



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

**“EVALUACION TECNICO-ECONOMICA EN LA
PASTERIZACION DE LECHE, ENTRE EL PROCESO
CONTINUO POR PLACAS Y LA ACTINIZACION”**

(TEMA MANCOMUNADO)

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a n

SERGIO REVAH MOISEEV

DAVID SERVIANSKY KUCHIK

29

México, D. F.,

1975



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Tesis
1975

REC- Mt-280 281



QUIMICA

PRESIDENTE: Prof. ENRIQUE GARCIA GALEANO

VOCAL: Prof. EDUARDO ROJO Y DE REGIL

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

SECRETARIO: Prof. MARIO RAMIREZ Y OTERO

SEGUN EL TEMA.

1er. SUPLENTE: Prof. RUBEN BERRA GARCIA COSS

2o. SUPLENTE: Prof. ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO

Sitio donde se desarrolló el tema:

México, D.F.

Nombre completo de los sustentantes:

SERGIO REVAH MOISEEV

DAVID SERVIANSKY KUCHIK

Nombre completo del asesor del tema:

Prof. EDUARDO ROJO Y DE REGIL



NUESTROS PADRES

NUESTRAS HERMANAS

NUESTRAS NOVIAS

NUESTROS FAMILIARES

NUESTROS AMIGOS

NUESTROS PROFESORES y CONSEJEROS

INDICE

	<u>Pag.</u>
CAPITULO I.- INTRODUCCION	1
CAPITULO II.- LA LECHE Y SU PROCESAMIENTO	4
SECCION 2.1 COMPOSICION DE LA LECHE Y PROPIEDADES GENERALES	4
HISTORIA	4
COMPOSICION BRUTA DE LA LECHE	5
DIFERENCIAS MAYORES EN LA COMPOSICION BRUTA	6
Composición Bruta de Leches de Diferentes Especies de Mamíferos	7
Leche de Vaca	10
Diferencias en composición debidas a la raza	10
Diferencia de composición entre una ordeña y otra	12
Cambios en la composición de la leche durante la ordeña	12
Variación de leche de diferentes cuartos de la ubre	12
Cambios de composición durante el periodo de lactancia	12
Influencia de la estación en la composición de leche	13
Efectos de alimentación y nivel nutricional en la composición de la leche	15
Otros factores que afectan la composición de la leche	15
CONSTITUYENTES MENORES DE LA LECHE	16
Sales y Cenizas	16
Trazas de Elementos	17
Enzimas	19
Lipasa	19
Esterasa	19
Fosfatasa alcalina	19
Xantin oxidasa	20
Lactoperoxidasa	20
Proteasa	20
Amlasa	20
Catalasa	20
Aldolasa	20
Anhidrasa carbónica	20
Substancias Nitrogenadas No-Proteínicas	20
Otros Constituyentes	21

	<u>Pag.</u>
SECCION 2.2 MICROBIOLOGIA DE LA LECHE	21
BACTERIAS	22
Tipos de Bacterias Encontradas en la Leche	23
Bacterias ácido-lácticas	23
Bacterias termodúricas y termofílicas	26
Bacterias microfílicas	26
Bacterias microtróficas	27
Bacterias coliformes	27
Contaminación por bacterias patógenas	28
Bacterias enterotoxigénicas	28
Otras fermentaciones	29
VIRUS	29
BACTERIOFAGOS	30
RICKETTSIAS	30
LEVADURAS	30
HONGOS	31
SECCION 2.3 EFECTOS DEL TRATAMIENTO TERMICO EN PROPIEDADES DE LA LECHE	31
PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	34
Acidez y pH	34
Crema	34
Punto de congelación	35
Tiempo de reacción de Rennin	35
Firmeza de coágulo	37
Formación de nata	37
Tensión superficial	37
Viscosidad	38
PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS	38
Color	38
Olor y sabor	38
CONSTITUYENTES DE LA LECHE	39
Grasa	39
Lactosa	40

2.1
Propiedades del producto

	<u>Pag.</u>
Caseína	40
Lactalbúmina y lactoglobulina	42
Minerales y vitaminas	42
Enzimas	42
SECCION 2.4 TRATAMIENTOS DE LA LECHE	45
FILTRACION	45
CLARIFICACION	45
CLARIFIJACION	45
BACTOFUGACION	49
ESTANDARIZACION	50
ENFRIAMIENTO	51
PASTERIZACION /	53
ULTRAPASTERIZACION	55
HOMOGENEIZACION /	56
DEODORIZACION	57
SECCION 2.5 REGLAMENTO SANITARIO	58
CAPITULO III.- LA PASTERIZACION POR PLACAS ~	64
DESCRIPCION DEL PROCESO	65
DESCRIPCION DEL EQUIPO	68
Tanque de balanceo	68
Bomba centrífuga	68
Controlador de flujo	68
Cambiador de calor a placas	72
Sistema de vapor al vacío	73
Tablero de control	77
Homogeneizador	77
Deodorizador	80
OPERACION Y LIMPIEZA	82
INVERSION EN EQUIPO	84
Equipo de pasterización	84
Calderas	85
Refrigeración	86

	<u>Pag.</u>
COSTOS DE OPERACION	88
Pasterizador	88
Calderas	89
Refrigeración	90
Personal y detergentes	90
CAPITULO IV.- ACTINIZACION	92
DESCRIPCION DEL PROCESO	94
DESCRIPCION DEL EQUIPO	96
Tanque de balanceo	96
Bomba centrífuga	96
Sección de recuperación, enfriamiento y refrigeración	98
Sección de irradiación infrarroja	98
Sección de irradiación ultravioleta	101
Tanque de limpieza	101
Tablero de control	102
OPERACION Y MANTENIMIENTO	102
Arranque	102
Parado	102
Limpieza	103
Observaciones	103
Seguridad	103
INVERSION EN EQUIPO	104
Equipo de actinización	104
Refrigeración	105
COSTOS DE OPERACION	106
Actinizador	106
Refrigeración	107
Personal y detergentes	107
CAPITULO V.- EVALUACION DE LOS PROCESOS Y MODELO DE OPTIMIZACION	109
COMPARACION DE LOS PROCESOS	109
EVALUACION ECONOMICA	114
CAPITULO VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFIA	122

CAPITULO I

INTRODUCCION

La leche tiene una gran importancia en la alimentación humana, por ésto las Industrias Lácteas y de sus derivados se han desarrollado ampliamente.

A pesar de los avances en materia de alimentos, la leche ha demostrado ser insustituible. En la alimentación infantil, la leche constituye la fuente fundamental de todos sus requerimientos nutritivos.

El calcio y fósforo, por ejemplo, son importantes factores necesarios para el crecimiento de los niños y son suministrados en gran porcentaje por la leche al punto de condicionarse el crecimiento infantil a la cantidad de leche que consuman (ver tabla 2.2).

En la alimentación adulta la leche cubre en gran porcentaje los requerimientos nutritivos como se puede observar en la tabla 1.1.

TABLA 1.1 - NUTRICION DE UN ADULTO DE 70 kg. DE PESO EN TRABAJOS DE ESFUERZO MODERADO, Y ELEMENTOS NUTRITIVOS QUE SUPLE 1 LITRO DE LECHE: (1)

Factor de Nutrición	Promedio necesario diariamente	Elementos nutritivos en 1 litro de leche	Por ciento del alimento diario necesario que suple 1 litro de leche
Energía (calorías)	3,000	705	23
Proteína (gramos)	70	33	47
Calcio (gramos)	0.8	1.22	150
Fósforo (gramos)	1.32	0.95	72
Hierro (miligramos)	15	0.2 - 0.5	2
Vitamina A (U.I.)	3,000 - 6,000	950 - 1,900	32
Ac. Ascórbico (miligr.)	70	28	40
Tiamina (miligramos)	2	0.3	15
Niacina (miligramos)	15 - 20	2 - 8	28
Riboflavina (miligr.)	2 - 3	2 - 2.5	100

(1) R.E.Hodgson, O.E. Reed. La Industria Lechera en América. Ed.Pax-México.

Las características de alimentación en México según el Censo General de Población de 1970, señalan una deficiencia en la alimentación básica media, como se puede observar en la tabla 1.2

TABLA 1.2 - POR CIENTO DE POBLACION SEGUN EL CONSUMO DE ALIMENTOS BASICOS EN 1970 (2)

ALIMENTO	DIAS - SEMANA							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Carne	20.6	16.92	18.4	15.25	6.25	2.94	2.77	16.84
Huevos	2.43	8.2	13.	10.51	5.02	2.76	2.88	34.45
Leche	38.04	3.49	3.72	3.16	1.53	0.95	1.88	47.21
Pescado	70.14	16.32	6.94	23.47	0.82	0.7	0.31	2.4
Pan de Trigo	23.41	5.91	5.56	4.4	2.29	14.7	2.62	54.32

(2) Censo General de Población 1970, Cuadro 60.

Respecto a la leche se puede observar que el 38% de la población nunca la toma en tanto que el 47% la consume diariamente. Esta deficiencia alimenticia puede atribuirse a las causas económicas y sociales que marginan a una parte de la población, aunadas a la falta de orientación y educación para la selección de una dieta balanceada, pues es fácil suponer que - la misma gente que no consume leche es la que no consume el resto de los alimentos básicos.

Para mejorar la alimentación en México es necesario, entre otros, -
aumentar la producción de leche, la cual deberá encontrarse dentro de las -
normas sanitarias fijadas por los reglamentos vigentes.

El objeto de esta tesis es el conocimiento del equipo necesario en
el procesamiento de leche, del proceso de la pasteurización y criterios para
la selección dentro de este proceso, del equipo más indicado según los re-
querimientos técnicos y económicos.

CAPITULO II

LA LECHE Y SU PROCESAMIENTO

SECCION 2.1 COMPOSICION DE LA LECHE Y PROPIEDADES GENERALES

HISTORIA

Debido a que la leche ha sido usada como alimento desde la prehistoria, no es posible precisar cuando fue que el hombre se dio cuenta por vez primera del hecho que la leche contiene más de una substancia. En los primeros libros del Viejo Testamento se menciona incidentalmente a la leche, queso y mantequilla implicándole su uso previo. El uso de la mantequilla como alimento y con propósitos de sacrificios se menciona en los Vedas Hindúes, escritos entre 1400 y 2000 A.C. Estos hechos demuestran que el hombre en la Prehistoria sabía que la leche contiene grasa y proteínas.

Bartolomeo de Mantúa, mencionó en 1619 como únicos constituyentes de la leche al queso, nata y suero, pero en 1633 menciona un azúcar de leche cruda que obtuvo por evaporación del suero.

Scheele probó en 1780 que la lactosa es un azúcar y listó los componentes de la leche como: nata, caseína, lactosa, una pequeña cantidad de materia de extracción, un poco de sal y agua.

Bouchard determinó en 1857 la presencia de lactalbúmina, aunque investigadores anteriores separaron varias fracciones de proteínas. Sebelin identificó la lactoglobulina en 1885 y su presencia en leche entera y calostro. Bunge halló el primero de los constituyentes menores de la leche, el hierro, en 1889.

Se fijó la atención en las enzimas de la leche después que Arnold demostró la presencia de peroxidasa en la leche en 1881, y Babcock y Russell reportaron la actividad de proteasa en la leche en 1897.

Desde 1900 el estudio de la composición de la leche ha avanzado rápidamente. Las proteínas de la leche, caseína, lactalbúmina y lactoglobulina, han demostrado ser mezclas de proteínas y no entidades homogéneas. Los componentes de la grasa han sido identificados y estudiados, y la gran cantidad de elementos minerales, vitaminas y otros constituyentes menores de la leche continúan aumentando.

COMPOSICION BRUTA DE LA LECHE

La leche es el alimento líquido secretado por las glándulas mamarias para nutrir al recién nacido, contiene agua, grasa, proteínas, lactosa y minerales (cenizas). La composición bruta promedio de leche de vaca es: - agua 87%; grasa 3.9%; lactosa 4.9%; proteínas 3.5% y cenizas 0.7%.

AGUA - La leche es un alimento líquido, lo cual no se debe a su alto porcentaje de agua 87%, sino a que así lo determinó la naturaleza. La leche es un alimento concentrado diseñado para producir un crecimiento rápido en mamíferos jóvenes y contiene más materia sólida que muchos de nuestros alimentos comunes. El agua es el medio en donde los otros componentes de la leche (sólidos totales) están disueltos (azúcares y sales), emulsionados (grasas o líquidos) o en estado coloidal (prótidos). Una pequeña cantidad del agua está hidratando a la lactosa y sales y alguna está ligada a las proteínas.

GRASA - La grasa de la leche es su constituyente más variable y su valor promedio 3.9% es de poco significado cuando se aplica a una ordeña, un animal o a una fuente de suministro. La mezcla de triglicéridos asociados que constituyen hasta el 98 a 99% de la grasa es peculiar a la leche, de sabor ligeramente dulce, imparte suavidad y sabor a los productos lácteos que la contienen. El restante 1 a 2% de la grasa está compuesta de fosfolípidos, esteroides, carotenoides, vitaminas A, D, E y K solubles en grasa, y trazas de ácidos grasos libres.

LACTOSA - Este disacárido es el azúcar característico de la leche y puede ser considerado como el único carbohidrato en ella, aunque existen trazas -

de otros. La lactosa es el sólido predominante en la leche, excepto en el caso de algunas vacas de alta producción que llegan a producir más grasa — que lactosa; y aún en estos casos la cantidad no varía mucho del valor promedio de 4.9%.

PROTEINAS - La nomenclatura clásica de proteínas lácteas las identifica como caseína, lactalbúmina, y lactoglobulina. La principal proteína de la leche, la caseína, es el 80% de la cantidad total, mientras que la lactalbúmina y lactoglobulina, también conocidas como proteínas del suero son el otro 20%. Esta nomenclatura clásica se encuentra en revisión drástica pues estas tres fracciones han demostrado ser heterogeneas y consisten de muchas proteínas. La caseína es una mezcla de cuando menos tres proteínas: alfa-caseína, (66% de la caseína total), beta-caseína (29%) y gama-caseína (5%). Aun esta subdivisión es inadecuada pues se sabe que la alfa-caseína es heterogénea y consiste de numerosas fracciones proteínicas.

La lactalbúmina se ha fraccionado en tres proteínas distintas: - - alfa-lactalbúmina, (22% del total de lactalbúmina), beta-lactoglobulina - - (59%) y albúmina, idéntica a la de la sangre (6%). La otra proteína del suero está compuesta de dos globulinas inmunes, euglobulina y pseudoglobulina, - que en conjunto alcanzan el 13% remanente del total de proteínas de suero.

La fracción proteínica de la leche también incluye a las enzimas - lácteas, proteínas menores no identificadas y algún material proteoso-peptónico.

CENIZAS - El contenido de cenizas de la leche es un valor analítico que indica la cantidad de materia no combustible en la leche. En leche normal el valor permanece prácticamente constante en 0.7%; un valor mucho mayor que - éste indica condiciones anormales en la glándula de secreción. El contenido de cenizas da una idea del contenido total de minerales, pero de ninguna manera indica la distribución original de los mismos en la leche.

La leche fresca es ligeramente ácida, con un pH de 6.5 a 6.6. La acidez normal es de 0.15 a 0.18% expresado como ácido láctico.

DIFERENCIAS MAYORES EN LA COMPOSICION BRUTA

Las leches difieren ampliamente en composición, encontrándose las mayores diferencias en leches de distintas especies de mamíferos. Estas di-

ferencias dependen de tal cantidad de factores que es difícil determinar —
certainamente la relación entre un factor específico y la composición. Las —
diferencias en composición de las leches pueden compararse en dos formas: —
comparando los porcentajes de componentes individuales en toda la leche, o —
comparando los porcentajes de componentes individuales en los sólidos tota —
les de la leche. Debe indicarse que ninguna de las comparaciones indica la —
cantidad de un componente producido por el animal en un tiempo dado. Debido —
a la gran variación en la composición de muestras individuales de leche, —
los datos de las tablas siguientes son promedio de análisis de gran canti —
dad de muestras producidas bajo condiciones variables. Estos valores son, —
por tanto, de naturaleza estadística.

Una afirmación general puede hacerse independientemente de la com —
posición de leches individuales. La presión osmótica de la leche es igual —
a la de la sangre del mamífero que la secreta, por ello, el por ciento de —
lactosa y cenizas encontrados en leche varía entre límites muy estrechos y —
es prácticamente constante en leches de la misma especie. Cualquier incre —
mento o decremento en el contenido de lactosa es compensado por la disminu —
ción o el aumento de otros constituyentes solubles. Esta relación osmótica —
ayuda a explicar porque la leche humana, con un alto porcentaje de lactosa, —
tiene un muy bajo contenido de cenizas, mientras que la leche de reno, con —
una pequeña cantidad de lactosa, tiene un muy alto contenido de cenizas.

COMPOSICION BRUTA DE LECHES DE DIFERENTES ESPECIES DE MAMIFEROS.

Todas las leches contienen los mismos constituyentes brutos, pero —
en diferentes cantidades. La tabla 2.1 da la composición bruta por ciento —
de leches utilizadas para el consumo humano.

TABLA 2.1 COMPOSICION PROMEDIO (PORCIENTO) DE LECHE DE VARIOS MAMIFEROS (3)

Especie	EN LECHE							EN SOLIDOS TOTALES				
	Agua	Grasa	Proteí- nas	Lacto- sa	Cenizas	Sólidos no grasos	Sólidos Totales	Grasa	Proteí- nas	Lacto- sa	Cenizas	Sólidos no grasos
Mujer	87,43	3,75	1,63	6,98	0,21	8,82	12,57	29,83	12,97	55,53	1,67	70,17
Vaca (1)	87,2	3,7	3,5	4,9	0,7	9,1	12,8	28,9	27,34	38,28	5,47	71,1
Vaca (2)	86,61	4,14	3,58	4,96	0,71	9,25	13,39	30,91	26,76	37,04	5,30	69,09
Cabra	87,00	4,25	3,52	4,27	0,86	8,75	13,00	32,69	27,08	32,85	6,62	67,31
Oveja	80,71	7,90	5,23	4,81	0,90	11,39	19,29	40,96	27,11	24,94	4,67	59,05
Búfalo Egipcio	82,09	7,96	4,16	4,86	0,78	9,95	17,91	44,44	23,23	27,14	4,36	55,56
Búfalo Chino	76,8	12,60	6,04	3,70	0,86	10,60	23,20	54,31	26,03	15,94	3,71	45,69
Carebao Fili- pino	78,46	10,35	5,88	4,32	0,84	11,19	21,54	48,05	27,30	20,06	3,90	51,95
Búfalo Indio	82,76	7,38	3,60	5,48	0,78	9,86	17,24	42,81	20,88	31,78	4,52	57,19
Camello	87,61	5,38	2,98	3,26	0,70	7,01	12,39	43,42	24,05	26,31	5,65	56,58
Yegua	89,04	1,59	2,69	6,14	0,51	9,37	10,96	14,51	24,54	56,02	4,65	85,49
Burra	89,03	2,53	2,01	6,07	0,41	8,44	10,97	23,06	18,32	55,33	3,74	76,94
Reno	63,30	22,46	10,30	2,50	1,44	14,24	36,70	61,20	28,06	6,81	3,92	38,80
Llana	86,55	3,15	3,90	5,60	0,80	10,30	13,45	23,42	29,00	41,63	5,95	76,58

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson, Fundamentals of Dairy Chemistry, The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

Los valores para leche humana son el promedio de 1150 muestras cubriendo todo el período de lactancia. La leche humana varía entre los rangos de por ciento siguientes: grasa, 1.14 a 4.44; sólidos no grasos, 8.16 a 10.50; proteínas, 2.18 a 4.43; lactosa 5.65 a 7.16; y cenizas, 0.20 a 0.40.

Los datos para vaca (1) representan el promedio de composición en los E.U.A. durante un año, y vaca (2) son valores de 2426 muestras de vacas de distintas razas.

Los otros mamíferos listados son domesticados y proveen leche para el consumo humano en alguna parte del globo terraqueo.

La razón de crecimiento del mamífero está en relación directa a la composición de la leche, como se observa en la tabla 2.2

TABLA 2.2 - COMPOSICION DE LA LECHE DE MAMIFEROS RELACIONADA CON LA RELACION DE CRECIMIENTO DEL JOVEN (3)

Especie	Días requeridos para doblar el peso de nacido	Por ciento del constituyente de la leche			
		Proteínas	Cenizas	Carbonato de Sodio	Acido Fosfórico
Hombre	180	1.60	0.20	0.033	0.047
Caballo	60	2.00	0.40	0.124	0.131
Vaca	47	3.50	0.70	0.160	0.197
Cabra	22	3.67	0.77	0.197	0.284
Oveja	15	4.88	0.84	0.245	2.293
Cerdo	14	5.21	0.81	0.249	0.308
Gato	9.5	7.00	1.02		
Perro	9	7.44	1.33	0.454	0.508
Conejo	6	10.38	2.50	0.891	0.997

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson. Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

Los valores hablan por sí solos; a mayor razón de crecimiento corresponde una mayor concentración de los constituyentes requeridos para este crecimiento.

LECHE DE VACA

DIFERENCIAS EN COMPOSICION DEBIDAS A LA RAZA.- La composición de la leche de vaca depende de factores fisiológicos, hereditarios y del medio ambiente.

Los datos ahora presentados se limitarán a leche de vaca, debido a su mayor consumo por el hombre.

Un análisis típico de leches de las seis principales razas de vacas se dan en la tabla 2.3.

Estos valores son promedios de leches de rebaños, y no son válidos para clases individuales, rebaños individuales o animales individuales. Por ejemplo: el rango de porcentaje de grasa de una raza es hasta de 2%.

El porcentaje de lactosa en la leche permanece relativamente constante para todas las razas a pesar de cambios en el porcentaje de otros sólidos. Los porcentos de proteínas en los sólidos totales no muestran una relación definida a los porcentos de otros componentes, pero permanece dentro de límites estrechos.

Se ha concluido que la composición media de la leche ha mostrado incremento tanto en grasa como en sólidos no grasos por los últimos 50 años (1900-1957).

También hay indicaciones de un aumento en proteínas durante el mismo periodo.

TABLA 2.3 COMPOSICION TIPICA (PORCIENTO) DE LECHE DE VACAS DE SEIS RAZAS (3 y 4).

Raza	EN LECHE					EN SOLIDOS TOTALES						
	Agua	Grasa	Proteí nas	Lactosa	Cenizas	Sólidos no grasos	Sólidos Totales	Grasa	Proteí nas	Lactosa	Cenizas	Sólidos no grasos
Guernsey	85,35	5,05	3,90	4,96	0,74	9,60	14,65	34,47	26,62	33,86	5,05	65,53
Jersey	85,47	5,05	3,78	5,00	0,70	9,48	14,53	34,75	26,02	34,41	4,82	65,25
Ayrshire	86,97	4,03	3,51	4,81	0,68	9,00	13,03	30,93	26,94	36,91	5,22	69,07
Suiza	86,87	3,85	3,48	5,08	0,72	9,28	13,13	29,32	26,50	38,69	5,48	70,68
Shorthorn	87,43	3,63	3,32	4,89	0,73	8,94	12,57	28,88	26,41	38,82	5,81	71,12
Holstein	87,72	3,41	3,32	4,87	0,68	8,87	12,28	27,77	27,03	39,66	5,54	72,23

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson, Fundamentals of Dairy Chemistry, The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

(4) Ramos Córdoba Mario, Leche, su Producción Higiénica y Control Sanitario, 2a. edición por el autor, 1969.

DIFERENCIA DE COMPOSICION ENTRE UNA ORDEÑA Y OTRA.- La composición de la leche no se afecta marcadamente entre ordeñas excepto por el porcentaje de grasa. Si los intervalos entre ordeñas son desiguales, el mayor porcentaje de grasa se encuentra en la leche obtenida después del intervalo menor. La cantidad de leche obtenida en el intervalo varía inversamente con el porcentaje de grasa. Se ha encontrado que la relación de secreción de leche, grasa y sólidos no grasos es lineal para intervalos de hasta 12 horas inclusive, y hay reducciones significativas en las relaciones de secreción para intervalos de 16 y 20 horas.

CAMBIOS EN LA COMPOSICION DE LA LECHE DURANTE LA ORDEÑA.- El porcentaje de grasa aumenta marcadamente durante la ordeña. No existen diferencias apreciables en los otros componentes. La tabla 2.4 muestra variaciones típicas de la grasa durante la ordeña.

TABLA 2.4 - CAMBIOS EN EL PORCIENTO DE GRASA DURANTE LA ORDEÑA (3)

	Vaca No. 1	Vaca No. 2	Vaca No. 3
Primera porción	0.57	2.09	1.73
Segunda porción	1.82	2.66	2.65
Tercera Porción	4.15	3.66	3.82
Cuarta porción, agotamiento	5.56	6.42	4.80

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson. The Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publ. Co., Inc. 1965

VARIACION DE LECHE DE DIFERENTES CUARTOS DE LA UBRE.- Las cuatro secciones de la ubre son unidades fisiológicas y anatómicas separadas. Se han demostrado variaciones en la composición bruta, y en los porcentajes de calcio y cenizas en muestras de diferentes cuartos. La diferencia resulta mayor si se ordeña cada cuarto en distinto orden, conteniendo mayor porcentaje de grasa los cuartos ordeñados primero.

