, Y., Haradeh, S., and Haddad, T. 2002. Determination of Shelf Life of Concentrated Yogurt (Labneh) Produced by In-Bag Straining of Set Yogurt using Hazard Analysis. *J. Dairy Sci.* 85:1023-1030.
- Kerry Ingredientes de México y Centroamérica, 2001. *Introducción a la Evaluación Sensorial*.

- Kosikowski, F. 1977. *Cheese and Fermented Milk Foods*. F. V. Kosikowski and Assoc., New York, NY. p. 16-17.
- Lee, C. H., Imoto, E. M. and Rha, C. 1978. Evaluation of cheese texture.. *J. Food Sci.*, 43: 1600.
- Lucey, J. A., Johnson, M. E., and Horne, D. S. 2003. Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *J. Dairy Sci.* 86:2725-273.
- Madrid, V. A. 1996. *Curso de Industrias Lácteas*. AMV Ediciones Mundiprensa.
- Madrid, V. A. 1999. *Tecnología Quesera*. AMV Ediciones Mundi-Prensa.
- Mohsenin, N, N. 1970. *Physical properties of plant and animal materials*. Vol. 1. Gordon and Beach Science Publishers, New York.
- Moskowitz, H. R. 1987. *Food Texture. Instrumental and Sensory Measurement*. Marcel Decker, Inc. New York and Basel. p.230-235.
- Neyers, F. 1999. *Les Levains Lactiques Apuntes* distribuido por la Ecole Nationale d'Industrie Laitière des Industries Agro-Alimentaries.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994*. Especificaciones microbiológicas para leche pasteurizada.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994*. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994*. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

*NORMA Oficial Mexicana. NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.*

*NORMA Oficial Mexicana. NOM-112-SSA1-1994. Método para la determinación de microorganismos coliformes fecales.*

*NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.*

*NORMA Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos.*

*NORMA Oficial Mexicana NOM-115-SSA1-1994. Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos.*

*NORMA Oficial Mexicana NOM-000-SSA1-1995. Determinación de coliformes fecales por técnica del número más probable (NMP).*

*NORMA Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias.*

Pedrero, D. L. y Pangborn, R. M. 1989. *Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos.* Alambra Mexicana. p. 105-107.

Potter, N. N. 1990. *La Ciencia de los Alimentos.* Tercera Edición. Ed. Harla.

*RCR Tecnología Láctea.* 2002. Planta Piloto. Manual del usuario.

Rodríguez, M. E. 1996. Estabilizadores en Quesos Frescos. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos.* Jun-Jul.

Salas, P. Z. 1999. Elaboración de Queso Oaxaca con Cultivo Láctico de Inóculo Directo de LACTI-LAB. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*, Vol. 14 No. 3, Jun-Jul.

Scott R. 1991. *Fabricación de Queso*. Ed. Acribia. Zaragoza (España): pp: 147-150.

Silva, G. 2000. *Apuntes del curso de Elaboración de Quesos*. Centro de Estudios de la Leche, A. C.(CEDELE).

Speer, E. 1973. *Lactología Industrial*. 2ª Ed. Acribia España.

Van Hekken, D. L. and Farkye, N. Y. 2003. Hispanic Cheeses: The Quest for Queso. *Food Technology*. Vol. 57, No. 1.

Veisseyre, R. 1988. *Lactología Técnica*. 2ª. Ed. Editorial Acribia. España. pp:

Villegas, A. de G. 2002. El Queso Asadero. *Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. Vol. 17 No. 1, feb-mar.

### **Consultas electrónicas**

Boletín de Leche. SIAPDIMBOL 0304. Leche-Enero04.pdf  
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>