CAMBIOS EN LA COMPOSICION DURANTE EL PERIODO DE LACTANCIA.- La secreción de las glándulas mamarias en los primeros días de lactancia es el calostro de-

diferente composición de la secreción posterior (leche normal). El calostro es de olor fuerte, sabor amargo, color ligeramente rojizo-amarillento, y — contiene un alto porcentaje de globulinas inmunes. Es más rica en casi todos los constituyentes excepto lactosa, potasio, ácido pantoténico y agua.

Después de cinco días del parto la secreción de la ubre se considera leche normal. El contenido de grasa es alto después del parto, decrece — al mínimo durante el primero o segundo mes de lactancia y aumenta gradualmente durante el resto del periodo de lactancia.

INFLUENCIA DE LA ESTACION EN LA COMPOSICION DE LECHE.— En la tabla 2.5 se — muestran diferencias debidas a la estación en la composición de la leche. — Los valores dados son promedios de análisis de leche de seis razas de vacas: Ayrshire, Jersey, Guernsey, Suiza, Holstein y cruza Guernsey-Holstein.

El cambio mas pronunciado es una acentuada disminución en el porcentaje de sólidos totales en la leche de Mayo a Junio. Esta disminución se divide entre grasa, proteínas, y cenizas y frecuentemente se atribuye a cambios en alimentación o temperatura; sin ser ninguno un factor primario. Vacas sometidas a variaciones mínimas de temperatura y nulas de ración aun — presentan este cambio.

TABLA 2,5 INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES EN LA COMPOSICION DE LECHE (PORCIENTO) (3)

Mes	No. vacas	No. Muestras	EN LECHE						EN SOLIDOS TOTALES					
			Grasa	Proteínas	Lactosa	Cenizas	Sólidos no grasos	Sólidos totales	Grasa	Proteínas	Lactosa	Cenizas	Sólidos no grasos	
Ene.	130	227	4,31	3,67	4,87	0,72	9,26	13,57	31,80	27,04	35,87	5,33	68,24	
Feb.	127	199	4,22	3,62	4,89	0,72	9,23	13,45	31,39	26,90	36,37	5,35	68,62	
Mzo.	134	228	4,16	3,56	4,98	0,71	9,25	13,41	31,02	26,56	37,12	5,70	68,91	
Abr.	128	210	4,10	3,54	5,01	0,71	9,27	13,37	30,69	26,49	37,43	5,33	69,28	
Myo.	132	208	4,10	3,53	5,04	0,71	9,27	13,37	30,69	26,41	37,71	5,32	69,28	
Jun.	124	201	3,96	3,45	5,02	0,70	9,17	13,13	30,16	26,26	38,22	5,32	69,80	
Jul.	123	195	3,95	3,46	5,02	0,70	9,16	13,12	30,12	26,39	38,23	5,30	69,62	
Ago.	116	173	3,95	3,54	5,00	0,69	9,24	13,18	29,95	26,86	37,92	5,25	70,03	
Sep.	109	176	4,10	3,62	4,96	0,70	9,28	13,38	30,64	27,02	37,06	5,22	69,30	
Oct.	112	182	4,24	3,66	4,92	0,71	9,29	13,53	31,33	27,07	36,35	5,25	68,67	
Nov.	119	207	4,27	3,69	4,88	0,72	9,28	13,55	31,48	27,21	36,02	5,28	68,51	
Dic.	128	220	4,30	3,65	4,92	0,72	9,29	13,59	31,64	26,87	36,22	5,20	68,39	
Promedio			4,14	3,58	4,96	0,71	9,25	13,39	30,91	26,76	37,04	5,30	69,09	
Rango de valores del promedio			+0,17	+0,11	+0,08	+0,01	+0,04	+0,20	+0,89	+0,45	+1,19	+0,05	+0,94	
Rango de valores como			-0,19	-0,13	-0,09	-0,02	-0,09	-0,27	-0,96	-0,50	-1,17	-0,10	-0,85	
Porcentaje del promedio			+4,11	+3,07	+1,61	+1,41	+0,43	+1,49	+2,88	+1,68	+3,21	+0,94	+1,36	
			-4,59	-3,63	-1,82	-2,82	-0,97	-2,02	-3,11	-1,87	-3,16	-1,89	-1,23	

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson, Fundamentals of Dairy Chemistry, The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

EFFECTOS DE ALIMENTACION Y NIVEL NUTRICIONAL EN LA COMPOSICION DE LECHE.- El cambio en la alimentación de vacas de una ración de producción completa a la mitad, una reducción en la cantidad de leche causó un decremento de 0.3- a 0.5 en el porcentaje de sólidos no grasos, y no mostró efecto en el porcentaje de grasa. Vacas maduras bien alimentadas antes de parir dieron un promedio de 0.28% más de grasa y 0.11% más de sólidos no grasos durante los tres primeros meses de lactancia que vacas mal alimentadas antes de parir.

Una disminución en la alimentación de vacas después de parir causó un incremento en el porcentaje de grasa y un decremento en los sólidos no grasos, notándose esto en las proteínas. Baja alimentación antes y después de parir tuvo un efecto severo en los sólidos no grasos; la cantidad disminuyó de 0.5 a 0.6% en algunos casos.

La sobrealimentación incrementa ligeramente los sólidos no grasos. Con pastura fresca aumentan los sólidos no grasos, debido a un aumento de proteínas. El contenido de lactosa no se ve afectado.

OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICION DE LA LECHE.- Se ha demostrado que temperaturas del medio ambiente en el rango de 1 a 23°C no influye materialmente en la composición y producción en ganado de buena calidad.

Temperaturas por debajo del rango, si causaron cambios substanciales.

Hay cambios pronunciados en la composición de leche asociados con ubres inflamadas (mastitis). Si existen enfermedades de la boca o patas, so breviene una disminución en el volumen de leche secretado, con aumentos en la grasa, proteínas y cenizas, y disminución de lactosa.

La grasa disminuye ligeramente con la edad de la vaca, con un decremento irregular en los sólidos no grasos.

En años secos se muestra una disminución en la producción de leche, con aumento en la cantidad de grasa y disminución de sólidos no grasos. En años húmedos hay una tendencia a la disminución de la grasa y sólidos no grasos, aumentando el volumen de leche si hay una buena alimentación.

CONSTITUYENTES MENORES DE LA LECHE

SALES Y CENIZAS

Las sales de la leche y las cenizas de la leche no son idénticas.- Las cenizas denotan el residuo blanco después de incinerar la leche. Debido a que los elementos metálicos están en exceso a los no metálicos, las cenizas son de carácter alcalino. Debido a las reacciones químicas ocurridas durante la incineración, la composición de las cenizas no representa el estado real de las sales en la leche. La leche normal contiene un promedio de 0.7% de cenizas que corresponden a un contenido de sales de alrededor del 90%.

Los constituyentes de las cenizas se dan en la tabla 2.6 y la tabla 2.7 da el valor medio de cada constituyente de sal en base a leche entera.

Las sales de la leche son cloruros, fosfatos y citratos de potasio, sodio, calcio y magnesio.

Aunque las sales son menos del 1% de la leche, influyen su estabilidad térmica, estabilidad contra coagulación alcohólica, el adelgazamiento por el tiempo de leche condensada endulzada, la formación de agujitas de crema en el café, y el reagrupamiento de glóbulos grasos en la homogeneización.

X TABLA 2.6 - COMPOSICION PORCIENTO DE LAS CENIZAS DE LECHE (3)

INVESTIGADOR	K_2O	CaO	Na_2O	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	Cl	SO_3
Babcock	25.02	20.01	10.01	2.42	0.13	24.29	14.28	3.84
Scheparg	30.33	20.90	8.41	2.25	0.05	24.80	14.55	2.55
Orla-Jansen	23.63	27.32	5.82	2.42		26.89	13.59	2.96
Richmond	28.71	20.27	6.67	2.80	0.40	29.33	14.00	Trazos
Schrodt y Hansen	25.42	21.45	10.94	2.54	0.11	24.11	14.60	4.11
Fleischman	25.71	24.68	11.92	3.12	0.31	21.57	16.38	
Storch	25.31	21.93	9.44	2.87		28.69	13.73	

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson. Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

✓ TABLA 2.7 VALORES MEDIOS PARA CONSTITUYENTES DE SALES EN LECHE (3)

CONSTITUYENTE	Contenido en leche completa mg/100 ml	Número de muestras
Calcio	123	824
Magnesio	12	759
Fósforo	95	829
Sodio	58	491
Potasio	141	472
Cloro	119	1579
Azufre	30	80
Acido Cítrico	160	307

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson. Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

✓ Potasio, sodio y cloro se encuentran en solución, supuestamente en ionización completa.

Fosfatos, calcio, magnesio y ácido cítrico están parcialmente en solución y parcialmente en combinaciones suspendidas.

La cantidad de constituyentes de sales y cenizas varían con los factores usuales: individualidad del animal, raza, alimento consumido, estación, estado de lactancia, y enfermedad.

TRAZAS DE ELEMENTOS.- En adición a los elementos encontrados en la leche en mayores proporciones (K, Ca, Na, Mg, P, Cl, y S) hay una gran cantidad de elementos que se miden en ppm o mg por litro, y son trazas.

A pesar de su presencia en cantidades mínimas, muchos de los elementos poseen importantes cualidades fisiológicas y nutricionales. Estas trazas de elementos provienen del grano de donde crecieron las pasturas.

En áreas agrícolas sin cobalto, cobre o yodo, debe proveerse un suplemento para evitar enfermedades.

Hay áreas seleníferas cuyas pasturas resultan tóxicas por su alta cantidad de selenio. Estos elementos pueden también provenir de insecticidas, vidrio, envases metálicos y equipos lecheros.

✓ TABLA 2.8 - TRAZAS DE ELEMENTOS EN LECHE DE VACA
(mg. POR LITRO) (3)

ELEMENTO	Vaca recibiendo ración normal.	Vaca recibiendo suplemento del elemento en su ración.
Aluminio	460	810
Arsénico	50	450
Bario	cualitativo	
Boro	270	660
Bromo	200	
Cromo	15	
Cobalto	0.6	2.4
Cobre	130	no aumentó
Flúor	150	
Yodo	43	hasta 2700
Hierro	450	no aumentó
Plomo	40	
Litio	cualitativo	
Manganeso	22	64
Molibdeno	73	371
Níquel	0	0
Rubidio	cualitativo	
Selenio (área no selenífera)	40	
Selenio (área selenífera)	hasta 1270	
Silicio	1430	no aumentó
Plata	cualitativo	
Estroncio	cualitativo	
Estaño	cualitativo	
Titanio	cualitativo	
Vanadio	cualitativo	
Zinc	3900	5100

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson. Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publ. Co., Inc. 1965.

✓ El calostro de todas las especies invariablemente contiene mayor - proporción de trazas de elementos, que la leche normal.

El cobalto es importante como centro de la molécula de vitamina B12.

El cobre tiene un efecto catalítico en el desarrollo del sabor oxi dado en la leche y productos lácteos.

Es también importante en la formación de la hemoglobina. Su deficiencia produce anemia.

El yodo es constituyente de la tiroxina, hormona de la tiroides. - Su deficiencia causa bocio.

El hierro es constituyente de la hemoglobina y algunas enzimas res

piratorias.

El manganeso es parte integral de la anginaza, enzima del hígado.

El molibdeno está en la enzima xantina oxidasa.

El zinc está presente en la enzima carbónica anhidrasa.

También existen trazas de elementos radioactivos en la leche, y gases disueltos (O_2 , N_2 , CO_2).

✓ ENZIMAS

La leche contiene un número de enzimas, que son catalizadores biológicos elaborados por células vivas; las enzimas lácteas son elaboradas — por células del tejido mamario. Aun no se ha determinado si las enzimas lácteas sirven a algún propósito o si son materia extraña introducida a la leche durante su secreción. Las enzimas producidas por bacterias en la leche no pueden considerarse como constituyentes normales. Las enzimas son proteínas que se desnaturalizan e inactivan por altas temperaturas, poseen un pH de actividad óptima, y son específicas para ciertos sustratos.

LIPASA.— La lipasa es una enzima que cataliza la hidrólisis de grasas a glicerol y ácidos grasos. Se encontró que causa acidez en mantequilla enlatada. A pesar que sabores amargos y rancios se observaron antes en productos hechos de leche homogeneizada, se demostró posteriormente que la leche cruda se enrancia como resultado de la homogeneización y que la lipasa, causante del desarrollo de malos sabores, se inactiva manteniendo la leche a $55^{\circ}C$ — por 30 min.

ESTERASA.— La esterasa es una enzima que cataliza la hidrólisis de ésteres. La lipasa es una esterasa, pero no son sinónimos. La leche muestra considerable actividad esterásica en adición a la lipásica. Existen tres esterases en la leche: A-esterasa (arilesterasa), B-esterasa (esterasa alifática, lipasa), C-esterasa (colinesterasa).

FOSFATASA ALCALINA.— Conocida también como fosfomono-esterasa, cataliza la hidrólisis de fosfatos orgánicos, dando un alcohol o fenol y ácido fosfórico. Se destruye durante la pasteurización; y su ausencia indica la eficiencia de pasteurización.

XANTIN - OXIDASA.- La leche es la mejor fuente de esta enzima. Cataliza la adición del oxígeno a una substancia o la remoción de hidrógeno. Se le conoce también como aldehidoxidasa y aldehidrasa. No se destruye por calentamiento a 65° por media hora, y se activa hasta la temperatura de coagulación de la albúmina, 72° - 80°C.

LACTOPEROXIDASA.- Es una enzima que cataliza la transferencia de oxígeno de peróxidos, especialmente del peróxido de hidrógeno, a otras substancias.

PROTEASA.- Catalizador de la hidrólisis de enlaces peptídicos de las proteínas para dar fragmentos menores de proteínas, peptonas, proteosas, péptidos, aminoácidos, y amoniaco. Se inactiva por calor a 75° - 80°C.

AMILASA.- Cataliza la hidrólisis de almidón a dextrina o maltosa. La alfa-amilasa se inactiva a 55°C por 30 min., la beta-amilasa resiste los 65°C por 30 min. sin desactivarse.

CATALASA.- Cataliza la descomposición de peróxido de hidrógeno a agua y oxígeno inactivo. Su actividad máxima es a 0°C y pH 6.8 - 7.0. Se destruye completamente por calentamiento de la leche por media hora a 65° - 70°C, y pierde actividad a menores temperaturas; este hecho es la base para la prueba de si la leche a sido calentada o no. En la coagulación de la leche la catalasa se precipita con la caseína.

ALDOLASA.- Esta enzima descompone al 1.6 - difosfato en fosfato de dihidroxiacetona y aldehído fosfoglicérico. Se inactiva completamente a 45°C por 20 min.

ANHIDRASA CARBONICA.- Cataliza la hidratación de (CO₂) y la reacción inversa, deshidratación del ácido carbónico. Su propósito o valor en la leche se desconoce. Otras enzimas lácteas son: la salolasa, rodonasa y lactosa.

SUBSTANCIAS NITROGENADAS NO-PROTEINICAS

El nitrógeno no-proteínico total en la leche se ha reportado como 25 a 30 mg. por 100 ml de leche. Constituye el 5-6 % de todo el nitrógeno en la leche.

Estos constituyentes son los productos finales del metabolismo del cuerpo animal y son introducidos en la leche por la sangre. La tabla 2.9 — muestra estos constituyentes nitrogenados no-proteínicos.

X TABLA 2.9 COMPONENTES NITROGENADOS NO-PROTEINICOS EN LECHE
(mg por 100 ml de leche) (3)

COMPONENTE	Promedio de muestras de leche	
	14 individuos	14 mezclas
N-Total no proteínico	28.1	23.8
N-Amónico	0.59	0.67
N-Urea	13.1	8.38
Creatinina	0.87	0.49
Creatina	3.72	3.93
Acido Urico	2.32	2.28
Alfa-Amino-N	4.82	3.74
N no contabilizado	7.41	8.81

(3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson, Fundamentals of Dairy Chemistry.
The AVI Publ. Co., Inc. 1965

✓ OTROS CONSTITUYENTES DE LA LECHE

Estos son: sustancias que le imparten sabor; fosfátidos, que son sustancias tipo grasas; esteroides, como el colesterol, lanosterol y vitamina D; — otros carbohidratos aparte de lactosa, como glucosa y galactosa libres; vitaminas, como: vitamina A, carotenoides, vitamina D, E, K, ácido ascórbico, biotina, colina, ácido fólico, inositol, ácido nicotínico, ácido pantoténico, piroxidina, riboflavina, tiamina y vitamina B 12; pigmentos, que son — los carótenos y la riboflavina.

✓ SECCION 2.2 - MICROBIOLOGIA DE LA LECHE

La prevención, hasta donde es posible, de la contaminación de la — leche es importante en su preservación y se mantiene su calidad, usualmente, manteniendo bajo el número de microorganismos presentes, especialmente aque — llos que pueden crecer rápidamente en la leche. Números bajos son indicado — res de precauciones sanitarias y manejo cuidadoso durante la producción, — por lo tanto hay menos patógenos, así como organismos deterioradores de la —

leche. Por lo tanto el contenido de bacterias de la leche se usa para medir su calidad sanitaria.

Los microorganismos de importancia en lactología se pueden clasificar en varios grupos: bacterias, hongos, levaduras, virus, bacteriófagos y rickettsias. Estos microorganismos juegan un papel muy importante tanto en la descomposición de la leche, como en la de productos o derivados lácteos, en epidemias imputables a la leche o derivados o en la manufactura de varios productos lecheros.

Estos microorganismos se agrupan o dividen como sigue:

División Protophyta (Plantas Primitivas).

Clase Schizomycetes (hongos que se reproducen por bipartición y bacterias).

Clase Microtatiobios (rickettsias, virus y bacteriófagos).

Clase Phycomycetes, Ascomycetes y Fungi Imperfecti (agrupan a la mayor parte de hongos y levaduras).

✓ BACTERIAS

A este grupo pertenecen casi todos los microorganismos de mayor significancia sanitaria y económica, y aun siendo muy diferentes entre sí se encuentran sólo bajo la forma de cocos, bacilos y espirilas, agrupados en diversas formas.

Las bacterias son organismos vegetales microscópicos y unicelulares, y se encuentran en todos los medios (agua, aire, suelos, etc.). No todas las bacterias contenidas en la leche y sus derivados son dañinas, pues a pesar de que algunas son las causantes de enfermedades o de impartir sabores y olores indeseables, agriando, pudriendo y descomponiendo el producto, hay otras que son útiles como las empleadas en cultivos en la elaboración de leches acidófilas, "yogurt", ciertos tipos de quesos y mantequillas.

En cuanto a la forma de las bacterias se agrupan en 3 formas características:

- a) Cocos, de forma esférica, pueden encontrarse solos, en pares (diplococos), en pequeñas cadenas (estreptococos) o en racimos (estafilococos).
- b) Bacilos, de forma de bastón, de extremos redondeados o aplanados que pueden encontrarse formando cadenas (estreptobacilos).

c) Espirilas, de forma de espiral.

Los más en la leche son los cocos y los bacilos.

El tamaño de las bacterias oscila entre 0.5 y 1.0 micra.

Las bacterias se reproducen por simple bipartición cuando las condiciones ambientales son propicias.

Los factores que determinan el crecimiento o destrucción de los microorganismos en la leche son:

- a) pH del medio.
- b) Temperatura del medio. (ver fig. 2.1 para la clasificación del microorganismo en función en la temperatura y fig. 2.2 para la acidificación de la leche a distintas temperaturas).
- c) Humedad, factor indispensable en la vida de las bacterias y para que se efectúe su reproducción; y como disolvente de sus alimentos.
- d) Aire, la mayor parte de las bacterias necesitan aire u oxígeno libre para vivir, llamándose bacterias aerobias; aquellas bacterias que viven en ausencia de aire son las anaerobias. Aquellas bacterias que se adaptan a ambos medios se denominan anaerobias facultativas o aerobias facultativas.

✓ TIPOS DE BACTERIAS ENCONTRADAS EN LA LECHE.

BACTERIAS ACIDO LACTICAS.— La fermentación natural de la leche es la fermentación láctica conocida vulgarmente como agriado de la leche (ver fig. 2.2). La causa de esta alteración es la presencia de bacterias ácido-lácticas, — principalmente Streptococcus-Lactis. Estas bacterias durante su metabolismo degradan la lactosa en ácido-láctico que coagula las proteínas en suspensión coloidal, especialmente la caseína que al llegar al pH de 4.6, que es su punto isoeléctrico de precipitación.

Las bacterias ácido-lácticas (Lactobacillaceae) se subdividen en:

- a) Homofermentadoras. Degradan los carbohidratos en ácido láctico principalmente y sólo trazas de otros productos. Ejemplo: Lactobacillus acidophilus.
- b) Heterofermentadoras. Además del ácido láctico producen cantidades apreciables de otros ácidos volátiles, etanol, glicerol y bióxido de carbono. Ejemplo: Lactobacillus pastorianus.

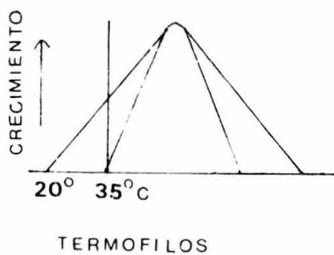
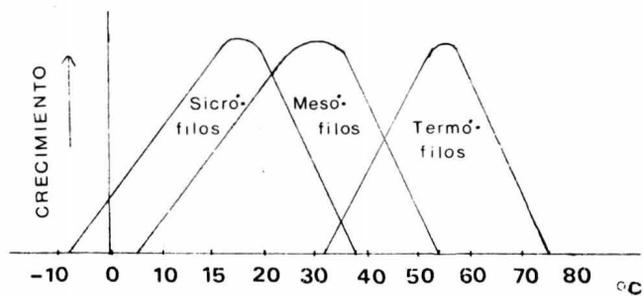


FIGURA 2.1 CLASIFICACION DE LOS MICROORGANISMOS EN BASE A LA TEMPERATURA (12).

- (12) Borgstrom Georg. Principles of Food Science. Vol. I, Food Technology. Michigan State Univ. The Macmillan Co., 1968

Millones por MI.

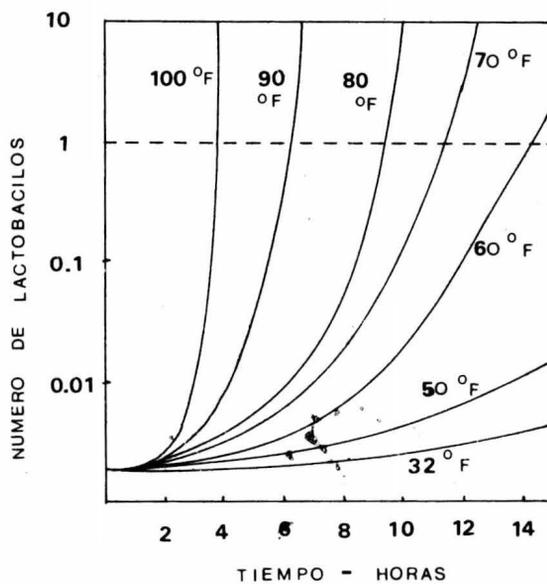


FIGURA 2.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL AGRIADO DE LA LECHE (12).

- (12) Borgstrom Georg. Principles of Food Science. Vol. I, Food Technology, Michigan State Univ. The Macmillan Co., 1968

TESIS PROFESIONAL 1975
David Revah
David Serviansky

BACTERIAS TERMODURICAS Y TERMOFILICAS.- Este tipo de bacterias resisten y se proliferan a altas temperaturas (ver fig. 2.1).

a) TERMODURICAS.- En general se admite que la destrucción de bacterias por calor se debe a la coagulación de las proteínas de su protoplasma, a mayor temperatura este fenómeno se presenta con más rapidez. Estas bacterias son capaces de sobrevivir a temperaturas de 80 - 90°C, provienen principalmente de ubres mamitosas y máquinas ordeñadoras mal lavadas. Se eliminan con soluciones de cloro de 200 ppm. y otro bactericida comercial. Estos gérmenes son lo bastante resistentes como para soportar la pasterización ordinaria. Entre las formas más comunes están los géneros: *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Sarcina*, *Corynebacterium* y *Escherichia*.

b) TERMOFILICAS.- Estas bacterias no sólo toleran las altas temperaturas sino que pueden proliferar en ellas. Se dividen a su vez en: estenotermófilas, que crecen a 60°C mas no a 30°C y euritermófilas, que son termófilas facultativas, o sea que crecen a 60°C y 30°C. Las bacterias termofílicas son generalmente esporuladas aeróbicas, entre las que tenemos: *Bacillus caledolactis* y *Lactobacillus termophilus*.

BACTERIAS SICROFILICAS.- Estas bacterias, llamadas también criófilas tienen su temperatura óptima de crecimiento entre 0° y 20°C (ver fig. 2.1) y no crecen a 35.5°C. Tenemos por ejemplo *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas trifolii*, *Aeromonas punctata*; siendo primordialmente bacilos no esporulados.

Desde el punto de vista de salud pública no tienen mayor interés, pues no se ha demostrado que haya alguna patógena, pero en la industria lechera son responsables de la descomposición de grandes cantidades de leche y crema comerciales. En general contaminan al producto después de pasterizado, en plantas donde la higiene no es correcta y crecen cuando éste está refrigerado impartiendo sabores rancios, pútridos, etc. El medio de eliminarlos consiste en tratar el equipo con agua clorinada o yodada que ejerce poder bactericida específico.

Las contaminaciones sicrofilicas más frecuentes están dadas por *Pseudomonas*, *Aeromonas Flavobacterium*, *Alcalígenes* y algunas cepas de organismos coliformes, principalmente *Aerobacter*.

BACTERIAS SICROTROFICAS.- Son aquellas que se pueden reproducir rápidamente a temperaturas de 7°C o menos. Estas bacterias no pertenecen a un grupo taxonómico específico. Al igual que las sicrofilicas son destruidas por la pasterización, pero pueden recontaminar la leche. Las enzimas producidas por estos microorganismos (que es posible que no se inactiven por la pasterización) pueden descomponer los productos lácteos durante su almacenamiento.

BACTERIAS COLIFORMES.- Los gérmenes de este grupo son muy indeseables en la leche y sus derivados. Cuando las condiciones higiénicas son deficientes se facilita la entrada y multiplicación de gran número de bacterias, entre las cuales puede haber patógenos. El grupo de las coliformes es de la mayor importancia sanitaria; las bacterias coliformes que intervienen en la leche básicamente pertenecen a los grupos Escherichia, Citrobacter y Aerobacter, aunque aun son más conocidas por sus antiguas denominaciones de grupo Coli-Aerogenes o Escherichia-Aerobacter ya que pertenecen a estos dos grupos las especies más característocas de este género, en las que se incluyen todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, que fermentan la lactosa con formación de gas. Las coliformes se encuentran casi invariablemente en la leche cruda, formando una parte importante de la flora "normal", por lo cual no tiene gran significación sanitaria, además una buena pasterización los destruye casi en su totalidad, ya que las cepas termoresistentes son muy escasas.

La presencia de coliformes en el agua y la leche se debe interpretar de un modo diferente: en el agua sugiere una contaminación por heces fecales y en la leche significa un descuido al manipular el producto, y su identificación en leches pasterizadas indica:

- a) contaminación de leche pasterizada con leche cruda o pasterización deficiente.
- b) esterilización defectuosa del equipo empleado al manipular la leche pasterizada.
- c) concentración inadecuada de los bactericidas empleados al esterilizar el equipo.
- d) empleo de agua contaminada en la limpieza.
- e) empleo de envases contaminados.

- ✓ f) contaminación de las manos o ropas de los obreros.
- g) presencia de cepas termoresistentes (en raras ocasiones).

Como conclusión, una leche bien pasteurizada y cuidadosamente manejada debe estar completamente libre de coliformes.

CONTAMINACION POR BACTERIAS PATOGENAS.- Lo importante de estas bacterias no es tanto su número en la leche, sino el tipo de las mismas. A pesar de que la pasteurización destruye todas las bacterias patógenas, la leche puede ser contaminada por portadores humanos sanos que manejan el producto o bien por contaminación del medio.

Las enfermedades más comunes transmitidas por la leche contaminada son: tifoidea, paratifoidea, disentería, gastroenteritis, laringitis epidémica, brucelosis, difteria y tuberculosis humana y bovina.

Generalmente el hombre adquiere estas enfermedades al ingerir leche cruda proveniente de vacas enfermas y se puede prevenir eliminando a los animales enfermos, vacunar a los becerros y pasteurizar la leche.

BACTERIAS ENTEROTOXIGENICAS.- Se ha demostrado que ciertas cepas especializadas de estafilococos producen una substancia ofensiva termorresistente, la enteroxina, que causa envenenamiento alimenticio dando ataques agudos de gastroenteritis. Las enteroxinas pueden ser producidas por diferentes tipos de bacterias bajo condiciones adecuadas; entre los más importantes encontramos: estafilococos, estreptococos, coliformes, Proteus y posiblemente Salmonella, estos últimos se multiplican con gran rapidez en el tracto intestinal provocando una verdadera infección.

Las bacterias como Staphylococcus aureus y otras productoras de enterotoxinas pueden entrar a la leche por infección de una vaca enferma, contaminación humana y otros. Si los estafilococos no se inhiben por el crecimiento de las bacterias ácido-lácticas, se multiplican considerablemente produciendo toxinas causantes de náuseas, vómitos, dolor de cabeza y diarrea. Estas toxinas son termoestables y en estos casos la pasteurización no salvaguarda al consumidor.

Para prevenir estas contaminaciones se recomienda tener las siguientes precauciones:

- a) Uso del refrigerador para guardar los alimentos temporalmente.
- b) Excluir a las personas en contacto con la leche si tienen afecciones en-

la garganta o descargas de nariz u oídos, con heridas superficiales en - manos, brazos o padezcan afecciones gastrointestinales.

- c) Pasterización eficiente de toda la leche y crema, para evitar infección - por estafilococos, aunque no prevenga contra la intoxicación si es que - hay toxinas presentes.
- d) Prevención y destrucción de moscas, cucarachas, ratas y ratones.

Las intoxicaciones estafilocócicas por leche flúida es muy poco - común.

OTRAS FERMENTACIONES.- Además de la fermentación láctica se presentan en la leche otros tipos de fermentaciones tales como la pútrida, alcohólica, acé - tica, butírica, proteolítica, lipolítica, gaseosa, viscosa, etc.

Las fermentaciones deseables o dirigidas son las que se orientan a mejorar el sabor de los productos lácteos como por ejemplo: el cultivo de - las cremas para mejorar el sabor de la mantequilla, las leches fermentadas, como buttermilk, kefir y "leben" (Fermentación láctica y alcohólica), "Yo - gurt" (Fermentaciones lácticas, acética, butírica, etc.).

Entre las indeseables estan: el agriado o fermentación láctica co - mún causada por *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris* y algunas ve - ces por *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acido - philus*, *Lactobacillus vulgericus*, *Streptococcus liquefaciens*, y *Bacillus - coagulans*; fermentación por el crecimiento masivo de *Streptococcus lactis - variedad alcaligenes*, produciendo un olor y sabor a malta; fermentación ga - seosa originada por microorganismos del grupo coli-aerógenes, de los Clo - stridia y por levaduras como *Torula*; fermentación viscosa relacionada con - gérmenes del grupo *Escherichia-aerobacter* y *Alcaligenes-viscolactis*; fermen - taciones coloridas como amarilla o anaranjada (*Pseudomonas synxantha*), a - zul (*Pseudomonas syneanea*), roja (*Serratia marcescens*).

VIRUS

Son microorganismos generalmente causantes de enfermedades mucho - mas pequeños que las bacterias siendo su tamaño máximo de 0.2 a 0.3 micras - de diámetro. Uno de los virus más conocidos relacionados con la Industria - Lechera, es el que produce la fiebre aftosa, cuyo diámetro dificilmente lle

✓ ga a 0.012 micras.

BACTERIOFAGOS

Son virus que atacan y destruyen las bacterias especialmente las -
empleadas en cultivos ácido lácticos y las aromáticas. Estos virus son muy-
específicos y atacan casi siempre a un solo huésped. La infección dependien-
do de su severidad produce desde "cultivos muertos" hasta "cultivos lentos"
causando grandes pérdidas a la industria de derivados de la leche. Están -
principalmente en los residuos de suero o leche que quedan en los equipos -
mal lavados, en los pisos o en el medio ambiente, y se combaten exclusiva-
mente con medidas higiénicas de limpieza y desinfección.

RICKETTSIAS

En este grupo no hay microorganismos que dañen en sí a las leches-
o sus derivados pero su importancia relativa reside en las enfermedades que
son transmitidas al hombre a través de la leche, como por ejemplo la fiebre
"Q" producida por *Coxiella burnetti*. La pasteurización correcta destruye las
Rickettsias.

LEVADURAS

Son microorganismos unicelulares redondos u ovals mucho mas gran-
des que las bacterias con un tamaño promedio de 5-10 micras. Se reproducen-
por gemación. Son aerobias y muy abundantes en la naturaleza, por ejemplo -
las levaduras de cerveza, las del vino, del pan, etc. En las industrias lác-
teas tienen importancia: *Saccharomyces fragilis*, que se encuentra en bebidas
de leches fermentadas como el "kefir" y el "kumis"; *Torula cremoris* causa -
serias pérdidas en cremas y mantequillas, pues les imparte un fuerte olor a
levadura y las hace muy espumosas; *Candida mycoderma* que descompone el "yo-
gurt".

No todas son perjudiciales como la *Candida lipolytica*, que produce
enzimas que desintegran las grasas y se utilizan en la producción de quesos
azules como el Roquefort.

HONGOS

Son microorganismos multicelulares que poseen hifas (raíces), micelio y esporas. Son aerobios y pueden crecer en las condiciones más adversas.

La mayor parte de los hongos no crece rápidamente en la leche pero si en sus derivados. Muchos de ellos se usan especialmente para la elaboración de quesos finos como el *Penicillium camemberti* para producir el queso Camembert y el *Penicillium roquefort*, para el queso Roquefort.

Otros muchos causan serios trastornos en los derivados lácteos como el *Geotrichium candidum* que imparte malos olores a cremas y quesos; los hongos del género *Aspergillus* que causan manchas negras en cremas y mantecillas.

Los hongos mueren al pasteurizar la leche por lo que su presencia indica condiciones higiénicas deficientes durante su manufactura.

SECCION 2.3 EFFECTOS DEL TRATAMIENTO TERMICO EN PROPIEDADES DE LA LECHE

El hecho de que las propiedades de la leche se vean afectadas o no por un tratamiento térmico, depende en gran medida de la intensidad y duración de la exposición. Por ejemplo, una pasteurización a 61.7°C por 30 minutos o a 71.7°C por 15 segundos no tiene un efecto notorio sobre el color de la leche. Pero, una esterilización a 107.2°C por 30 minutos causa empardecimiento. Otras propiedades de la leche cambian de acuerdo con la intensidad y duración del tratamiento térmico.

En la práctica hay cuatro zonas generales de calentamiento de leche, identificadas por relaciones tiempo-temperatura. Estas son:

- a) 61.7°C por 30 min; 71.7°C por 15 seg.
- b) 79.4°C a 90.6°C por 15 seg. o menos.
- c) 93.3°C a 100°C momentáneamente.
- d) Arriba de 107.2°C momentáneamente hasta 30 min.

Los mayores efectos caloríficos son específicos para estas áreas de tratamiento térmico.

La pasteurización en la zona (a) destruye de 90 a 99% de las bacterias e inactiva las enzimas pero preserva el sabor y línea de crema de la -

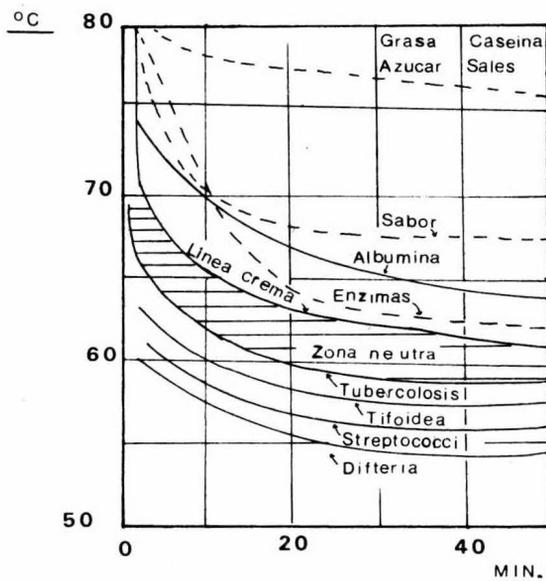


FIGURA 2.3 EFECTO DEL CALENTAMIENTO SOBRE LOS CONSTITUYENTES DE LA LECHE Y CIERTAS BACTERIAS PATOGENAS (15)

(15) Carl W. Hall & G. Melcom Trout. Milk Pasteurization
The AVI Publ. Co., Inc. Westport Connecticut, 1960

TESIS PROFESIONAL 1970
Sergio Revah
David Serviansky

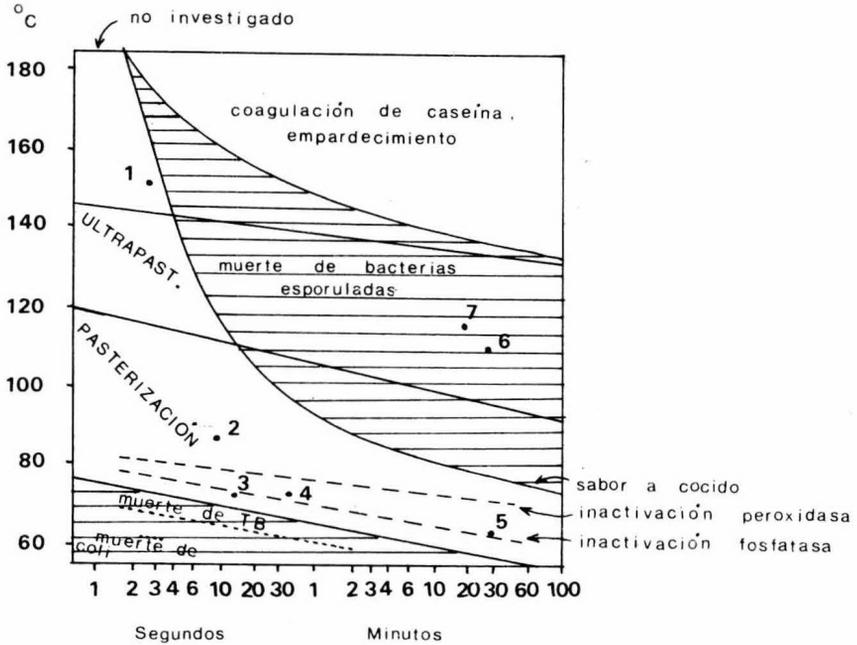


FIGURA 2.4 EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE (15)

- TIPOS: (1) ULTRAPASTERIZACIÓN
 (2) PASTERIZACIÓN FLASH
 (3) PROCESO POR PLACAS (H.T.S.T.)
 (4) PASTERIZACIÓN CORTA
 (5) PASTERIZACIÓN LENTA
 (6) PASTEUR 1860
 (7) ESTERILIZACIÓN EN BOTELLAS

(15) Carl W. Hall & G. Melcom Trout. Milk Pasteurization
 The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1966

TESIS PROFESIONAL 1975

Sergio Revah

David Serviánsky

leche.

La zona (b) destruye la habilidad de cremado de la leche, produce un sabor a cocido y cambia la consistencia de coágulos. La zona (c), cercana a la temperatura de ebullición, aumenta el sabor a cocido, sin embargo, para propósitos prácticos, la mayor temperatura, zona (d) esteriliza la leche y causa algo de empardecimiento. Además de lo anterior existen muchos otros cambios menores, pero importantes, debidos al tratamiento térmico.

Un sumario de los diversos cambios en la leche durante, o como resultado de calentamiento, se muestran en las figuras 2.3 y 2.4.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

ACIDEZ y PH. - La acidez titulada media de leche normal fresca es de 0.14 a 0.17% calculada como equivalente de ácido láctico. Esta acidez no es necesariamente resultado de la presencia de ácido láctico, sino debido primordialmente a las sales ácido-reaccionantes junto con la acidez registrada del ácido carbónico, 0.01 a 0.02%.

Al calentar la leche se elimina la mayor parte de su bióxido de carbono (CO_2) reduciendo ligeramente la acidez en alrededor de 0.01%; siendo este efecto menor en sistemas cerrados de tratamiento térmico, debido a la mayor presión. Si se acompaña la pasterización con deodorización al vacío puede esperarse la eliminación completa del CO_2 .

También hay un ligero aumento en el pH de la leche generalmente, de 0.01 a 0.04 pH, siendo el pH de la leche entre 6.5 y 6.7.

Además de la eliminación de CO_2 , temperaturas hasta la de ebullición no tienen mayores efectos apreciables en la acidez de la leche. Pero cuando la leche se eleva sobre la temperatura de ebullición, puede degradarse la lactosa. Si se mantiene la leche a 110°C por 8 hr. la acidez aumenta de 0.16 a 0.37%; y del ácido producido la mitad es ácido fórmico y no más del 5% es ácido láctico.

CREMA. - Leche cruda normal da de 15 a 20% de volumen de crema dependiendo de muchos factores como contenido de grasa, etapa de lactancia, presencia de calostro, etc. El mantenimiento de la línea de crema depende de factores físicos. Una vez que se ha formado la línea de crema no se dispersará en la misma extensión a menos que la leche sea calentada ligeramente, lo cual rea

condiciona los glóbulos grasos para reunificarlos sucesivamente. Esto es, - la leche cruda no dará tanto volumen de crema como la leche que ha sido calentada y enfriada restaurando sus propiedades de cremado. El calentamiento de la leche a 60°C restaura parte de su habilidad de crema original.

Un tratamiento a temperatura mucho mayor de 60°C por 30 min. disminuirá la habilidad de cremado de la leche. Si la leche se somete a temperaturas mínimas de pasteurización hay un ligero descenso en el volumen de crema; esto no se nota hasta que se calienta la leche a 63°C lo que reduce el volumen de crema a 8%. A temperaturas mayores de 63°C el descenso en la habilidad de cremado es muy marcado, causando quejas en clientes concientes del volumen de crema. Sin embargo los beneficios del contenido graso ausente de la línea de crema no se pierden. Ahora la dispersión homogénea de la grasa se mantiene.

La línea de crema se altera tanto entre 65.6° y 71.1°C por 30 min. que para todo propósito práctico está totalmente disperso.

En resumen, cuando las propiedades de crema de la leche se alteran por un tratamiento térmico, el volumen de crema será menor, el porcentaje de grasa dispersada en la leche será mayor, y la línea de demarcación o línea de crema será menos distinguible. El efecto de separación de crema como función del calor se aprecia en la fig. 2.5.

En leche pasteurizada a 71.1° - 79°C por 15 seg. y luego homogeneizada a menor temperatura (54°C o menos) frecuentemente se forma un anillo graso, tapón de crema, o "crema" que difiere marcadamente de la crema normal.

PUNTO DE CONGELACION. - Esta propiedad física casi constante, depende de la concentración de sales y lactosa en la leche. Cualquier variación apreciable en la media (-0.545°C) indica adición o sustracción de agua de la leche.

Las variaciones en el punto de congelación de la leche debidas a la pasteurización son insignificantes.

TIEMPO DE REACCION DE RENNIN. - Se ve influenciado por la intensidad y duración del calor aplicado a la leche. Por ejemplo: exposiciones de 30 min. a 60.6°C acortan ligeramente el tiempo de reacción; mientras que temperaturas sobre 68.3°C incrementan el tiempo de coagulación, y de 62.8° a 65.0°C se -

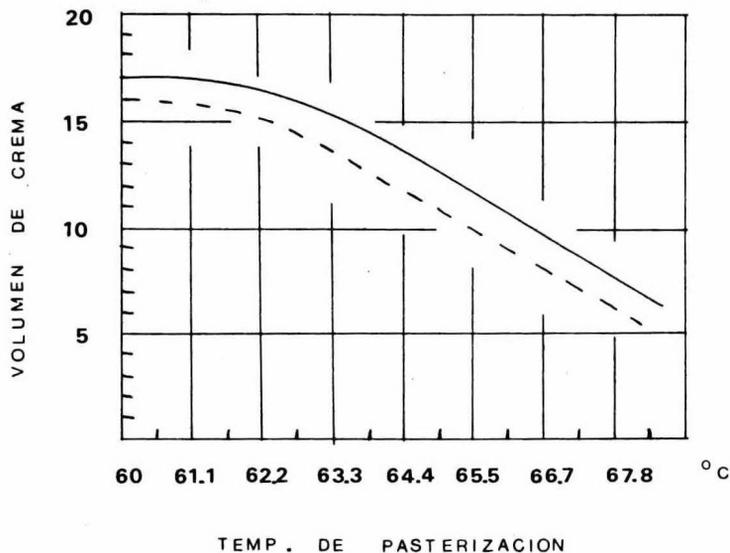


FIGURA 2.5 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE PASTERIZACION CON SOSTENIMIENTO DE 30 MINUTOS SOBRE EL VOLUMEN DE PELICULA DE CREMA FORMADO EN LECHE DE 4% (15).

- (15) Carl W. Hall & G. Malcom Trout. Milk Pasteurization
The AVI Publ. Co., Inc. Westport Connecticut, 1960

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Sorviensky

restaura el tiempo de "aglutinamiento" al normal. Los tratamientos a temperaturas cercanas a la ebullición inhiben la reacción. Durante 30 min. de sostenimiento, se nota el primer aumento del tiempo de reacción de Rennin - en la zona de temperaturas de 73.9° a 77.2°C. Esta exposición coincide con las temperaturas a las que ocurren otros cambios como (a) aumento de hidratación, (b) sabor a cocido y disminución del potencial de óxido-reducción.

FIRMEZA DE COAGULO. - El calor tiene una ligera influencia en el tiempo de coagulación de la leche (cuajado) y en la firmeza del coágulo resultante, que varían con la intensidad del tratamiento térmico. A exposiciones a 61.7°C por 30 min. hay muy poco efecto en el tiempo de coagulación de la leche y ningún efecto en la firmeza del coágulo. Sin embargo, la exposición de la leche a 80°C por corto tiempo alarga el tiempo de acción completa de cuajado.

Al aumentar las temperaturas hacia la ebullición y mayores es más marcada la reducción de tensión del coágulo.

Estos cambios se deben principalmente a las variaciones en sales de calcio y magnesio de la leche.

FORMACION DE NATA. - Sin lugar a dudas la nata es una coagulación debida en gran parte a la presencia de lactalbúmina, inestable a altas temperaturas. La condensación en la superficie no sucede si el recipiente donde se calienta la leche está cerrado. La nata no se forma en leche pasteurizada y homogeneizada aún si la leche se expone a temperatura ambiente por varias horas; sin embargo la nata se forma de inmediato en leche hervida. Esto indica que la formación de nata por el tratamiento térmico esta asociado con la precipitación de las proteínas de suero, lactalbúmina y globulina, que ocurre a temperaturas arriba de las mínimas requeridas para pasteurización. Aun se investiga este aspecto para determinar con certeza la causa de la formación de la nata.

TENSION SUPERFICIAL. - El calor por sí mismo tiene poca influencia como factor que afecte la tensión superficial; sin embargo el calor afecta benéficamente la tensión superficial de leche homogeneizada calentada previamente. A menos que la enzima lipasa se inactive al tiempo de homogeneización, sustancias superficialmente activas se liberarán en cantidad suficiente para -

disminuir la tensión superficial de la leche.

VISCOSIDAD.- Para cualquier propósito práctico la pasterización no afecta - apreciablemente la viscosidad de la leche. Se ha demostrado que la leche - calentada hasta 60°C muestra una disminución en la viscosidad al enfriarla.

Si el tratamiento térmico es acompañado por una homogeneización, - hay más cambios en la viscosidad de la leche dependiendo de la temperatura- y presión de homogeneización, y la temperatura de pasterización. Cualquier- condición que favorezca el agrupamiento graso incrementa la viscosidad del- producto. Homogeneización de la leche a 26.7°C posterior a la pasterización da leche muy viscosa similar a la leche evaporada.

PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS

COLOR.- La pasterización por sí misma tiene muy pocos efectos sobre el co- - lor de la leche. Pero si el tratamiento calorífico es suficiente para va- - riar la habilidad de crema de la leche, el color permanecerá constante du- - rante el almacenamiento.

La densidad de blancura, hasta apariencia de yeso, es aumentada si se acompaña un tratamiento de calor alto con homogeneización. La intensidad del blanco permanecerá constante en el almacenamiento.

Al someter la leche a esterilización trae cambios en la lactosa, - proteínas y sales, acompañados de un empardecimiento debido a carameliza- - ción parcial de la lactosa acompañada de interacción química con proteínas.

OLOR Y SABOR.- El calor afecta el sabor de la leche de acuerdo con la inten- sidad de aplicación al producto. Cuatro sabores se producen por aplicación- de calor a la leche: (a) calentada, (b) cocida, (c) acaramelada y (d) quema- da. Otros sabores secundarios pueden acompañar a los anteriores.

El efecto del calor es moderado hasta que la zona de temperaturas- de 76.7° a 82.2°C es alcanzada, donde ocurren cambios abruptos en el sabor. Lo que fue en un principio un imperceptible sabor a leche calentada cambia- a un distinguible sabor a cocida, o leche hervida. Un olor inequívoco acom- paña siempre este sabor.

La leche pasterizada a estándares mínimos de tiempo y temperatura-

tiene un sabor difícilmente distinguible del de la leche cruda.

La leche pasteurizada de 65.6° a 68.3°C tiene un sabor más rico que el de 70° a 74°C.

Los tratamientos térmicos mínimos que producen el sabor a cocido - se ven en la tabla 2.10.

Leche calentada a flama directa puede quemarse dando sabor a quemado que se extenderá al resto de la leche en contacto con ésta.

Los cambios en el tacto de la leche debido a tratamientos caloríficos no son detectables.

TABLA 2.10 - TRATAMIENTO CALORIFICO MINIMO CAUSANTE DE SABOR A COCIDO (15).

TEMPERATURA (°C)	Tiempo	Sabor
76 - 78	Momentáneo	Cocido
74 - 76	3 min.	Cocido
70 - 72	30 min.	Cocido
62.6	30 min.	Normal
71.1	Momentáneo	Normal
76.7	Momentáneo	Cocido
82.2	Momentáneo	Cocido
87.8	Momentáneo	Cocido

(15) Carl W. Hall & G. Malcom Trout. Milk Pasteurization. The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1968.

CONSTITUYENTES DE LA LECHE

El calor tiene variados efectos sobre la leche dependiendo de la intensidad del calor y el constituyente específico de la leche. Los efectos del calor para la mínima intensidad de pasterización son generalmente de poca importancia, excepto en la destrucción de ciertas bacterias y enzimas. Temperaturas más altas, sin embargo, afectan adversamente a algunos de los constituyentes; este efecto sobre varios de los constituyentes principales es:

GRASA.- A temperaturas mayores del punto de fundido de la grasa, (28° a 36°C), se licúa la grasa, realizándose este cambio más rápido en contraste-

al cambio de estado físico en sentido contrario que ocurre a menores temperaturas y después de un largo almacenamiento.

El calor afecta el aglutinamiento de la grasa y la habilidad de — cremado de la leche, pero la composición de la grasa queda aparentemente inalterable. Difícilmente la emulsión de grasa será destruida por el calor — en sí.

La grasa de la leche es una mezcla compleja de cadenas saturadas, — largas y cortas, y glicéridos no saturados de ácidos grasos, mezclados con cantidades variables de vitaminas "A" y "D", caroteno, colesterol, enzimas — y recubiertas con una membrana fosfolípida de proteínas; que sugiere que la grasa está relacionada con muchos de los efectos desconocidos del calor.

LACTOSA.— Probablemente, esta es el constituyente menos alterado, física y — químicamente, por el calor. Calentamiento prolongado o esterilización traen un cambio en el color de la leche que está relacionado con la degradación — de la lactosa y las proteínas, pero, esto no sólo depende de la intensidad — y duración del calor, sino también del pH. La pasteurización de la leche, o — calentamiento a 100°C no tiene un efecto apreciable sobre la lactosa, (ver — fig. 2.6), para el caso de leche homogeneizada y embotellada.

CASEINA.— A pesar de que la caseína se encuentra en cuatro estados: natural — de la leche, precipitada en coágulo, precipitada por acidez, y purificada, — nos referimos a la caseína que existe naturalmente en la leche, cuyo punto — isoeléctrico es pH 4.7.

La caseína pura es blanca, sin cenizas, sin sabor, ni olor, y sólido — no cristalino. Se ha demostrado que la caseína pura no se coagula por calor, — sin embargo la caseína en la leche está en un complejo estado coloidal — con las sales de la leche (calcio y fosfato) y con las llamadas proteínas — del suero (lactalbúmina y globulina principalmente). El comportamiento bajo — tratamiento de calor, por tanto, es influenciado por el efecto sobre los — constituyentes coloidales interrelacionados. En general los efectos del calor — sobre la leche, en donde interviene la caseína son:

- a) deshidratación parcial de la caseína.
- b) acción coagulante lenta o difícil
- c) disminución de la tensión de coágulos

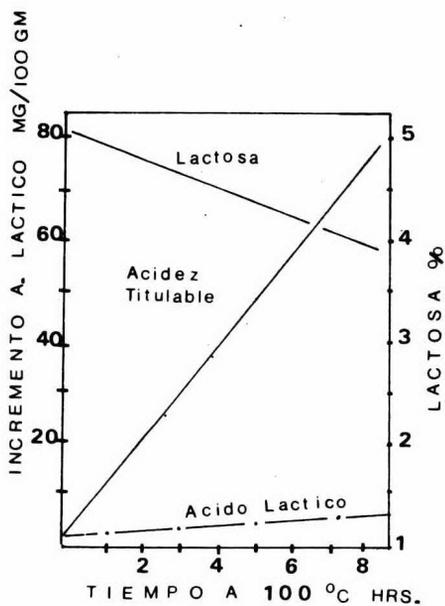


FIGURA 2.6 CAMBIOS EN LA ACIDEZ TITULABLE, ACIDO LACTICO Y LACTOSA AL CALENTAR LECHE HOMOGENEIZADA A 100°C (ACIDEZ TITULABLE EXPRESADA COMO mg DE ACIDO LACTICO POR 100 g DE LECHE) (15).

(15) Carl W. Hell & G. Malcom Trout. Milk Pasteurization
The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1968

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviánsky

El calor cambia la interrelación entre la caseína, sales y otras - proteínas al extremo de que la leche pasteurizada coagula diferente que la - cruda. La leche coagula a 100°C en 12 horas, a 130°C en 1 hora y a 150°C en 3 min., y se atribuye a la precipitación del calcio, dando a la caseína inestabilidad térmica.

LACTALBUMINA Y LACTOGLOBULINA.- Estos constituyentes, las principales proteínas del suero, se ven afectados adversamente por tratamientos a altas - temperaturas. Los cambios se manifiestan en la leche en sí, tales como disminución en la tensión de coágulo, liberación de sulfuro de hidrógeno acompañada del sabor a cocido, y la reducción del potencial de oxidoreducción. Sólo una pequeña cantidad se coagula a temperaturas de pasteurización mínimas (5%), mientras que a temperaturas de esterilización, más del 80% de la albúmina se coagula.

MINERALES Y VITAMINAS.- Se ha encontrado que la sugerencia original que la pasteurización afectaba seriamente el valor nutritivo de la leche, es falso. Se ha demostrado, en pasteurización lenta, que hay pérdidas del 10 al 25% en tiamina y 20% en vitamina C, debido no sólo a pasteurización, sino al contacto con el sol. En pasteurización rápida las pérdidas son menores siendo virtualmente inexistentes.

ENZIMAS.- Las enzimas presentes en la leche están en cantidades negligibles: la catalasa, diastasa, galactasa, lipasa, peroxidasa, fosfatasa, y reductasa son relativamente inestables al calor. Los requerimientos para pasteurización lenta y rápida son suficientemente altos para la inactivación de estas enzimas, inclusive la completa destrucción de la fosfatasa por pasteurización es la base de la prueba de detección de eficiencia de la misma.

La labilidad de las enzimas frente al calor es variable, siendo la fosfatasa reconocida como la más resistente. La lipasa es causante de la mayor cantidad de problemas en el procesamiento de leche, la homogeneización, que activa la lipasa, obliga a pasteurizar la leche para evitar su enranciamiento.

El calentamiento de la leche a 60°C, homogeneizando de inmediato - ha demostrado que la lipasa ha quedado inactivada al punto que el desarrollo de la acidez a 4.4°C durante 96 horas es nulo, (ver fig. 2.7). Las rela

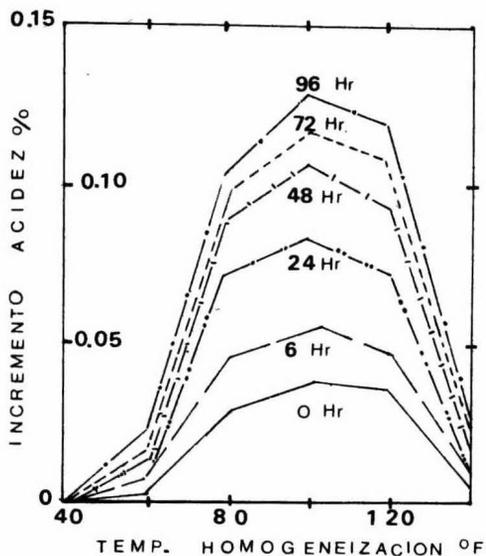


FIGURA 2.7 AUMENTO DE ACIDEZ EN LECHE HOMOGENEIZADA A 5,000 lb A DIFERENTES TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO Y ALMACENADA A 4.4°C POR VARIOS PERIODOS (15).

- 5) Carl W. Hall & G. Malcom Trout. Milk Pasteurization
The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1968

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviansky

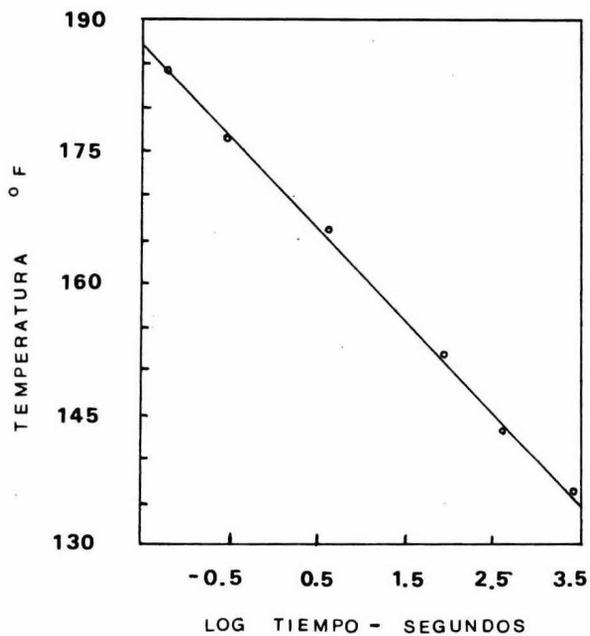


FIGURA 2.8 RELACIONES TIEMPO - TEMPERATURA PARA LA INACTIVACION DE LIPASA EN LECHE (15)

(15) Carl W. Hall & G. Malcom Trout. Milk Pasteurization
The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1968

TESIS PROFESIONAL 1975

Sergio Revah

David Serviasky

ciones para inactivación completa de la lipasa en la leche, están dadas por la fig. 2.8.

SECCION 2.4 TRATAMIENTOS DE LA LECHE

Ya que se ha obtenido la leche en condiciones higiénicas, es necesario evitar que la acción bacteriana intervenga rápidamente descomponiendo la. Ciertamente es que la leche es un magnífico alimento para el hombre, pero también es un magnífico sustrato para las bacterias, y para evitar que se convierta en un vehículo de enfermedades o de intoxicaciones, deberá evitarse que los microorganismos ya existentes proliferen y destruyan o inactiven principalmente a los patógenos. Los principales tratamientos a los que se somete la leche son: clarificación, clarificación, bacto-fugación, estandarización, enfriamiento, tratamientos térmicos (pasterización, esterilización, etc.), homogeneización, embotellado o envasado.

FILTRACION

El filtrado de la leche se efectúa generalmente en filtros de acero inoxidable con telas de mayor o menor grosor, o bien con filtros especiales de algodón o fibras sintéticas. El objetivo del filtrado consiste en detener partículas extrañas tales como grumos de tierra o estiércol, así como pelos, moscas, etc.

El método más higiénico para filtrar la leche consiste en el uso de filtros desechables o bien lienzos que deberán ser lavados y esterilizados; en ambos casos deberán cambiarse con frecuencia para evitar que la suciedad retenida en los primeros filtrados sea arrastrada por los subsiguientes.

Este tratamiento no afecta la línea de crema de la leche, así como no afecta a las cuentas bacterianas en una forma uniforme (ver tabla 2.11).

CLARIFICACION

Este, como el anterior, es un procedimiento mecánico para limpiar la leche. Consiste en la aplicación de fuerza centrífuga, por medio de un aparato llamado clarificadora, con lo que se logra que las partículas extrañas, tales como leucocitos, eritrocitos, pelos, etc., se desplacen hacia la

periferia de aquella debido a su mayor peso específico, logrando así su separación.

La línea de crema, en este tratamiento, se afecta y el grado de destrucción de esta propiedad depende de la temperatura en que se clarifique. Se ha demostrado que si la clarificación se efectúa a 34-36°C el descenso del volumen de crema es casi imperceptible.

En algunos casos la leche clarificada da cuentas bacterianas más altas, no debido a que el proceso en sí aumente el número total de gérmenes, pero puede ocurrir que al desintegrarse una partícula grande en otras menores, cada subpartícula dará origen a una colonia dando una cuenta de colonias mayor, aunque el número actual de gérmenes de la leche sea menor (ver tablas 2.11 y 2.12).

TABLA 2.11 CUENTA EN PLACA AFECTADA POR LA CLARIFICACION Y FILTRACION A DIFERENTES TEMPERATURAS (5)

Temp. (°F)	Clarificada			Filtrada	
	Cuenta Original	Cuenta	Variación (%)	Cuenta	Variación (%)
60	113,400	266,000	+ 134.5	106,600	- 6.37
90	122,000	166,000	+ 36.1	130,000	+ 6.56
110	65,000	78,000	+ 20	64,300	- 1.08

(5) Lloyd James Henderson. The Fluid Milk Industry. 3rd. ed. The AVI Publ. Co., Inc. 1971 Westpoint Connecticut.

TABLA 2.12 EFECTO DE LA CLARIFICACION Y FILTRADO EN LECHE DE BAJA CUENTA (Promedio de 6 muestras) (5)

	Original	Clarificada	Filtrada
FACTOR ESTUDIADO			
Cuenta en placa	23,500	13,200	19,500
Incubación 37.5°C, 48 hrs.	29,800	49,400	45,400
Incubación 21°C, 120 hrs.	59,200	53,600	58,400
EXAMEN MICROSCOPICO DIRECTO			
Número de campos	600	600	600
Bacterias por Mililitro	346,000	413,400	391,200
Aglutinados por mililitro	115,200	246,000	191,700

(5) Lloyd James Henderson. The Fluid Milk Industry. 3rd. ed. The AVI Publ. Co., Inc. 1971 Westpoint Connecticut.

Existe un tipo de clarificadora de limpieza automática por circulación que consiste en una bola o trompo que puede abrirse para descargar los sedimentos sin necesidad de parar la máquina; pudiendo trabajar la máquina en forma continua conservando su alto poder de separación, pudiéndose limpiar en circuito cerrado evitando pérdidas de tiempo y mano de obra al no requerirse desarmado y lavado manual.

El periodo de apertura para la descarga de la bola se determina por el tiempo de funcionamiento previo y por la cantidad de suciedad a remover. La apertura es mediante un dispositivo hidráulico accionado ya sea manualmente o automáticamente por un programador.

CLARIFICACION

La clarificación consiste en homogeneizar e higienizar la leche simultáneamente en una centrifuga concebida para este efecto (patente de Alfa-Laval).

La clarificación rompe los glóbulos grasos distribuyéndolos uniformemente en la parte acuosa de la leche, "fijando" la emulsión evitando una subida de crema antes de un tiempo razonable. Simultáneamente elementos extraños a la leche, tales como leucocitos, pelos, restos de célula, etc., son eliminados con eficacia.

En el interior de la bola la crema va hacia el centro, subiendo a la cámara giratoria de evacuación formando un anillo líquido. La homogeneización se logra por medio de un disco fijo con dientes de sierra colocados debajo del de evacuación de crema, debido a que los dientes del disco están completamente sumergidos dentro del anillo de crema, en rápida rotación fracciona los glóbulos grasos en gran parte por cavitación. Los glóbulos muy pequeños no separados en la pila de discos siguen la leche hacia otra cámara de donde sale del aparato prácticamente sin espuma y a presión. Los glóbulos mayores automáticamente son conducidos de nuevo a la entrada donde se mezclan con la leche sometiéndose a un nuevo tratamiento. Existe pues una circulación de crema en el interior de la bola. Ya estabilizado el proceso la leche que abandona la bola posee la misma cantidad de grasa que la leche que entra. Los sedimentos pesados han permanecido en la periferia de la bola y se juntan en la cámara de sedimentos siendo extraídos posteriormente.

Aplicando el método reconocido para determinar el grado de homogeneización se obtuvieron los datos siguientes (comparados con la leche homogeneizada).

TABLA 2.13 COMPARACION DEL GRADO DE HOMOGENEIZACION ENTRE LECHE CLARIFIJADA Y HOMOGENEIZADA. (4)

	% Grasa Fracción Superior A	% Grasa Fracción Inferior B	% Diferencia $\frac{(A-B) \times 100}{A}$
Homogeneizada	3.65 - 4.15	3.40 - 3.50	6 - 12
Clarificada	4.40 - 4.80	3.35 - 3.50	24 - 28

(4) Ramos Córdoba Mario. Leche, su Producción Higiénica y Control Sanitario. 2a. ed. por el autor, 1969.

Para obtener el grado de homogeneización se vaciaron 250 g. de leche y se refrigeró por 48 horas, determinándose después el contenido de grasa para, primero la capa superior que representa el 10% del total de la leche, es decir 25 g. y este dato equivale a (A), después se repite la operación para el 90% restante y este dato equivale a (B) obteniéndose el grado de homogeneización por medio de la fórmula indicada en la tercera columna de la tabla anterior.

Se puede observar que para la leche homogeneizada el grado es de 6 - 12 (estándar americano es 10) mientras que para la leche clarificada el valor promedio fue 24 - 28, sin embargo no hubo línea de crema visible dentro de un período de tiempo razonable. Al agitarse la leche el contenido — graso se distribuyó uniformemente sin dificultad, por lo que se considera que el grado de homogeneización obtenido por clarificación satisfizo las exigencias que se pueden obtener en la práctica para leche homogeneizada.

La leche homogeneizada por clarificación es propensa a desarrollar sabores extraños por ser susceptible a la luz. Esto induce el llamado "sabor a sol", encontrándose como promedio que la exposición de esta leche al sol 3 a 8 minutos o de 20 minutos a 2 horas en luz artificial definitivamente induce malos sabores. Esto se evita pasterizándose inmediatamente para evitar la aparición de sabores rancios por la acción que ejerce la lipasa sobre la grasa.

Otra característica de esta leche consiste en que se pueden emplear temperaturas ligeramente mayores durante la pasterización, mejorando la calidad de la leche, puesto que se reduce la cantidad de bacterias que sobreviven, a diferencia de la leche sin clarificar que a las mismas condiciones forma en el cuello de la botella el llamado tapón de crema.

BACTOFUGACION

La bactofugación consiste en una supercentrifugación bacteriana aplicada a la leche a temperatura de pasterización. Con este proceso se elimina mediante fuerza centrífuga una muy elevada proporción de las bacterias contenidas en la leche.

El problema de la eliminación de bacterias por medio de fuerza centrífuga no se había resuelto debido a la muy pequeña diferencia entre la gravedad específica de la leche descremada (1.033) y las bacterias (1.070 - 1.130) que es menor que la diferencia de densidad entre la leche descremada y la grasa de leche (0.930).

En experimentos semi-industriales se encontró que de un 90 a 95% de las bacterias contenidas en la leche se podrían eliminar con una fuerza centrífuga más intensa que la común usada en lechería (descremadoras o higienizadoras).

Al usar la bola centrífuga o trompo convencional la capacidad separadora disminuía notablemente después de 15 - 20 min. de trabajo. Para mantener constante la capacidad de separación se tomaron en cuenta varias consideraciones para modificar la turbulencia normal en la bola centrífuga por la creación de la succión radial; se perforaron pequeños hoyos en la bola centrífuga y cierta cantidad de líquido puede escapar de la bola. Bajo estas condiciones no hay disminución en la capacidad separadora.

A pesar de obtenerse buenos resultados la bactofugación no reemplaza a la pasterización, que necesariamente debe hacerse, en primer lugar, para destruir los virus que pueden estar presentes y las bacterias que no fueron removidas por fuerza centrífuga, y en segundo término, para obtener, mediante la prueba de fosfatasa negativa, la seguridad de haber efectuado una pasterización correcta.

La temperatura influirá directamente en la eficacia de la bactofu-

gación; el aumento de ésta da una menor viscosidad a la leche mejorando el proceso: el óptimo se obtiene a 65 - 75°C (ver tabla 2.14).

TABLA 2.14 EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA EFICACIA DE LA BACTOFUGACION (4)

Temperatura de bactofugación (°C)	% de remoción de bacterias
67 - 75	90
menos de 65	85
30	85

(4) Ramos Córdoba Mario. Leche, su Producción Higiénica y Control Sanitario 2a. ed. por el autor, 1969.

Para obtener estas condiciones la leche se precalienta a 67°C, después se somete a fuerza centrífuga y luego se sube la temperatura a 72°C para terminar la pasterización.

Una doble bacte-fugación, conectando dos aparatos en serie, elimina el 99% de las bacterias existentes, siendo mas eficaz con las de mayor gravedad específica.

Una cantidad de leche, el 1.5% de la admitida, escapa a través de los minúsculos hoyos en la pared de la bola.

Las esporas, por su alta densidad, son fácilmente separables.

No es conveniente la bactofugación en leche ácida, pues los coágulos de leche no logran pasar por las boquillas pulverizadoras de 0.4 mm. de diámetro y las tapan.

ESTANDARIZACION

La estandarización consiste, como su nombre lo indica, en uniformizar el producto; en este caso, uno de sus componentes, la grasa. Sin embargo en nuestro país los reglamentos sanitarios en vigor prohíben esta - - práctica.

Las ventajas de la estandarización consisten en que el consumidor recibe un producto uniforme, no condicionado a las variaciones que tiene la leche en su componente graso. Es conocida la gran diferencia que existe en el contenido graso de la leche de las diferentes razas, ordeñas, y estación del año, pudiendo el público percibir diferencias gustativas lo que se pres

ta a que desconfie del productor.

Desde el punto de vista reglamentario sería una buena práctica, — tanto para el productor como para las autoridades sanitarias, pues mediante estudios estadísticos previos se podría establecer una norma de grasa que — tome en cuenta las variaciones antes mencionadas, regulando mejor la cali— dad de la leche.

Otra ventaja sería que se puede estandarizar leche de bajo conteni do graso para personas que no digieren bien los lípidos.

Entre las desventajas del sistema tenemos que el equipo necesario es de alto costo y que si el contenido graso fijado oficialmente es bajo, — el público acostumbrado a una leche de calidad más alta sentirá muy delgada ésta.

ENFRIAMIENTO

La refrigeración inmediata de la leche después de ordeñada es su— mamente importante para evitar hasta donde sea posible, la proliferación mi crobiana. En la leche hay factores bacterioestáticos naturales, como la lac— tenina, que tienden a prevenir el crecimiento inmediato de las bacterias; — sin embargo después que éstas han vencido esta dificultad, el Streptococcus lactis por ejemplo, puede reproducirse cada 20 ó 30 min. si la temperatura— le es favorable; así pues el enfriamiento rápido previene este crecimiento— mas no lo detiene absolutamente, pues hay gérmenes, como los sicrofílos, — que pueden reproducirse a temperaturas de refrigeración.

El efecto que ejerce la temperatura sobre el crecimiento bacteria— no en la leche se puede apreciar en la tabla 2.15.

TABLA 2.15 CUENTAS BACTERIANAS DE LECHE ENFRIADAS
INMEDIATAMENTE DESPUES DE PRODUCIDAS (11)

Cuentas bacterianas	Cuenta bacteriana original en millares								
	5			100			960		
Temperatura de enfriamiento inmediato.									
	4°	10°	16°	4°	10°	16°	4°	10°	16°
5 horas	5	5	5	100	100	100	960	960	3,000
10 horas	5	5	5	100	100	132	1,000	1,000	15,000
15 horas	5	5	10	100	150	200	1,000	1,200	50,000

(11) Bryan C.S. Dairy Bacteriology & Public Health. 6th. ed.
Burgess Publ. Co., Minneapolis, 1963.

Observando la tabla anterior se nota que a 4°C las cuentas bacterianas no se incrementan en 15 hr; a 10°C casi no existe aumento de cuenta bacteriana, si es inicialmente baja, pero si aumenta en la leche de cuenta inicial alta; en cambio a 16°C la leche de cuenta bacteriana baja duplicó su número y la alta lo aumentó 50 veces.

Otra tabla muy convincente es la que relaciona las cuentas de colonias con la temperatura para un tiempo fijado (ver tabla 2.16).

TABLA 2.16 (4)

Temperatura de la leche sostenida 24 hr. (°C)	Cuenta de colonias por mililitro después de 24 hr.
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

(4) Ramos Córdoba Mario. Leche, su Producción Higiénica y Control Sanitario 2a. ed. por el autor, 1969.

De aquí deducimos que la temperatura crítica para la leche es de -

13°C, pues arriba de ella el crecimiento es acelerado. Esto explica el porqué el reglamento sanitario vigente exige que deba conservarse la leche pasteurizada a una temperatura no mayor de 10°C, para el caso de leche certificada pasteurizada preferente; y a una temperatura no mayor de 12°C para la leche certificada pasteurizada y la leche pasteurizada; hasta su entrega al consumidor.

Para comprender porque se alcanzan estas cifras astronómicas de multiplicación bacteriana es necesario recordar que las bacterias se reproducen por simple bipartición, esto significa que aumentan en progresión geométrica y no aritmética simplemente.

PASTERIZACION

Existen dos tipos de pasteurización clásica: la lenta en la cual la leche se calienta a 61.7°C durante 30 minutos, y la rápida donde la temperatura a que debe someterse es de 71.7°C en un lapso de 15 segundos.

Los requerimientos básicos para la pasteurización de la leche se fundan en dos hechos: que todos los bacilos causantes de la tuberculosis que pudieran estar en la leche se mueran a causa de las condiciones de tiempo y temperatura, y la eliminación de otras bacterias patógenas.

Por ejemplo, a una temperatura de 60°C el tiempo promedio de muerte para las siguientes bacterias es:

<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	20 min.
<i>Brucella abortus</i>	10 - 15 min.
<i>Shigella dysenterae</i>	10 min.
<i>Salmonella typhosa</i>	2 min.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	1 min.

Ya que al pasteurizar intervienen dos factores, tiempo y temperatura, se han logrado graficar, estableciendo la relación de la fig. 2.9.

Los efectos causados por la pasteurización pueden verse ampliamente en las secciones 2.2 (microbiología de la leche) y 2.3 (efectos térmicos en la leche).

El pasteurizador lento consiste en un tanque agitado de pared doble por el cual circula vapor o agua caliente. Para pasteurizar adecuadamente, deberá llenarse el tanque con la cantidad total de leche que se desee tra-

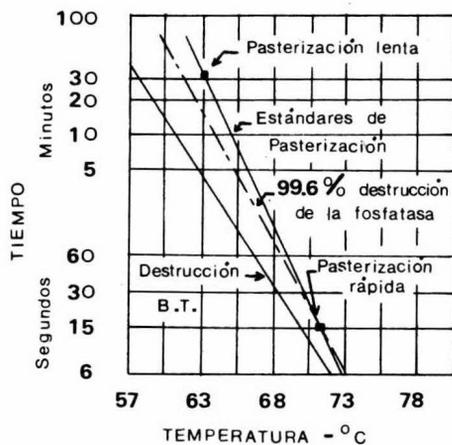


FIGURA 2.9 DIFERENTES COMBINACIONES TIEMPO - TEMPERATURA DE PASTERIZACION (4)

- (4) Mario Hamos Córdoba, Leche, su Producción Higiénica y Control Sanitario, 2a. edición. Editora por el autor. 1969

TESIS PROFESIONAL 1975

Sergio Revah

David Serviensky

tar y calentar en el menor tiempo posible para evitar la destrucción de las propiedades de cremado de la leche y darle sabor de leche cocida; por éstos es el agitado.

Ya alcanzada la temperatura de 61.7°C se deberá mantener constante exactamente por 30 min., después de los cuales se suspende el calor y se hará circular por la chaqueta el elemento prerrefrigerante (agua fría o salmuera) con el objeto de bajar la temperatura a unos 30°C .

A continuación se enfría mediante cortinas hasta $3 - 5^{\circ}\text{C}$ de donde se envasa. Debe existir un buen control del tiempo de residencia y temperatura de la leche.

La pasteurización rápida es un proceso continuo, en donde se logra la pasteurización mediante un intercambiador de calor de placas a una temperatura de 71.7°C por 15 segundos, u otro medio de calentamiento, como en el caso de la actinización, donde por medio de radiación infraroja se logran temperaturas de 85°C por 8 - 10 segundos. Estos sistemas se describirán ampliamente en los capítulos subsecuentes.

Las ventajas del pasteurizador rápido, respecto al lento, son: mayor economía a altas capacidades, menor espacio necesario, mayor facilidad de aumento de capacidad, mayor aprovechamiento del calor, mejor sabor por su menor tiempo de residencia, facilidad de limpieza, enfriamiento incluido en el mismo sistema.

Entre sus desventajas se encuentra su mayor costo de mantenimiento, su no adaptabilidad para pequeños lotes.

ULTRAPASTERIZACION

Inicialmente la ultrapasteurización era un pasteurizador rápido que trabajaba a mayor temperatura (115°C) y por periodos más cortos de tiempo (2 seg.). En estos pasteurizadores no se afectaba el sabor de la leche por las altas temperaturas y se le mejoraba al extraer mediante vacío los olores y sabores indeseables. Las cuentas bacterianas eran mucho menores lográndose una duración de hasta el doble o triple de la ordinaria si se mantenía en refrigeración constante.

Actualmente la ultrapasteurización logra la producción de leche - - prácticamente aséptica en los equipos VTIS (Vacuum-Therm-Instant-Sterilisers)

que esterilizan la leche instantáneamente por medio de inyección de vapor - en combinación de un sistema de llenado aséptico.

El producto obtenido por este medio es una leche de sabor y olor - natural que se conserva por periodos de tres a seis meses sin necesidad de refrigeración; con lo cual este tipo de sistema tendrá una profunda repercusión sobre la distribución de la leche y la organización de la industria lechera. En México ya se produce este tipo de leche y su desventaja respecto a la leche ordinaria consiste en el mayor costo del proceso y el envase - (40% mas caro), y sin embargo esta leche debe someterse al precio tope vigente.

HOMOGENEIZACION

Es el proceso por el cual se subdividen los glóbulos grasos de la leche hasta lograr que queden en emulsión más o menos permanente con el suero. Este efecto es expresado por la ecuación de Stokes, la cual da una velocidad con que cae una pequeña esfera en el seno de un líquido viscoso.

En este caso al descender el glóbulo de grasa por la acción de la gravedad a través de un líquido viscoso, la leche, adquiere en un momento - dado una velocidad constante (v).

$$v = \frac{2 g a^2 (d_1 - d_2)}{9 N}$$

en donde:

V = velocidad de ascenso o descenso de la esfera

g = aceleración de la gravedad

a = radio de la esfera

d1 = densidad de la esfera

d2 = densidad del fluido

N = coeficiente de viscosidad

De todos estos factores sólo pueden ser alterados por la homogeneización el radio de la esfera y la viscosidad del fluido.

Una homogeneizadora logra que se disminuya el diámetro de los glóbulos grasos de 4 - 8 micras a 2 micras aumentando su número en 100 veces, - aumentando consecuentemente el área en más de 6 veces.

La homogeneización se logra en un aparato llamado homogeneizador -

que consiste de una bomba de alta presión con émbolo que forzan la leche a alta velocidad a través de una pequeña abertura situada entre una válvula y su asiento que se regula mediante un resorte.

Durante el proceso de pasteurización se desvía la leche estando a una temperatura entre 59 - 60°C aumentándose la presión entre 2,000 y 4,000 libras por pulgada cuadrada, pasando inmediatamente a la homogeneizadora, efectuándose después la pasteurización propiamente dicha y enfriándose inmediatamente.

El objeto de efectuar la homogeneización en conjunto con la pasteurización es que se inactiva inmediatamente después de la homogeneización la lipasa, enzima que ocasiona el enranciamiento en la leche, además, el rompimiento del glóbulo graso desnaturaliza la aglutinina euglobulina que en la leche natural motiva que las partículas de grasa se unan entre sí y asciendan a la superficie dando la línea de crema.

Las ventajas que presenta la homogeneización de la leche son: mejorar la digestibilidad de la leche, incrementándose la asimilación de los ácidos grasos al tener mayor superficie al ataque de los jugos digestivos, mejora el sabor pues aumenta la viscosidad, distribuye uniformemente la crema, previene la aparición del sabor oxidado, y no se pega al fondo de los recipientes.

Entre las desventajas tenemos la desconfianza del consumidor al no ver la crema.

DEODORIZACION

El sabor normal de la leche es delicado y medianamente dulce y debe estar exento de olores y sabores desagradables. Los sabores y olores anormales se clasifican en tres grupos:

A) Sabores impartidos a la leche por hierbas y forrajes de sabor u olor intenso, como son el ajo, alfalfa ensilada y verde, col, garbanzo verde, maíz ensilado, nabo, papa, etc.

Se ha comprobado que si durante la pasteurización lenta, en el periodo de precalentamiento (nunca en el de sostenimiento), se deja destapado el pasteurizador, se reducen en muchos casos estos sabores. Actualmente se resuelve este problema empleando sistemas en los que se somete la leche a

un tratamiento al vacío, o vapor y vacío (según la marca), que remueve los sabores y olores volátiles y que puede utilizarse en combinación con los pasterizadores rápidos. Se utiliza una cámara de vacío que puede tener un condensador interconstruido; se somete la leche al tratamiento cuando su temperatura es de 72°C (después del sostenimiento), eliminando los olores y sabores volátiles así como los incondensables disueltos. Esta expansión disminuye la temperatura de la leche alrededor de 5°C y el agua evaporada es restituida por el condensador antes mencionado.

B) Olores y sabores desarrollados en la leche, después de producida. La leche es muy susceptible a absorber olores cuando éstos son fuertes, si se deja expuesta al ambiente de un establo sucio, forrajes ensilados, aunque no esté en contacto con ellos.

C) Olores o sabores impartidos a la leche por la condición física individual de las vacas y por cambios químicos o biológicos en la leche.

El sabor oxidado es debido principalmente a contaminación metálica con cobre, bronce, latón, metal monel, níquel, fierro, recipientes oxidados, etc.; a la presencia de ácidos grasos no saturados que predispone a una rápida e intensa oxidación; al aumento en la cantidad de lipasa y a la insuficiencia de vitamina C en la leche. Se previene el desarrollo del sabor oxidado con la pasterización que destruye la lipasa y libera grupos sulfhidrilos de las lactoproteínas que actúan como antioxidantes naturales.

El sabor rancio es producido por la lipasa antes de la pasterización y perdura después de ella.

El sabor agrio o ácido es producto de la acción bacteriana sobre la lactosa, desdoblándola en ácido láctico. Se evita manteniendo la leche a baja temperatura y pasterizándola.

SECCION 2.5 REGLAMENTO SANITARIO

Para la unificación de criterio en cuanto a la clasificación de leche así como disposiciones sobre plantas pasterizadoras se recurrirá al Reglamento Vigente.

REGLAMENTO SOBRE PRODUCCION, INTRODUCCION, TRANSPORTE, PASTERIZACION Y VENTA AL PUBLICO DE LA LECHE EN EL DISTRITO, TERRITORIOS Y ZONAS FEDERALES.

ARTICULO 10.- El presente reglamento tiene por objeto determinar los requisitos sanitarios y administrativos a que se sujetará la producción, introducción, transporte, tratamiento y venta de leche, destinada al consumo público.

ARTICULO 5o.- Para los efectos de este reglamento se designa con el nombre de "Planta de Tratamiento", al conjunto de locales equipados en que la leche es sometida a diversas manipulaciones antes de ser transportada.

Sobre producción y clasificación de leches.

ARTICULO 20.- La leche de cualquier especie animal para que pueda ser destinada al consumo público como alimento, debiera satisfacer los requisitos generales siguientes:

- I.- Proceder de animales sanos.
- II.- Ser pura, limpia, de olor y color normales y exenta de materias antisépticas, conservadoras o tóxicas.
- III.- No contener pus, sangre, ni bacterias patógenas.
- IV.- Estar envasada en la forma y con los requisitos que previene este reglamento.

ARTICULO 21.- La leche de vaca, además de satisfacer los requisitos del artículo anterior deberá llenar las características físicas y químicas sig:

- I.- Densidad a 15°C, no menos de 1.029.
- II.- Grado de refracción a 20°C, no menos de 37, ni más de 39° (método de Lythgoe).
- III.- Acidez (en ácido láctico), no menos de 1.4 ni más de 1.7 por mil.
- IV.- Cloruros (en cloro) no menos de 1.1, ni mas de 1.5 por mil (método de Volhard).
- V.- Lactosa, no menos de 43 gramos por mil (método polarimétrico o de Fehling).

ARTICULO 22.- Para los efectos de este reglamento y para su entrega al público, la leche se clasifica en las categorías sanitarias siguientes:

- I.- Leche certificada pasteurizada preferente (1a. categoría sanitaria).
- II.- Leche certificada pasteurizada (2a. categoría sanitaria).
- III.- Leche pasteurizada (3a. categoría sanitaria).

ARTICULO 23.- La leche certificada pasterizada preferente además de reunir las especificaciones señaladas en los artículos 20 y 21, deberá satisfacer los requisitos especiales siguientes:

- I.- Contener como mínimo 34 gramos de grasa propia de la leche por mil (método de Gerber).
- II.- Contener no menos de 85, ni más de 89 gramos de sólidos no grasos por mil.
- III.- No dejar en el filtro, antes de ser pasterizada, sedimento mayor al correspondiente al número 1 de la escala (método de Wizard).
- IV.- Antes de ser pasterizada, la media logarítmica de seis cuentas practicadas en un mes, no debe exceder de 100,000 colonias por c.c. en placa de agar, ni debe contener mas de 100,000 leucocitos por c.c. en cuenta directa.
- V.- Que sea pasterizada y envasada inmediatamente después de ordeñada, precisamente en la planta del establo en que se produce.
- VI.- La leche después de ser pasterizada no debe dar lugar a más de 30,000 colonias en placa de agar.
- VII.- La leche debe dar resultado negativo a la prueba de fosfatasa después de pasterizada.
- VIII.- La leche pasterizada debe conservarse a temperatura no mayor de 10°C, hasta su entrega al consumidor.

ARTICULO 24.- La leche "Certificada Pasterizada" además de reunir las especificaciones señaladas en los artículos 20 y 21, deberá satisfacer las sig:

- I.- Contener como mínimo 32 gramos de grasa propia de la leche por mil (método de Gerber).
- II.- Contener no menos de 83, ni mas de 89 gramos de sólidos no grasos por mil.
- III.- No dejar en el filtro, antes de ser pasterizada, sedimento mayor que el correspondiente al número 2 de la escala (método de Wizard).
- IV.- Antes de ser pasterizada la media logarítmica de seis cuentas practicadas en un mes, no deberá exceder de 500,000 colonias por c.c. en placa de agar, ni debe contener mas de 500,000 leucocitos por c.c. en cuenta directa.

- V.- Que sea pasteurizada y envasada inmediatamente después de ordeñada, en la planta del establo en que se produce. En caso de que el establo no cuente con el equipo de pasteurización, la leche será filtrada y enfriada a 10°C para ser envasada en botes reglamentarios esterilizados y enviada a una planta pública de pasteurización.
- VI.- La leche después de pasteurizada no debe dar lugar a más de 100,000 colonias por c.c. en placa de agar.
- VII.- La leche después de pasteurizada debe dar resultado negativo a la prueba de fosfatasa.
- VIII.- La leche después de pasteurizada debe conservarse a temperatura no mayor de 12°C hasta su entrega al consumidor.

ARTICULO 25.- La leche "pasteurizada", además de reunir las especificaciones señaladas en los artículos 20 y 21 deberá satisfacer las siguientes:

- I.- Contener no menos de 32 gramos de grasa propia de la leche (método de Gerber).
- II.- Contener no menos de 82, ni mas de 89 gramos de sólidos no grasos por mil.
- III.- No dejar en el filtro, antes de ser pasteurizada, sedimento mayor que el correspondiente al número 3 de la escala (método de Wizard).
- IV.- Antes de ser pasteurizada, la media logarítmica de seis cuentas practicadas en un mes no deberá exceder de 1,000,000 colonias por c.c. en placa de agar y se pueden tolerar hasta 1,000,000 de leucocitos en cuenta directa.
- V.- Que sea pasteurizada en plantas públicas de pasteurización autorizadas por la Secretaría.
- VI.- La leche, después de ser pasteurizada no debe dar lugar a mas de 200,000 colonias por c.c. en placas de agar.
- VII.- La leche después de pasteurizada debe dar resultado negativo a la prueba de fosfatasa.
- VIII.- La leche pasteurizada debe conservarse a temperatura no mayor de 12°C, hasta su entrega al consumidor.

→ Sobre las plantas de pasteurización.

ARTICULO 37.- Las plantas de pasteurización estarán situadas en edificios in dependientes fuera de zonas residenciales que señalan los ordenamientos res pectivos.

Contaran con servicios de agua potable y desagüe en los términos - de este reglamento.

ARTICULO 39.- Los materiales de construcción, albañales, tuberías, tinacos, muebles sanitarios, máquinas, aparatos y utensilios de las plantas, deberán llenar los requisitos fijados por el departamento.

ARTICULO 40.- Las plantas de pasteurización, tendran por lo menos los si- — guientes departamentos:

- I.- Para recibo de la leche.
- II.- Para tratamiento y envase.
- III.- Para lavado de botellas, conexiones sanitarias y utensilios — destinados al manejo de la leche.
- IV.- Para maquinaria de refrigeración.
- V.- Para provisión de vapor.
- VI.- Para almacenamiento y embarque de leche envasada.
- VII.- De servicios sanitarios para uso del personal.
- VIII.- Patios de servicio.

ARTICULO 41.- El departamento para recibo de la leche tendrá los siguientes locales:

- a).- Para desembarque y toma de la muestra de leche.
- b).- Laboratorio.
- c).- Para vaciado de la leche.

ARTICULO 42.- El departamento para tratamiento y envase de la leche tendrá los siguientes locales:

- a).Para pasteurización de la leche.
- b).Para envase de la leche.
- c). Plantas de concentración.

ARTICULO 43.- Las plantas de concentración de leche, para enfriar tendrán - por lo menos los siguientes departamentos:

- I.- Departamento para recibo de leche y laboratorio anexo.
- II.- Departamento para enfriamiento de la leche.

III.- Departamento para maquinaria de refrigeración.

IV.- Departamento para provisión de vapor.

V.- Departamento para servicios sanitarios para uso del personal.

VI.- Patio de servicio.

El departamento para enfriamiento contará con local para almacenamiento y mezcla de leche y para refrigeración y envase.

ARTICULO 44.- Los requisitos necesarios para instalar una planta de concentración, serán fijados por el Departamento.

CAPITULO III

LA PASTERIZACION POR PLACAS

En México se utilizan principalmente pasteurizadores rápidos por — placas de dos orígenes: americanos y europeos; aunque la construcción de am — bos tipos es muy semejante, su funcionamiento no lo es.

Los pasteurizadores americanos, tomando como ejemplo el equipo — "Cherry Burrel", constan de una bomba positiva que succiona la leche del — tanque de balanceo y la introduce a la sección de regeneración. El objeto — de usar una bomba positiva es tener una menor presión en la leche cruda en — la sección de regenerado, que la presión del medio calefactor del otro lado — de la placa. La leche se inyecta a la sección de calentamiento, de donde pa — sa a la válvula de desviación, en la que, si la leche se encuentra a la tem — peratura correcta de pasteurización (71.7°C), pasa al tubo de sostenimiento; — en el caso en que la leche no hubiese llegado a dicha temperatura, la válvu — la devuelve la leche al tanque de balanceo; del tubo de sostenimiento pasa — nuevamente a la sección de regeneración y de ahí a la de enfriamiento.

En el caso de pasteurizadores americanos, la leche cruda debe estar — sujeta a presión menor a la leche pasteurizada y tanto el agua caliente como — el agua fría que circulan en el pasteurizador deberán tener una presión me — nor a la de la leche a fin de evitar contaminaciones de la leche pasteuriza — da con la leche cruda o agua.

Los pasteurizadores de origen europeo han tenido más demanda por la — industria alimenticia nacional, tanto en leche, jugos y cerveza. Dado que — las variaciones en construcción no son apreciables entre las firmas cons — tructoras de pasteurizadoras hemos seleccionado el equipo Alfa-laval, de ori —

gen sueco, dada su amplia difusión en las industrias lecheras más importantes del país.

DESCRIPCION DEL PROCESO

La leche cruda fluye desde el tanque de recepción al tanque de balanceo, en donde un flotador mantiene constante el suministro de leche sin permitir la entrada de aire. La leche pasa al controlador de flujo por acción de una bomba centrífuga, entrando a la sección de regeneración del cambiador de placas con un gasto regulado; aquí la leche se precalienta por contacto, a través de las placas, con la leche pasteurizada que viene de la sección de sostenimiento, saliendo a 65°C aproximadamente.

El siguiente paso es la pasteurización, que toma lugar en la sección de calentamiento del cambiador, en donde la temperatura de la leche es elevada por medio de vapor al vacío, a la temperatura de pasteurización de 71.7°C. La leche fluye entonces a la sección de sostenimiento por 15 segundos, siguiendo hasta las unidades sensoras del tablero de control, donde se registra la temperatura de pasteurización, pasando después a la válvula de desviación. En caso de una caída de temperatura, el registro activador de la válvula de desvío, impide la continuación del proceso regresando la leche al tanque de balanceo para recirculación.

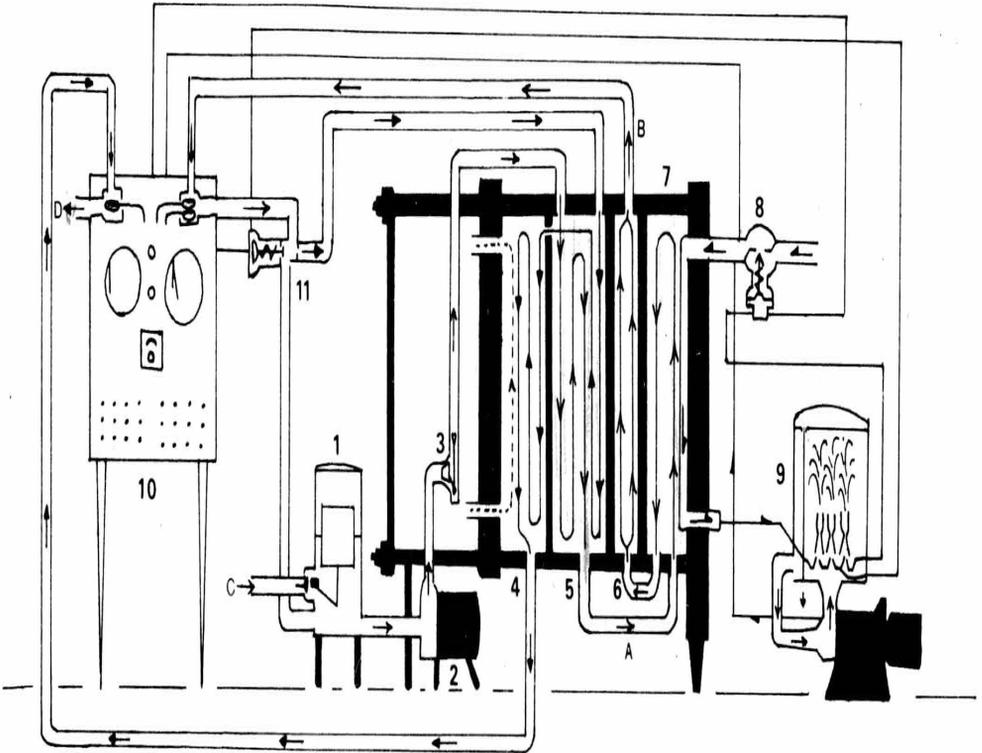
Cuando la temperatura de la leche está dentro de los límites adecuados, entra a la sección de regeneración saliendo a 12°C y posteriormente a la sección de enfriamiento (4°C), pasando a almacenamiento previo al envasado.

El homogeneizador se coloca generalmente a la salida de la sección de regeneración, antes de pasar a la sección de calentamiento para pasteurizar.

El deodorizador se encuentra a la salida de la sección de sostenimiento y una segunda bomba centrífuga envía la leche pasteurizada y deodorizada a la sección de regeneración, enfriamiento y registro de temperatura de leche fría procesada en el tablero de control. El deodorizador disminuye la temperatura de la leche a 67°C aproximadamente.

Tanto el homogeneizador como el deodorizador son equipos que se recomienda utilizar, con el objeto de obtener un producto de máxima calidad - pero es posible suprimir uno o ambos dependiendo de las propiedades del pro

FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PASTERIZACION RAPIDA POR PLACAS (ALFA - LAVAL).



- LECHE CRUDA
- LECHE PASTERIZADA
- VAPOR, CONDENSADO
- REFRIGERANTE
- VACIO

TECIC PROFESIONAL 1975
 Servio Revoh
 David Serviansky

ducto final deseado.

La fig. 3.1 es el diagrama de flujo del proceso antes descrito.

REFERENCIAS A LA FIGURA 3.1

- 1) Tanque de Balanceo
 - 2) Bomba centrífuga
 - 3) Válvula de control de flujo
 - 4) Sección de enfriamiento
 - 5) Sección de regeneración
 - 6) Sección de mantenimiento
 - 7) Sección de calentamiento
 - 8) Válvula reguladora de vapor
 - 9) Bomba de vacío
 - 10) Tablero de control
 - 11) Válvula de desvío de flujo
-
- A) Conexión al homogeneizador
 - B) Conexión al deodorizador
 - C) Entrada de leche cruda
 - D) Salida de leche pasteurizada

DESCRIPCION DEL EQUIPO

TANQUE DE BALANCEO.- El tanque de balanceo tiene como función regular la alimentación de leche cruda al pasteurizador de una manera constante y libre de aire. Este tanque, construido de acero inoxidable, tiene una válvula diseñada con un disco excéntrico que gira controlando una válvula cónica que proporciona un perfecto sello y es insensible a las impurezas del líquido.- Esta válvula se controla por medio de un flotador que registra cambios de nivel en el tanque (ver fig. 3.2).

El volumen del tanque puede ser de 50 a 100 litros dependiendo de la capacidad del equipo.

BOMBA CENTRIFUGA.- Las bombas centrífugas para este equipo están construidas, en sus partes mojadas, por acero inoxidable resistente a ácidos. El espacio libre entre el impulsor y la carcasa es muy pequeño, por lo tanto la cantidad de líquido rotando es muy pequeña evitando sobreagitación. La cubierta del motor es de acero inoxidable. Estas bombas manejan líquidos hasta 140°C. Las curvas de las bombas, serie FM, se dan en la figura 3.3.

CONTROLADOR DE FLUJO.- El objetivo de esta válvula es suministrar una cantidad constante de leche a las placas. Debido a la facilidad de variar la capacidad del equipo, variando el número de placas en cada sección, esta válvula tiene posiciones fijas según las necesidades y caída de presión existente en el equipo instalado.

Estas válvulas existen en dos versiones:

- a) Con tubo de salida no ajustable; mantiene el flujo a su capacidad fija - sus capacidades son en litros/hora: 1,000 - 2,999; 3,000 - 5,999; - - - 6,000 - 10,499; 10,500 - 20,000; 20,000 - 30,000.
- b) Con tubo de salida ajustable; que además de mantener el flujo de operación constante, tiene posiciones para limpieza y arranque; sus capacidades son, en litros/hora: 1,000 - 2,999; 3,000 - 5,999; 6,000 - 10,499; - 10,500 - 20,000.

La figura 3.4 muestra un corte de ambas válvulas controladoras de flujo.

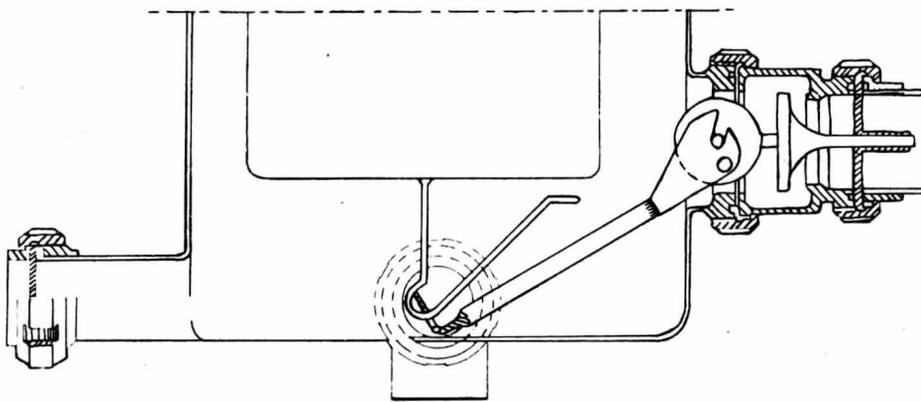


FIGURA 3.2 TANCUE DE BALANCEO, FLOTADOR Y VALVULA DE ADMISION DE LECHE CRUDA (ALFA - LAVAL).

TESIS PROFESIONAL 1975
Gergio Revah
David Serviansky

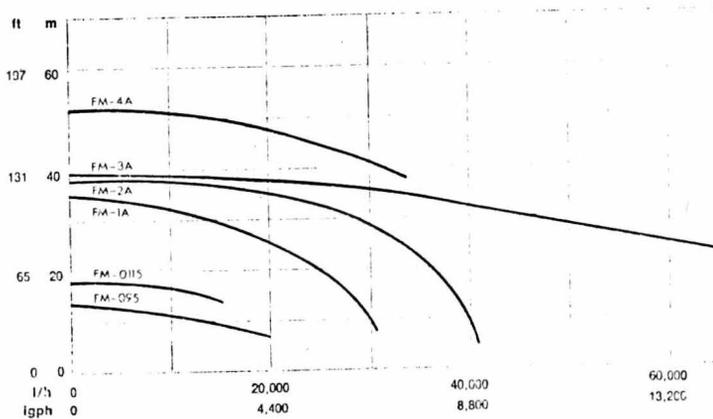
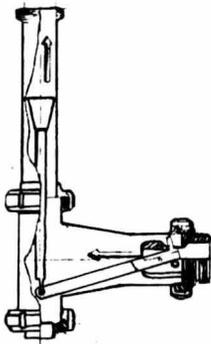


FIGURA 3.3 CURVAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS - SERIE FM - (ALFA - LAVAL)

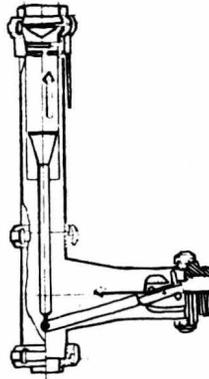
TESIS PROFESIONAL 1975

Sergio Revah

David Serviensky



CONTROLADOR NO AJUSTABLE



CONTROLADOR AJUSTABLE

FIGURA 3.4 VALVULA CONTROLADORA DE FLUJO (ALFA - LAVAL)

TF3IS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviasky

CAMBIADOR DE CALOR A PLACAS.— Estos cambiadores están formados básicamente por un bastidor y un conjunto de placas de transmisión de calor que se sitúan en el mismo. El bastidor tiene un extremo fijo al que están unidas las barras de suspensión superior e inferior. Dichas barras se apoyan y se mantienen separadas en el otro extremo del bastidor mediante un pilar soporte. Cada placa va suspendida por la barra superior y guiada por la inferior.

El paquete de placas está comprimido contra el extremo fijo del — bastidor mediante una placa de presión, móvil, situada en el extremo opuesto del bastidor cerrándose el conjunto mediante un dispositivo de presión — en dos puntos, con tuercas de apriete en ambas barras.

La superficie de transmisión calorífica consiste en cierto número de placas de metal corrugado provistas de juntas de caucho especial, comprimidas formando un paquete en un bastidor. Las placas están provistas de orificios en las esquinas, de tal manera, que los dos medios entre los cuales el calor ha de intercambiarse circulen alternativamente por los espacios entre las placas en paralelo o en serie, en la misma dirección o dirección opuesta. Cuando la temperatura del líquido ha de mantenerse constante durante un cierto tiempo se emplean placas de mantenimiento o sostenimiento, que pueden estar empotradas en el cambiador de calor o bien constan de serpentines conectados al aparato.

Los materiales de construcción son, para los bastidores, acero esmaltado, acero forrado de acero inoxidable, y para las placas y conexiones de tubería, acero inoxidable (SS) (18 CR/10 NI), acero inoxidable — — — — (SS) (18 CR/12 NI/2.7 MO), en alto pulido. Las juntas son de caucho especial nitrilo o juntas especiales para alta temperatura.

Estos cambiadores trabajan a una presión máxima de 4 kg/cm^2 , pudiéndose obtener mayor presión de trabajo modificando el grosor de las placas. La temperatura máxima de trabajo son 110°C .

El coeficiente de transmisión de calor está entre 2,000 y 5,000 — $\text{Kcal/m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$.

Las superficies de intercambio térmico varían dependiendo del modelo de placas y bastidor y se listan en la tabla 3.1. La designación de los bastidores es:

EB, RB; montado sobre suelo y cierre con presión en dos puntos.

VB,VRB; montaje mural y cierre con pernos laterales.

HB,HRB; montado sobre suelo y cierre con pernos laterales.

TABLA 3.1 SUPERFICIES Y CAPACIDAD PARA CAMBIADORES POR PLACAS *

Modelo	Capacidad hasta		Superficie máxima de intercambio térmico ₂ (bastidor) (m ²)	Superficie por placas (m ²)
	Calentamiento y enfriamiento (1/hr)	Pasterización (1/hr)		
P 5	10,000	5,000	28 (EB,RB) 19 (RB) 35 (HB)	0.14
P 14	60,000	15,000	108 (EB,RB) 36 (VB) 65 (HB,HBM)	0.36
P 45	150,000	40,000	190 (EB,RB,HB,HBM)	0.55

* Catálogo Alfa Laval.

SISTEMA DE VAPOR AL VACIO.- Este sistema consta de una válvula de regulación de vapor con aparato de humedecimiento, un regulador de temperatura y bomba de vacío.

La sección de calentamiento del intercambiador es puesta bajo vacío por la bomba, la cual también evacúa el condensado. El vapor es alimentado al cambiador a través de la válvula de vapor y baja su presión en la sección de calentamiento.

Un aparato de humedecimiento alimenta condensado al vapor, en la válvula, previniendo sobrecalentamiento de vapor, cayendo la temperatura a la de saturación, que es algunos grados más que la deseada en el producto.

El aparato de humedecimiento incluye:

- ya sea una válvula ajustable montada en el lado de la sección baja de la válvula de vapor y conectada por una tubería al lado de la presión de la bomba de vacío,
- o un inyector montado entre la válvula de regulación de vapor y la conexión de vapor del cambiador de calor y conectado por medio de una tubería a la salida del condensado del cambiador.

La temperatura de la leche se mantiene constante regulando la can-

tividad de vapor, por medio de la válvula de regulación de vapor y el regulador de temperatura, el cual tiene un cuerpo termosensitivo colocado en el líquido calentado.

La bomba de vacío es de tipo centrífugo con motor, tubería de succión, tanque, serpentín de enfriamiento y tres inyectores. La bomba presiona agua a través de los inyectores y esto da como resultado un vacío en la parte más angosta de los inyectores; el agua circula desde el tanque a través de la tubería de succión y regresa a la bomba.

Cuando se conecta el inyector a la salida del condensado, éste esccionado al tanque y se mezcla con el agua en circulación, el agua sobrante se descarga a través de un rebosadero.

El sistema completo de vapor al vacío se muestra en la figura 3.5.

REFERENCIAS A LA FIGURA 3.5

- 1) Sección regenerativa
- 2) Sección de calentamiento
- 3) Sección de mantenimiento
- 4) Entrada de leche al intercambiador
- 5) Salida para líquido tratado
- 6) Tubería de vapor
- 7) Válvula de cierre para el vapor
- 8) Salida de condensado
- 9) Tubería de retorno para condensado
- 10) Válvula de aire electromagnética
- 11) Válvula de desvío
- 12) Válvula de regulación de vapor
- 13) Bomba de vacío
- 14) Línea de vacío para válvula de regulación de vapor
- 15) Línea de vacío para válvula de desvío
- 16) Tubo capilar con cuerpo sensible para regulador de vapor
- 17) Línea de humedecimiento para válvula reguladora de vapor

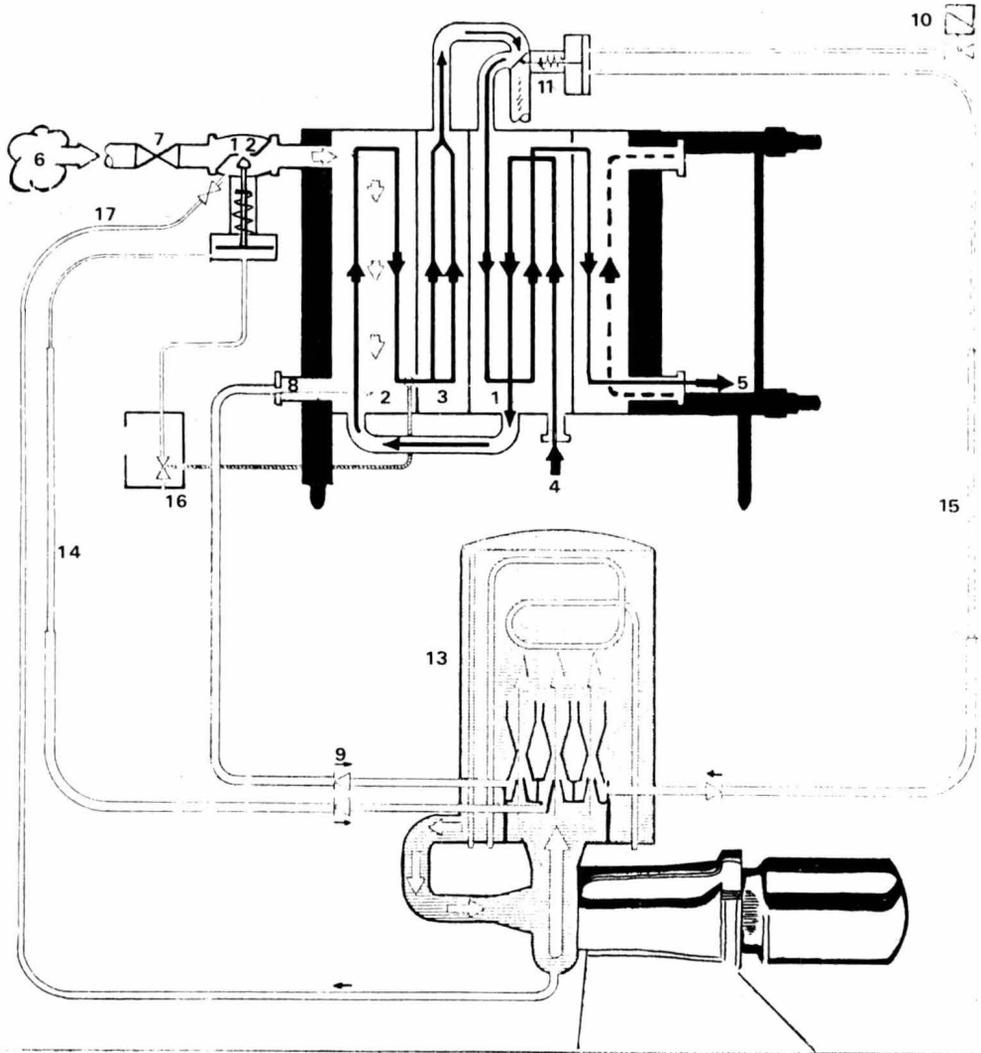


FIGURA 3.5 SISTEMA DE CALENTAMIENTO CON VAPOR AL VACIO (ALFA - LAVAL)

TESIS PROFFSIONAL 1975
 Sergio Revah
 David Serviensky

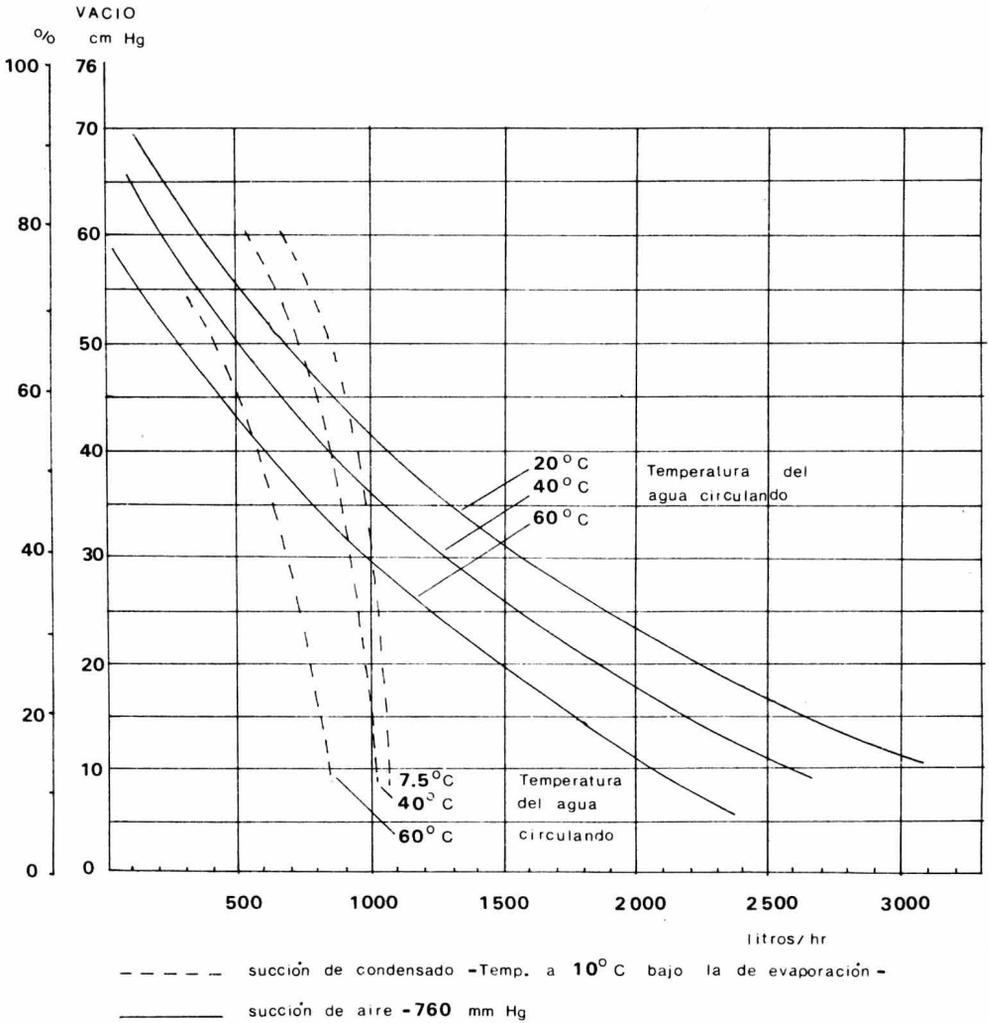


FIGURA 3.6 GENERACION DE VACIO EN FUNCION AL GASTO DE AGUA (BOMBA DE VACIO VAD...) (NLEA - L'AVPL).

TESIS PROFESIONAL 1975
 Sergio Arceh
 David Sorviansky

Entre las especificaciones de la bomba de vacío tenemos: un motor de 2 H.P., 1,400 R.P.M., trifásico, 220 volts; temperatura de agua circulando cuando menos 20°C menor que la temperatura del vapor al vacío; cantidad de agua de enfriamiento en litros/min se da por la relación

$$W = 6.5 \times 1.5 \times \text{vapor} \left(\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right)$$

La fig. 3.6 muestra la generación de vacío de la bomba en función al gasto de agua.

TABLERO DE CONTROL.— El tablero de control consta de un gabinete de acero inoxidable con conexiones para circulación de producto frío y caliente (ver fig. 3.1) y está equipado con los siguientes instrumentos:

- a) un termógrafo de tres plumas para registro continuo de temperatura del producto frío y caliente y las posiciones de la válvula de desvío.
- b) un termistor colocado en el producto caliente y conectado a
- c) un rely electrónico con rango de 60-80°C ó 100-140°C que amplifica las señales del termistor y hace funcionar a
- d) una válvula de aire-electromagnética conectada a la cámara de vacío de la
- e) válvula de desvío de flujo, que recircula el producto caliente si no alcanzó la temperatura deseada;
- f) control de temperatura, para la sección de calentamiento;
- g) medidores de vacío para vapor y vacío de servicio;
- h) interruptor de control con luces indicadoras para las diferentes posiciones de válvula de desvío.
- i) accionadores de motores, calentador para prevenir condensaciones en el gabinete, termómetros de vidrio, alarma en válvula de desvío.

HOMOGENEIZADOR.— Por medio de alta presión, aflojamiento sucesivo y válvulas especiales se obtiene un desmenuzamiento considerable en los glóbulos grasos. Se acostumbra integrar el homogeneizador a la salida del producto de la sección de regeneración, obteniendo mayor eficiencia de rompimiento a mayor temperatura, efectuándose la homogeneización a 65°C. A continuación pasa el producto homogeneizado a la sección de calentamiento.

Una bomba horizontal de tres émbolos con accionamiento de manivela

proporciona la alta presión. La transformación deseada de la energía de com presión se realiza en el dispositivo homogeneizador.

El homogeneizador consta de los siguientes elementos:

- a) Mecanismo de accionamiento.- la manivela, bielas, cruceta y prolongaciones de las crucetas son montados en un armazón de hierro, la lubricación de todos los cojinetes es a presión, tiene además un sistema de refrigeración para el aceite de lubricación.
- b) Bloque de la bomba.- en el bloque cilíndrico de una pieza son instalados los émbolos, empaques, válvulas de succión, descarga. Los materiales para los émbolos, empaques y el bloque del cilindro hacen que la maquina - pueda ser adaptada a cualquier servicio.
- c) Manómetro.- con el objeto de registrar la presión.
- d) Cabezal homogeneizador.- la homogeneización se efectúa a consecuencia de la cavitación, turbulencia y choque del producto tratado. Estos efectos pueden ser llevados a cabo en tres tipos de cabezales diferentes:

1.- Cabezal homogeneizador con válvula aro de choque (tipo P) ya sea doble o sencillo.

2.- Cabezal homogeneizador con dispositivo cónico (tipo C) ya sea doble o sencillo.

3.- Cabezal homogeneizador de tobera en versión sencilla.

Para dibujos sobre cabezales, ver figura 3.7.

Para cabezales disponibles según el tipo de homogeneizadora, consultar tabla 3.2.

- e) Armazón.- para la industria lechera se usa un armazón con revestimiento de acero inoxidable.
- f) Accionamiento.- el accionamiento es por motor eléctrico que acciona la - bomba y equipo por medio de bandas.
- g) Equipo eléctrico.- reguladores de presión electro-mecánicos para control de arranque ya sea en versión manual o automáticos.

Las capacidades según el equipo así como los cabezales disponibles, se encuentran en la tabla 3.2.

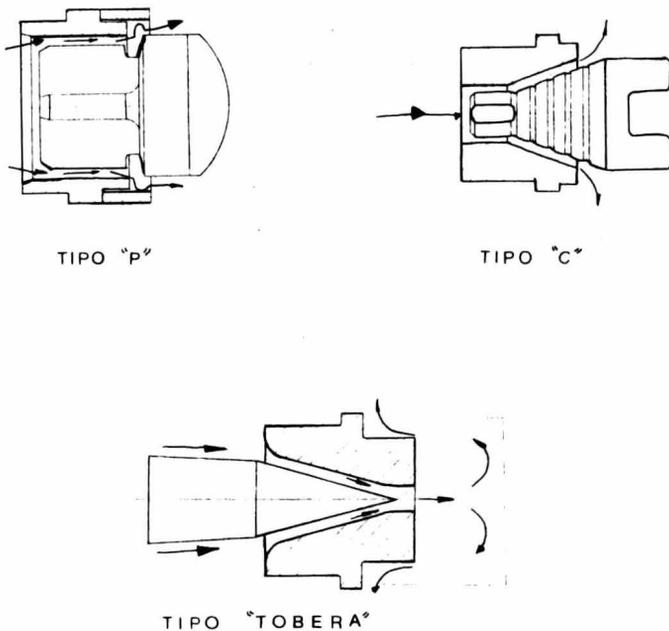


FIGURA 3.7 DIFERENTES TIPOS DE CABEZALES HOMOGENIZADORES (ALFA - LAVAL).

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviansky



TABLA 3.2 CAPACIDADES Y CABEZALES DISPONIBLES PARA
CADA HOMOGENEIZADOR *

EQUIPO	CAPACIDAD (1/hr)	CABEZALES DISPONIBLES
SH 10	80-240 (630 bar)(émbolo 14 ø)	Tipo P (doble y sencillo)
	150-450 (400 bar)(émbolo 18 ø)	Tipo Tobera
	170-500 (315 bar)(émbolo 20 ø)	
SH 20	250-4,000 (200 bar)	Tipo P (doble y sencillo)
	250-3,000 (300 bar)	Tipo C (doble y sencillo)
	250-1,500 (350 bar)	Tipo Tobera
SH 30	4,000-12,000 (200 bar)	Tipo P (doble y sencillo)
	2,500-10,000 (300 bar)	Tipo C (doble y sencillo)
	1,500-6,000 (350 bar)	
SH 35	10,000-22,000 (150 bar)	Tipo P (doble y sencillo)
	10,000-18,000 (180 bar)	Tipo C (doble y sencillo)
	10,000-15,000 (200 bar)	

* Catálogo Alfa Laval.

DEODORIZADOR.- El deodorizador es una cámara de vacío cuyo objeto es el remover los gases no condensables del producto, los cuales proporcionan olores desagradables a la leche.

Se alimenta la leche proveniente de la sección de sostenimiento — del cambiador a la cámara de vacío a una temperatura aproximada de 72°C, y se le somete al vacío de 0.5 kg/cm². Los gases no condensables son eliminados por el vacío y el agua evaporada es condensada en la sección superior — de la cámara, mediante agua de enfriamiento que circula por una chaqueta — condensadora, y reconstituida a la leche. A continuación la leche deodorizada, a una temperatura de 67°C, es bombeada a la sección de regeneración del cambiador.

El tanque y la cubierta son de acero resistente a ácidos - - - - - 17 Cr/12 Ni/2.7 Mo pulido externa e internamente. Tiene mirillas de vidrio. Los tanques con condensador integral (3 m² ó 6 m²) tienen turbina de espreado en la cámara de vacío y un orificio de espreado para el condensado.

La capacidad según los modelos de tanque de expansión son:

DC	500 :	8,000 l/hr
DC	750 :	20,000 l/hr
DC	1,000 :	40,000 l/hr

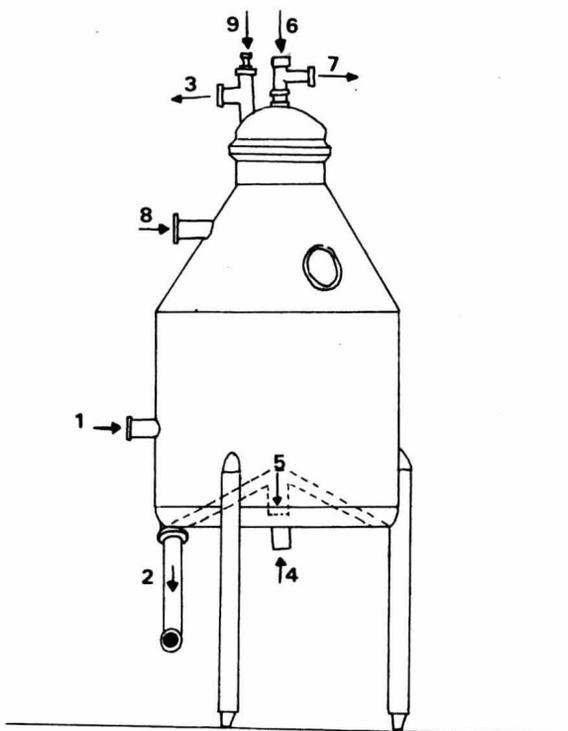


FIGURA 3.8 CAMARA DE VACIO DEL DEODORIZADOR (ALFA - LAVAL).

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviansky

La máxima cantidad de vapor (temperatura de vapor 70°C y del agua de enfriamiento 20°C) para condensador de 3 m² es de 300 kg/h, y para condensador de 6 m² es de 500 kg/h.

Las conexiones del deodorizador son (ver figura 3.8):

- 1.- entrada de producto
- 2.- salida de producto
- 3.- salida de gases
- 4.- entrada de agua de enfriamiento para evitar espuma
- 5.- salida de agua de enfriamiento para evitar espuma
- 6.- entrada de agua de enfriamiento para condensador
- 7.- salida de agua de enfriamiento para condensador
- 8.- líquido de limpieza a turbina de espreado
- 9.- líquido de limpieza al condensador

OPERACION Y LIMPIEZA

=====

Para proteger las juntas de goma en la puesta en marcha deberá elevarse la presión lentamente a su valor máximo, regulando los grifos en las salidas de bomba. La presión plena no deberá ponerse hasta que se haya alcanzado la temperatura normal de trabajo.

Inmediatamente después del arranque se evacúa el aire a través de los grifos de purga. El aire dentro del aparato puede causar un quemado - - fuerte de las placas disminuyendo su capacidad de conducción de calor e incrementando el riesgo de corrosión. Si el aire se acumula en las placas de mantenimiento puede ocurrir que no se obtenga el tiempo de sostenimiento intencionado.

El lado de succión de la bomba y los tubos y válvulas delante de la entrada de la misma deberán controlarse minuciosamente y tapar las posibles fugas.

Una manera adecuada de efectuar el control anterior y arranque del equipo es hacerlo con agua hasta que alcance las temperaturas de operación del equipo, y recirculando el agua al tanque de balanceo abierto para observar las burbujas de aire que ha entrado al sistema. Se introduce la leche cruda al sistema y se tira el agua al desagüe hasta que aparezca la leche, teniendo cuidado de no permitir continuar a envasado leche revuelta con a-

gua.

Para el lavado y esterilización del equipo, después de su operación deberá vaciarse el equipo de producto y salmuera, si ésta se utiliza como enfriamiento. Deberá desconectarse los equipos o partes que no son de acero inoxidable para protegerlas del ácido nítrico, así como los instrumentos que no resisten la temperatura de lavado, (el equipo estándar de "Alfa-Laval" resiste el ácido y la temperatura). Se deben soltar las tuercas de tensión para evitar sobrecargas por la dilatación.

El paso del líquido durante el lavado y enjuague deberá ser por lo menos el mismo como en operación. Si se disminuye la velocidad de paso pueden producirse cojines de aire disminuyendo la eficiencia de limpieza.

Nunca se deberá pasar de los 70°C con ningún detergente, y no se deberán emplear soluciones mas concentradas de los mismos. Los detergentes se deben agregar gradualmente para evitar mayores concentraciones locales, y los detergentes sólidos (sosa cáustica) deben disolverse primero en menores cantidades de agua.

Debe prepararse una solución fresca de ácido para cada lavado, así como agua limpia de calidad potable libre de sal común.

La lejía cáustica puede ser reemplazada por un detergente alcalino para máquina el cual tiene además producto mojadador, fosfatos y otros productos que evitan la precipitación de cal.

Para la limpieza diaria, inmediatamente después del uso y después de desalojar el producto con agua se enjuagará hasta que ésta salga clara; a continuación se hace circular una solución de 0.7-1.5 % en peso de lejía cáustica a 60°C, máximo a 70°C, durante 30 minutos; se vuelve a enjuagar hasta que el agua salga clara. Se repite el lavado a circulación con ácido nítrico 0.7 % en volumen a 60°C, máximo 70°C, durante 30 minutos; para finalizar se repite el enjuague hasta que salga clara.

Para la esterilización se hace circular agua a 80°C, 90°C como máximo, durante un mínimo de 10 min. hasta que todas las piezas del sistema se hayan mantenido a esta temperatura durante 5 minutos cuando menos. El uso de bactericidas presenta ciertos riesgos para el acero inoxidable, por lo que se recomienda el uso de bactericidas a base de un contenido de cloro activo no mayor de 10 gramos por 100 litros de agua, y a una temperatura no mayor de 20°C.

INVERSION EN EQUIPO

EQUIPO DE PASTERIZACION.- Los datos mostrados a continuación, respecto al equipo de pasterización por placas, fueron obtenidos mediante cotización directa de los representantes acreditados en México de Alfa-Laval Sueca. Todos los precios están anotados en pesos mexicanos, al tipo de cambio del día 21 de mayo de 1975.

TABLA 3.3 INVERSION EN EQUIPO DE PASTERIZACION POR PLACAS
"ALFA-LAVAL" *

Capacidad (l/hr)	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000
A.Pasterizador (FOB Suecia)	200,970	232,870	264,770	287,100	398,750
B.Homogeneizador(FOB ^{Alma} nia)	260,680	456,875	553,625	585,875	618,125
C.Deodorizador (FOB Suecia)	137,170	137,170	191,400	191,400	226,490
D.Pasterizador(México,D.F.)	302,150	347,888	393,626	425,642	585,726
E. Total (FOB)	598,800	826,915	1,009,800	1,064,375	1,243,360
F. Total (México,D.F.)	872,600	1,999,625	1,461,800	1,540,100	1,796,700

* Cotización proveedor.

El pasterizador (A) incluye: bomba de leche con control de flujo, tanque de balanceo BTB, aparato a placas, sistema de calentamiento (bomba VAD-3, control de temperatura TC-1 y válvula de vapor), y tubería.

El deodorizador (C) incluye: bomba de leche, cámara de vacío, control de vacío, bomba de vacío, vacuómetro, y tubería.

La conversión de precio FOB en Suecia o Alemania, al precio en México, D.F., toma en cuenta:

Impuesto de importación del 30% sobre el valor en Suecia o Alemania.

Fletes y seguros del 5% sobre el valor agregado anterior.

Gastos aduanales que incluyen honorarios al agente aduanal, honorarios consulares y movimientos en muelle, constituyen el 1% sobre el valor agregado anterior.

Impuesto sobre ingresos mercantiles del 4% sobre el valor acumulado hasta aquí.

Fletes al Distrito Federal, \$ 6,000.00

Mano de obra e instalación, \$ 8,000.00

Por lo tanto la expresión para la conversión es:

$$\text{Precio (México,D.F.)} = \text{Precio (FOB)} \times 1.3 \times 1.05 \times 1.01 \times 1.04 + 14,000$$

$$\text{Precio (México,D.F.)} = \text{Precio (FOB)} \times 1.434 + 14,000$$

El valor en el renglón (D) se obtuvo al aplicar la expresión al renglón (A). El valor del renglón (E) es la suma de (A) + (B) + (C). El renglón (F) es el resultado de aplicar la expresión anterior al renglón (E).

CALDERAS. - La capacidad de la caldera está determinada por el requerimiento de vapor en planta. El vapor necesario para el calentamiento de leche (pasteurización) representa aproximadamente el 80% del requerimiento de planta. - El vapor sobrante se utiliza para limpieza de equipo, canastillas, recepción, etc. Además se dio un margen adecuado para pérdidas.

La cantidad de vapor requerida en planta está dada por la expresión:

$$\text{Cant. vapor (kg/hr)} = \frac{W \text{ (1/hr)} \times d \text{ (kg/l)} \times (T_2 - T_1)}{(\text{calor latente vap.}) \times 0.8}$$

El tamaño de una caldera está dado por su capacidad de producción de vapor, y se expresa generalmente en "caballos caldera". Un caballo caldera equivale a 15.65 kg/hr de vapor.

Substituyendo los valores de las constantes y tomando en cuenta esta relación, los caballos caldera requeridos por planta están dados por:

$$\text{C.C.} = \frac{W \text{ (1/hr)} \times 1.031 \times (72 - 65)}{550 \times 0.8 \times 15.65}$$

$$\text{C.C.} = 8.385 \times 10^{-4} \times W \text{ (1/hr)}$$

En la tabla 3.4 se tabulan los caballos caldera requeridos en planta, los caballos caldera disponibles comercialmente, y las cotizaciones de las mismas.

X TABLA 3.4 CALDERAS PARA PASTERIZACION POR PLACAS. *

Capacidad (l/hr)	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000	30,000
C.C. requerido	0.84	4.2	6.7	8.4	12.6	25.15
C.C. disponible	5	5	10	10	15	30
Costos:						
Caldera	65,000	65,000	75,000	75,000	80,000	113,000
Tanque combustible	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Tratamiento aguas	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
Chimenea	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Instalación:						
mano de obra mate- riales	10,000	10,000	15,000	15,000	15,000	20,000
Total para planta	93,000	93,000	108,000	108,000	113,000	151,000
Total para pasteri- zación.	74,000	74,000	86,400	86,400	90,400	120,800

* Cotización proveedor.

Las calderas de 5, 10, 15 caballos caldera son de marca Selmepec - con tubos de humo de dos pasos, tiro forzado y superficie de calentamiento de 2.7, 6.11 y 8.4 metros cuadrados respectivamente; combustible Diesel. — Calculados para una presión de diseño de 10.5 kg/cm^2 y operación de - - - - 5 kg/cm^2 .

La caldera de 30 caballos caldera es de marca Cleaver Brooks con - tubos de humo de cuatro pasos, tiro forzado y superficie de calentamiento - de 18.6 metros cuadrados; combustible Diesel y calculada para las mismas - presiones.

Es importante hacer notar que sólo el 80% de la inversión total en calderas se debe al proceso de pasterización, como se indica en el último - renglón de la tabla 3.4.

REFRIGERACION.— La capacidad del equipo de refrigeración está determinada - por el requerimiento de agua helada en la planta. El agua helada necesaria - para el enfriamiento de leche durante la pasterización representa aproxima- damente el 70% del requerimiento en planta. El resto se utiliza fundamen- talmente para el enfriamiento de leche cruda antes de su almacenamiento.

Las toneladas de refrigeración requeridas por la planta están da—

das por la siguiente expresión:

$$T.R. = \frac{W (1/hr) \times d (kg/l) \times (T_2 - T_1) \times 7 \text{ hr/día}}{3,024 \text{ kcal/(hr)}(T.R.) \times 0.7 \times 16 \text{ hr/día}}$$

pues el equipo de pasterización en un turno, requiere de 7 horas de suministro de agua helada, ya que el resto del tiempo se utiliza en limpieza; el equipo de refrigeración funciona continuamente por 16 horas. Expresando las toneladas de refrigeración en función a la capacidad de pasterización de leche, se tiene:

$$T.R. = \frac{W (1/hr) \times 1.031 \times (12 - 5) \times 7}{3,024 \times 0.7 \times 16}$$

$$T.R. = 0.001491 \times W (1/hr)$$

Los valores de capacidad de refrigeración requeridos en planta se muestran en la tabla 3.5.

La inversión en refrigeración puede correlacionarse en función a su capacidad por la siguiente expresión:

$$\text{COSTO A} = \left(\frac{\text{CAPACIDAD A}}{\text{CAPACIDAD B}} \right)^X \text{COSTO B}$$

donde los datos para el equipo (B) son conocidos y la constante X es el factor de escalamiento. Este factor es específico para cada tipo de equipo.

El equipo de refrigeración por bancos de hielo consta de dos secciones bien diferenciadas:

- a) El equipo de refrigeración.- consta de una o varias compresoras acopladas a uno o varios motores eléctricos, un condensador evaporativo normalmente para amoníaco con ventilador y bomba de circulación de agua, recipiente refrigerante líquido, tubería y accesorios. En este equipo el factor de escalamiento es de 0.85.
- b) Los bancos de hielo.- consta de un tanque de almacenamiento de hielo con juego de serpentines, agitador, láminas deflectoras, bombas de circulación de agua helada, tuberías, accesorios, y aislamiento. El factor de escalamiento en este caso es de 0.7, y se aplica también a la mano de obra e instalación.

Se obtuvo una cotización actual para un equipo de las características anteriores, para una capacidad de 11 toneladas de refrigeración. Utilizando estos datos con los factores de escalamiento correspondientes se obtuvo la correlación siguiente:

$$\text{INVERSION} = \left[\frac{\text{T.R.}}{11} \right]^{0.85} \times 119,240 + \left[\frac{\text{T.R.}}{11} \right]^{0.7} \times 212,110$$

Los valores de inversión en equipo de refrigeración para cada capacidad de pasteurización se muestran en la siguiente tabla:

TABLE 3.5 INVERSION Y CAPACIDAD EN EQUIPO DE REFRIGERACION PARA PASTERIZACION POR PLACAS.

Capacidad de pasteurización (l/hr)	Refrigeración requerida en planta (T.R.)	Inversión estimada (pesos) en planta por pasteurización
1,000	1.5	74,500
5,000	7.4	245,800
8,000	11.9	351,600
10,000	14.9	416,600
15,000	22.4	567,200
30,000	44.7	958,800
		52,150
		172,060
		246,120
		291,620
		397,040
		671,020

Es importante recordar que sólo el 70% de la inversión total en planta para refrigeración corresponde al proceso de pasteurización, como se indica en la última columna de la tabla 3.5

COSTOS DE OPERACION

PASTERIZADOR. - En esta sección sólo consideraremos los costos por consumo de electricidad de los motores de las bombas de leche, bombas de vacío y homogeneizador.

El costo anual por consumo de electricidad se obtiene mediante la siguiente conversión:

$$\text{Costo electricidad} = \text{HP} \times 0.745 (\text{kwh/HP}) \times t (\text{hr/día}) \times 365 (\text{día/año}) \times 0.25 (\$/\text{kwh})$$

$$\text{Costo anual de electricidad} = 67.98 \times \text{HP} \times t (\text{hr/día})$$

En este equipo, todos los motores funcionan 8 horas por turno de operación. Los valores de las potencias de los motores y los costos anuales de electricidad para el equipo de pasteurización se muestran en la tabla 3.6

X TABLA 3.6 COSTOS DE OPERACION ANUALES PARA EL PASTERIZADOR POR PLACAS.

Capacidad de Pasterización (1/hr)	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000
A) Pasterizador					
Bomba de leche (HP)	3.5	3.5	3.5	6	6
Bomba de vacío (HP)	2	2	2	2	2
B) Deodorizador					
Bomba de vacío (HP)	4	4	4	6	6
Bomba de leche (HP)	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5
Homogeneizador (HP)	15	49.7	73.8	100.6	100.6
COSTO ANUAL (A)	^{1,500,000} 3,000	3,000	3,000	4,350	4,350
COSTO ANUAL (A + B)	^{81,575,000} 16,315	35,180	48,292	66,402	66,402

CALDERA.- Los costos de operación en este caso son por consumo de combustible y energía eléctrica básicamente. No consideraremos el consumo de agua debido a la reutilización de condensados.

El costo anual por combustible depende de los caballos caldera efectivos y se da por la relación:

$$\text{Costo}_{\text{combustible}} = \text{C.C.} \times 1.13(1/\text{C.C.}) \times 0.53 (\$/1) \times 8 (\text{hr/día}) \times 365(\text{día/año})$$

$$\text{Costo anual de combustible} = 1749 \times \text{C.C.}$$

Los costos anuales de combustible y electricidad se dan en la tabla 3.7

X TABLA 3.7 COSTO ANUAL POR VAPOR EN PASTERIZADOR POR PLACAS.

Capacidad (1/hr)	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000	30,000
C.C. requerido	0.84	4.2	6.7	8.4	12.6	25.15
Consumo electricidad (HP)	3	3	3	3	3	5
Costo anual electricidad	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,700
Costo anual combustible	1,470	7,350	11,720	14,690	22,040	44,080
Costo anual planta	2,490	8,370	12,740	15,710	23,060	45,780
Costo anual pasteurización	1,992	6,700	10,190	12,570	18,450	36,625

Los caballos caldera requeridos en planta se obtuvieron de la ta-

bla 3.4 y los consumidos por el pasterizador realmente son el 80% de los anteriores. El consumo de electricidad se obtuvo de la relación correspondiente con el tiempo efectivo de operación (t) de 5 horas diarias pues la caldera funciona intermitentemente.

REFRIGERACION, - Los costos de operación de esta sección se muestran en la -
- tabla 3.8 -

X TABLA 3.8 COSTO ANUAL POR AGUA HELADA EN EL PASTERIZADOR
POR PLACAS.

Capacidad (l/hr)	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000	30,000
Potencia (HP)						
Compresor	5	10	15	20	30	60
Agitador	0.33	0.5	1	1.5	2	3
Bomba cond. evap.	0.33	0.33	0.33	0.5	0.5	1
Ventilador cond. evap.	0.25	0.75	1.5	1.5	2	3
Bombas agua helada	1	3	5	5	7.5	15
Costo anual planta	7,515	15,860	24,830	31,000	45,680	89,200
Costo anual pasterización.	5,260	11,100	17,328	21,700	31,980	62,430

El costo de electricidad se calculó de la expresión correspondiente y sobre una base de 16 horas de operación al día. Las bombas de circulación de agua helada trabajan realmente por las 7 horas del proceso de la leche, y durante el enfriamiento de leche cruda, consumiendo ambas bombas el equivalente a una sola en 16 horas. Como se mencionó anteriormente, el costo anual de refrigeración para pasterización corresponde al 70% de los costos totales de refrigeración.

PERSONAL Y DETERGENTES.- El personal mínimo requerido para la operación es de 4 obreros especializados; uno para el pasterizador y equipos auxiliares, un segundo para la caldera y tratamiento de aguas, y dos cubriendo los turnos de refrigeración.

El sueldo de un obrero calificado dentro de la industria lechera - en México es de \$ 125.00 diarios. Además del sueldo debe considerarse un - 20% adicional para prestaciones, reparto de utilidades, etc. Este porcentaje también incluye los pagos al INFONAVIT, Seguro Social y gratificaciones. Por lo tanto el costo anual por empleado es:

Costo anual por obrero especializado = $125 \times 365 \times 1.2$

Costo anual por obrero especializado = \$ 54,750.00

Costo anual por personal = $54,750 \times 4 = \$ 219,000.00$

Para los costos en detergentes debe considerarse el tamaño del tanque de balanceo, pues se llena con la solución de limpieza o bactericida y se recircula por el equipo según indicaciones anteriores. Las cantidades requeridas, y los costos anuales por concepto de limpieza se indican en la tabla 3.9.

TABLA 3.9 COSTOS ANUALES POR LIMPIEZA DEL PASTERIZADOR POR PLACAS.

Capacidad de pasterización (1/hr)	1,000 y 5,000	8,000 a 15,000
Volumen del tanque de balanceo (l)	50	100
Consumo (kg/día):		
Sosa al 50 %	1.5	3
Acido al 66 %	1.5	3
Bactericida al 0.1 %	0.05	0.1
Costo anual (pesos):		
Sosa (4.00 \$/kg)	2,190	4,380
Acido (14.00 \$/kg)	7,665	15,330
Bactericida (3.10 \$/kg)	60	120
COSTO TOTAL ANUAL	9,915	19,830

CAPITULO IV

ACTINIZACION

El término "actinización" se aplica a un proceso patentado en 1936 por el Ing. W.P. de Stoutz, con el propósito de pasteurizar y estabilizar alimentos líquidos sin alterar su composición ni sus cualidades organolépticas.

El principio del proceso consiste en la absorción de cierta cantidad de energía radiante o actínica, producida por una fuente de rayos.

La irradiación de alimentos se considera principalmente un método de conservación, de muy reciente estudio. Existen varias formas de energía radiante emitidas por diversas fuentes, y pertenecen al espectro electromagnético de radiaciones, difieren en cuanto a longitud de onda, frecuencia, - fuerza de penetración y diversos efectos que ejercen sobre los sistemas biológicos. Algunas de estas formas de energía radiante y sus efectos bactericidas se muestran en la tabla 4.1.

TABLA 4.1 EFECTOS BACTERICIDAS DE DIVERSAS LONGITUDES DE ONDA DE ENERGIA RADIANTE. (7).

Clasificación.	Longitud de onda Angstroms.	Efectos germicidas.
Larga invisible	menos de 1,000	ninguno
radio	muy larga	puede aumentar la
calor infrarrojo	8,000 y mayores	temperatura
Visible		
roja, anaranjada, amarilla, verde, azul, violeta.	4,000 a 8,000	poco o ninguno
Corta invisible		
gama total de ultravioletas.	136 a 4,000	
	3,200 a 4,000	escala fotográfica y fluorescente.
	2,800 a 3,200	bronceo de la piel humana, vitamina D que combate el raquitismo.
	2,000 a 2,800	máxima fuerza germicida
	1,500 a 2,000	región Shuman
	1,000	formación de ozono, germicida en concentración adecuada
Rayos X	1,000 a 1,500	
Rayos Alfa, beta y gamma	menos de 1,000	germicida
Rayos cósmicos	muy corta	probablemente germicida

(7) Norman N. Potter. La Ciencia de los Alimentos. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México. Buenos Aires, 1973.

El uso de rayos ultravioletas para aumentar el contenido de vitamina "D" en la leche cayó en desuso debido al auge de las vitaminas sintéticas. La acción de la luz ultravioleta cambia el ergosterol de la leche en vitamina D; sin embargo actualmente se usa para inactivar los microorganismos en la superficie de los alimentos, como se observa en la tabla 4.1. Este tratamiento requiere equipo que provea una película delgada (aproximadamente 1/3 de milímetro de espesor) sobre la superficie donde los rayos ultravioleta se dirigen o bien una alta turbulencia de flujo en tubería especiales para contrarrestar la poca penetración de la radiación. Los rayos pueden obtenerse por lámparas de vapor de mercurio de cuarzo, tubo de cuarzo, arco de carbón, etc. Las longitudes de onda más efectivas son entre 2,000 y 2,800 angstroms. Es recomendable hacer este tratamiento cuando la leche cruda está fría.

Los rayos infrarrojos son los más eficaces para inducir un calentamiento en la leche y lograr así alcanzar temperaturas de pasteurización, que en combinación con un tiempo adecuado da un producto dentro de las normas sanitarias. Las longitudes de onda para las radiaciones infrarrojas oscilan entre 4,000 y 14,000 angstroms.

DESCRIPCION DEL PROCESO

La primera información que se tiene acerca de la pasteurización de leche por una combinación de radiación ultravioleta y tratamiento térmico - mediante radiación infrarroja es la referencia del "Chemical Abstracts" (9) en donde se describe el proceso de la siguiente forma: Primero se trata la leche de 10 a 50°C por exposición menor a 10 seg. con rayos ultravioletas - (2,537 angstroms), con intensidad de 12 a 60 microwatts/cm². Segundo, la leche es tratada por tiempo menor a 10 seg. con irradiación de 4,500 a 14,000 angstroms, donde se calienta casi instantáneamente a 82°C. Tercero, se enfría la leche a 5°C para su consumo o utilización en manufactura de quesos. El efecto bactericida continua por alrededor de 96 horas después del tratamiento, manteniéndose a esta última temperatura. El tratamiento no daña los biocatalizadores esenciales en la manufactura de quesos. *WOLA*

Las condiciones del proceso han permanecido constantes y el diagrama de flujo, mostrado en la figura 4.1, comprende:

La leche cruda, ya filtrada y clarificada, llega a un tanque de almacenamiento y balanceo, donde puede estandarizarse en caso necesario.

A continuación se impulsa mediante una bomba centrífuga a la sección de regeneración, pasando por una válvula reguladora de flujo; en la sección de regeneración se precalienta la leche cruda a 65 - 70°C, con la leche ya actinizada, por medio de un intercambiador de calor de doble tubo. Después, la leche precalentada circula por la sección de radiación infrarroja, donde se lleva a cabo la pasteurización a una temperatura de 82°C con exposición menor a 10 segundos. La leche actinizada es preenfriada al pasar por la sección de regeneración, a una temperatura de 20 - 25°C; refrigerándose a continuación con un equipo de expansión de gas o con salmuera helada, obteniéndose el producto final a 5°C. Por último la leche actinizada a 5°C, se almacena en un tanque para ser después envasada.

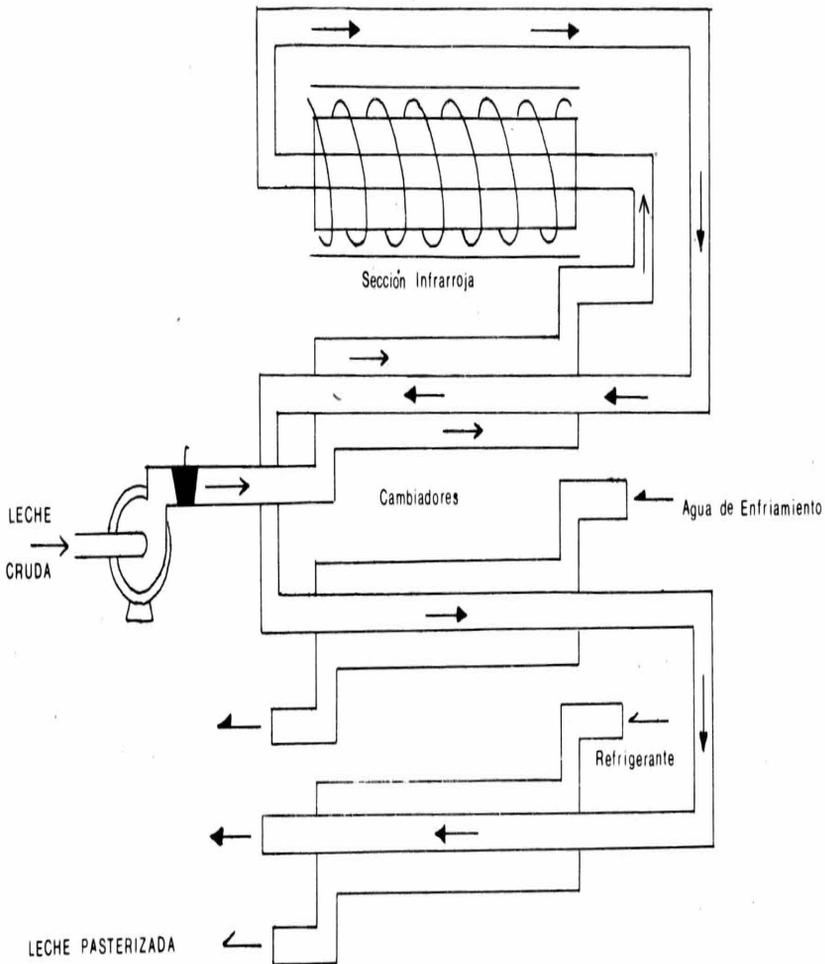


FIGURA 4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PASTERIZACION POR IRRADIACION (ACTINIZACION).

TESIS PROFESIONAL 1975

Sergio Revah

David Sorviansky

Este proceso no se aplica a pasteurización en establo, debido a que la leche cruda está originalmente refrigerada a 5°C, siendo la temperatura de alimentación de leche cruda a los equipos en establo de 25 - 35°C. En este caso la leche actinizada preenfriada a 45°C puede prerefrigerarse con agua de enfriamiento para abatir su temperatura a 20°C, permitiendo un menor gasto de refrigerante.

La sección de rayos ultravioleta, pasó a ser equipo opcional, debido a la disponibilidad de vitaminas sintéticas. Esta sección normalmente se encuentra antes de la correspondiente de irradiación infrarroja.

DESCRIPCION DEL EQUIPO

TANQUE DE BALANCEO.— El tanque de balanceo tiene por objeto además de suministrar continuamente leche cruda a la bomba centrífuga y mantener una presión mínima en la succión de la misma, servir de tanque de almacenamiento y estandarización de leche cruda.

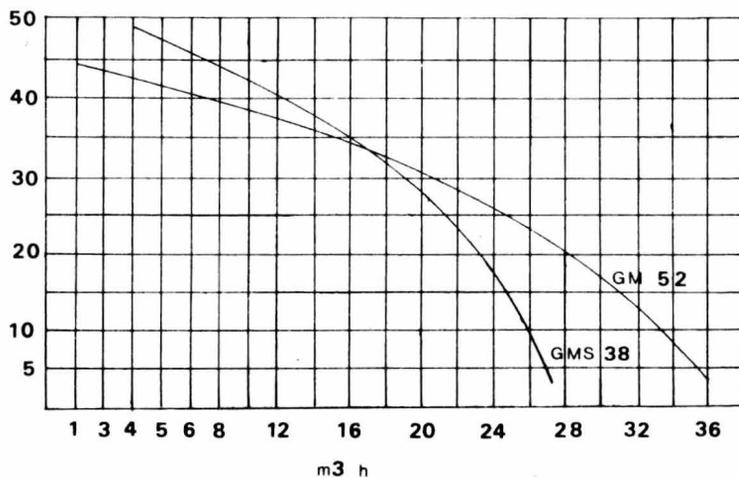
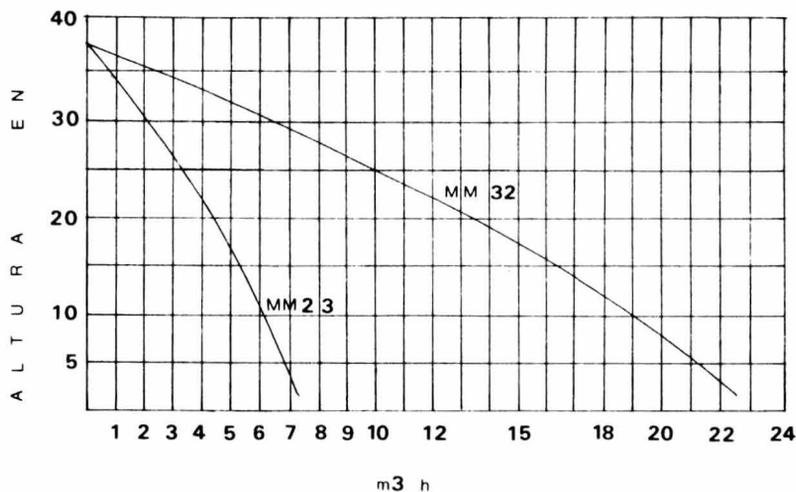
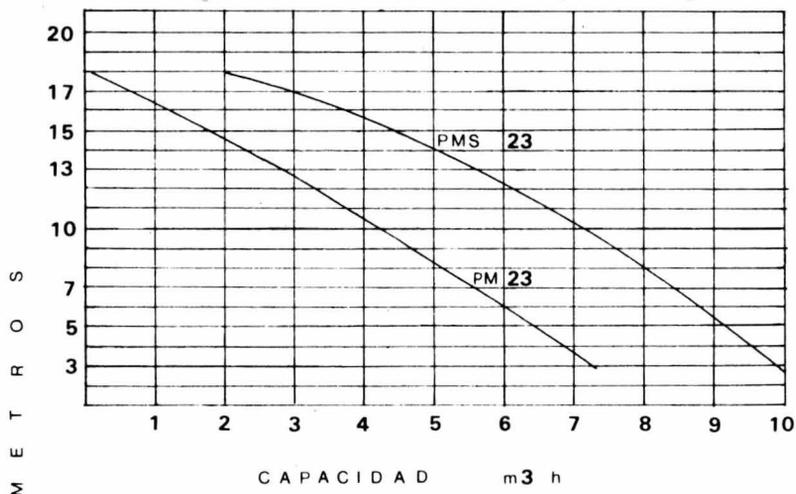
Este tanque se presenta en forma opcional, dependiendo de las necesidades y disponibilidades de lugar. En los equipos para capacidades medianas y pequeñas de pasteurización existen tres modalidades: unidad fija con o sin tanque integrado y unidad móvil; en estos casos las características del equipo son iguales, excepto la existencia del tanque y el tipo de montaje.— En versiones de capacidades mayores a 1,000 litros por hora no se incluye el tanque de balanceo integrado, debiendo existir un tanque independiente para el continuo suministro de leche cruda al aparato.

El tanque de balanceo integrado al equipo está construido en acero inoxidable con forma de bloque rectangular y capacidad de 500 litros para los equipos de 250 - 450 litros/hr y de 1,000 litros para los de 700 y 1,000 litros/hr.

BOMBA CENTRIFUGA.— El objeto de la bomba centrífuga es, en conjunto con la válvula reguladora de flujo en la descarga, el de mantener un flujo constante de leche a través del equipo.

Las características de las bombas centrífugas acopladas a estos equipos son: construcción de acero inoxidable, con impulsor diseñado para evitar agitación excesiva previniendo la formación de emulsiones; consta

FIGURA 4.2 CURVAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS "PATRICK" a 2,800 RPM. (ACTINIZACION)



de una sección contigua a la carcaza por la que se puede hacer circular un medio de calentamiento o enfriamiento.

Las curvas de diseño de estas bombas se muestran en la figura 4.2.

El motor se encuentra interconstruido formando una misma unidad — junto con la bomba. El motor es a prueba de agua y polvo; su operación normal es a 2,800 revoluciones por minuto.

SECCION DE RECUPERACION, ENFRIAMIENTO Y REFRIGERACION.— El objeto de la sección de recuperación es el de aprovechar el calor de la leche actinizada para precalentar la leche cruda y a su vez preenfriar la primera para su subsecuente enfriamiento y refrigeración. El enfriamiento se lleva a cabo con agua o salmuera y la refrigeración por expansión de gas.

Estas secciones son intercambiadores de calor de doble tubo, donde la leche cruda circula por el tubo interior y la leche actinizada por la — sección anular, para el caso de la sección de recuperación. En las secciones de enfriamiento y refrigeración la leche circula por el tubo y el agua o refrigerante por la sección anular, (ver figura 4.1).

Los tubos son de acero inoxidable y su relación en número, basada en la sección de enfriamiento es, para la sección de recuperación de 3; para la sección de refrigeración de 2.

SECCION DE IRRADIACION INFRARROJA.— Esta sección tiene por objeto calentar la leche, por medio de radiación infrarroja, a una temperatura de 82°C y — mantenerla por menos de 10 segundos.

Como ya se mencionó con anterioridad, los rayos infrarrojos, son los que poseen mayor capacidad de transmisión de energía calorífica. La longitud de onda de la radiación resultante es función de la temperatura de la fuente. Para este equipo, la relación existente entre la temperatura de la fuente y la longitud de onda obtenida, se puede observar en la figura 4.3, — en donde la longitud de onda por la cual la energía irradiada es máxima es inversamente proporcional a la temperatura absoluta del cuerpo.

La sección de irradiación infrarroja consta de resistencias enrolladas sobre un tubo de cuarzo fundido por el cual circula la leche, y está cubierta de un reflector, como se puede observar en la figura 4.4.

El objeto de los tubos de cuarzo fundido es que este material es —

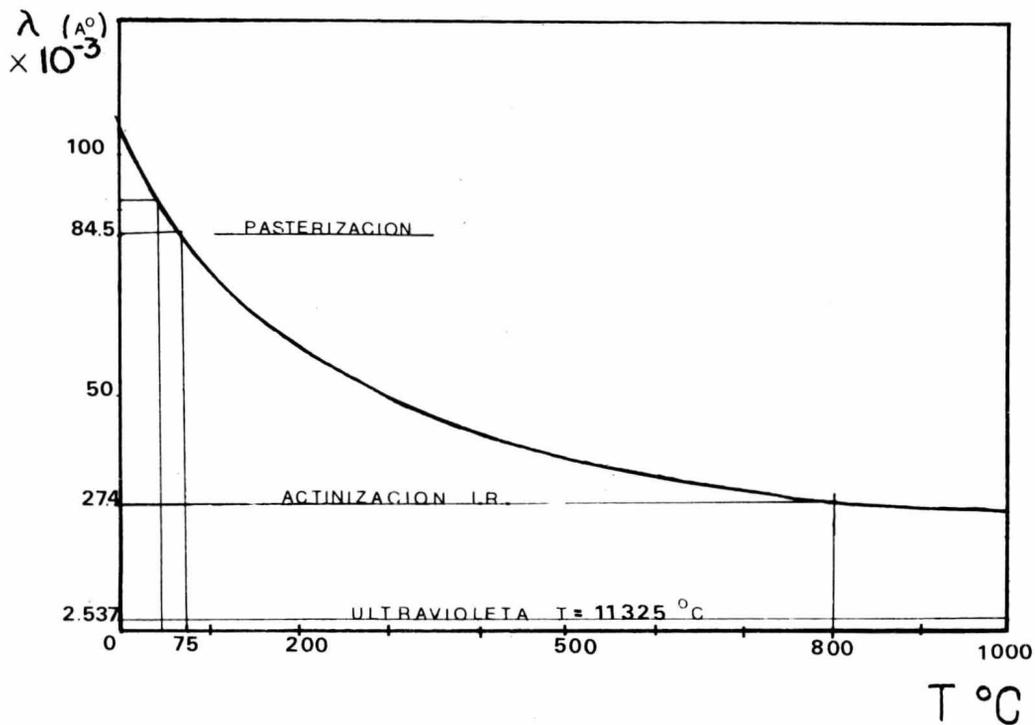


FIGURA 4.3 VARIACION DE LA LONGITUD DE ONDA DE MAXIMA EMISION EN FUNCION A LA TEMPERATURA SEGUN LA LEY DE WIEN (Catálogo Stoutz - Actinator)

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviansky

FIGURA 4.4 SECCION DE IRRADIACION INFRARROJA DEL EQUIPO "STOUTZ-ACTINATOR"

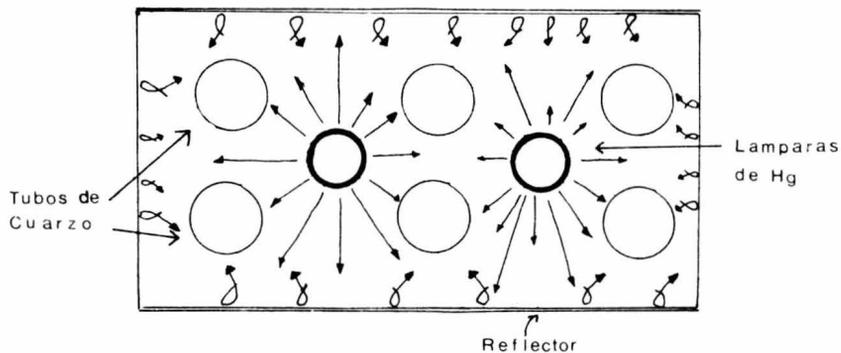
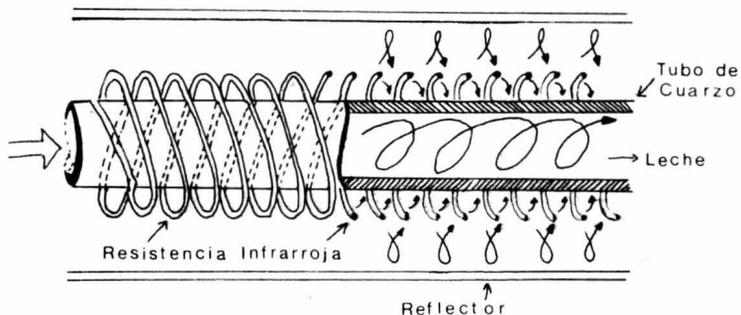


FIGURA 4.5 SECCION DE IRRADIACION ULTRAVIOLETA DEL EQUIPO "STOUTZ-ACTINATOR"

permeable a la longitud de onda de radiación escogida, permitiendo el paso de la energía disipada sin absorberla; además posee un bajo coeficiente de dilatación, que le permite someterse a cambios bruscos de temperatura sin romperse. La fuente o resistencia eléctrica se encuentra a 750 - 800°C, emitiendo una longitud de onda de 27,400 angstroms, a esta temperatura el 99 % de la energía consumida es absorbida por un espesor de líquido de 2 milímetros, lo que requiere una alta turbulencia dentro del tubo para lograr un calentamiento total. Debido a que todas las tuberías de las secciones de recuperación, enfriamiento, refrigeración y calentamiento por irradiación, se encuentran conectadas por medio de pronunciadas vueltas en forma de "U", se produce un efecto similar al de la homogeneización, aunque de menor grado.

El número de tubos de cuarzo fundido que constituyen la sección de irradiación infrarroja es el mismo que el número de tubos de acero inoxidable (doble tubo) de la sección de enfriamiento.

SECCION DE IRRADIACION ULTRAVIOLETA.- En los procesos de pasterización de leche esta sección es opcional pues su único objeto consiste en aumentar el contenido de vitamina D de la leche; a pesar del efecto bactericida de la radiación ultravioleta, en el caso de la leche, resulta muy pequeña en comparación con el efecto térmico causado por la radiación infrarroja.

Esta sección está formada por tubos de cuarzo fundido, por las mismas razones expuestas en la sección infrarroja, por la cual circula la leche precalentada antes de ser enviada a pasterización en esta última. El número de tubos que la constituyen es igual al de la sección infrarroja. La fuente de radiación ultravioleta son lámparas de vapor de mercurio colocadas como se muestra en la figura 4.5. El conjunto de tubos de cuarzo y lámparas de mercurio están cubiertas por un reflector metálico con el objeto de mayor aprovechamiento de la energía.

TANQUE DE LIMPIEZA.- Este tanque tiene por objeto el suministro de líquidos de limpieza para todo el aparato, por circuito cerrado, además de servir como recipiente de preparación de detergentes y bactericidas; también funciona en el circuito de arranque del aparato.

Este tanque está construido en acero inoxidable y su capacidad varía entre 20 y 100 litros dependiendo del equipo.

TABLERO DE CONTROL.- El tablero de control se encuentra integrado a un costado del equipo actinizador. Cuenta con un registro continuo de temperatura que grafica la temperatura del flujo de leche actinizada a la salida de la sección infrarroja durante el tiempo de operación del equipo. Además cuenta con una alarma que indicará el momento cuando la temperatura registrada disminuya por debajo de un mínimo, generalmente de 81°C, o aumenta por arriba de un máximo (85°C); algunos equipos tienen una válvula de desvío automática, como accesorio opcional, que recirculará la leche mal pasterizada al tanque de balanceo para iniciar nuevamente el proceso. Además tiene los controles para operación de la bomba y secciones de irradiación. El tablero — contiene también un termómetro que indica la temperatura del líquido refrigerado.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

ARRANQUE.- Cuando el aparato se encuentra limpio y enjuagado en su interior se puede poner en marcha. Se llena el tanque de limpieza con agua pura y se arranca la bomba regulándose la presión por medio de la válvula en la descarga. En el momento en que el agua llega continuamente a la salida se establece un circuito cerrado regresando el agua al tanque de limpieza. Se encienden las resistencias infrarrojas, dejándose funcionar el aparato en estas condiciones hasta que se establezca la temperatura. Se abre la circulación del líquido de enfriamiento y se conecta el equipo de refrigeración. — Logradas las temperaturas de pasterización y de producto final de operación se empieza a circular leche cruda, cortando el circuito cerrado de agua antes establecido, tirando el agua que va siendo desplazada por la leche, hasta que el producto final no está mezclado con el agua.

PARADO.- Al momento de que los últimos litros de leche para procesar han sido circulados se debe poner agua fría en el tanque de recibo o balanceo. — Cuando el agua empieza a salir, en vez de la leche, se desvía el flujo al drenaje. Se enjuaga el aparato usando el agua del tanque de limpieza, cerrando el flujo de refrigerante y líquido de enfriamiento, y apagando las resistencias infrarrojas.

Se mantiene el flujo hasta que el agua sale clara.

LIMPIEZA.- Esta se realiza después de cada operación. Después del enjuague se hace pasar por el aparato una solución de sosa cáustica al 3% en peso, - haciéndose circular en circuito cerrado durante 15 minutos a la temperatura de pasterización. Se evacúa la sosa cáustica y se enjuaga el aparato con agua hasta que no quede traza de sosa en el mismo.

Recircular en el aparato una solución de ácido nítrico al 2.5% en volumen, haciéndose circular en circuito cerrado por 10 minutos a temperatura de pasterización. Se evacúa la solución ácida y se enjuaga cuidadosamente el aparato hasta eliminar cualquier traza de acidez.

La esterilización del aparato y tuberías se hace mediante una solución de hipoclorito de sodio que se recircula por 15 minutos en frío. Se evacúa la solución y se enjuaga hasta la eliminación de cualquier traza de cloro. Dicha solución debiera ser del .04% en peso.

OBSERVACIONES.- Los líquidos de limpieza deben ser recirculados a la presión máxima de la bomba. Para el caso del lavado con ácido se recomienda usar agua destilada para diluir el ácido.

En caso de haberse quemado o recocido la leche, es recomendable dejar permanecer la sosa en el aparato mientras permanezca inactivo. Debe evitarse cualquier proyección de sosa o ácido sobre el aparato.

Debe evitarse el funcionamiento de la bomba en vacío y no permitir la entrada de aire entre la bomba y la recepción.

Si el aparato va a permanecer parado por un lapso mayor de 8 días, deberá vaciarse totalmente de preferencia con aire a presión.

SEGURIDAD.- Debido a que el aparato funciona en base a la electricidad, y a alto voltaje (220 ó 380 volts), es necesario guardar precauciones especiales. Debe seleccionarse una toma de tierra adecuada, al abrigo de la intemperie y alejado por soportes de las paredes sobre las cuales se apoya. En los casos que el aparato esté instalado en un local muy conductor, o sea que tenga piso y paredes muy conductoras, sea un local muy húmedo, esté a la intemperie, o establecido sobre un piso húmedo o a proximidad de agua, - deberá tener aislamiento, pisos y tapetes de hule y es recomendable el empleo de botas de hule a los operarios.

El aparato no debe abrirse sin cerciorarse antes que se encuentre-

desconectado, al igual que cuando sea necesario cambiar fusibles o luces indicadoras. Al volver a colocar los deflectores debe checarsse que estén en la posición correcta para evitar el corto circuito.

INVERSION EN EQUIPO

EQUIPO DE ACTINIZACION.- Los datos mostrados en la tabla 4.2, respecto al equipo de pasterización por irradiación, fueron obtenidos mediante cotización directa del representante acreditado en México de la compañía Actini-France. Los precios se dan en pesos mexicanos al tipo de cambio del día 21 de mayo de 1975.

TABLA 4.2 INVERSION EN EQUIPO DE PASTERIZACION POR
IRRADIACION "STOUTZ - ACTINATOR". *

Capacidad (l/hr)	Actinizador (FOB Francia)	Actinizador (México, D.F.)	U.V. (FOB Francia)	Total (México, D.F.)
150	115,290	195,280	18,755	226,100
250	171,900	282,225	18,755	319,055
450	191,425	320,280	18,755	351,115
1,000	306,100	508,550	29,390	550,875
3,000	482,150	797,600	58,733	894,130
→ 6,000	663,880	1,095,950	176,200	1,385,410
10,000	852,670	1,405,910	293,780	1,888,470
15,000	1,047,040	1,725,025	385,000	2,357,410

* Cotización proveedor.

El actinizador incluye: tanque de balanceo de 500 litros para los equipos de 150, 250 y 450 litros por hora, y de 1,000 litros para los restantes; secciones de regeneración, calentamiento y enfriamiento; bomba de leche, tablero de control, válvula y tuberías.

La conversión de precio FOB en Francia al precio en México, D.F., toma en cuenta:

Impuesto de importación del 30% sobre el valor en Francia.

Fletes y seguros del 5% sobre el valor agregado con impuestos.

Gastos aduanales del 1% sobre el valor agregado anterior.

Comisiones e instalación del 20% sobre valor en Francia.

Impuestos sobre ingresos mercantiles del 4% sobre el valor acumulado hasta aquí.

X Fletes al Distrito Federal \$ 6,000.00

$$\begin{aligned} \text{Precio(Mex.D.F.)} &= \text{Precio(FOB Francia)} \left[(1.3 \times 1.05 \times 1.01) + 0.2 \right] 1.04 + 6,000 \\ \text{Precio (México, D.F.)} &= \text{Precio (FOB Francia)} \times 1.642 + 6,000 \end{aligned}$$

REFRIGERACION. - Debido al rango de capacidades de pasterización en los acti-
nizadores se presentan dos casos de refrigeración. Para capacidades peque-
ñas (150 - 1,000 litros por hora) se debe usar equipo de Freón 12, con la -
capacidad de refrigeración que se indica ^{indicada} en la tabla 4.3; en este caso no -
se requiere de agua helada, pues se usa el Freón 12 directamente en la sec-
ción de enfriamiento del actinizador. Para capacidades industriales - - - -
(3,000 litros por hora o más) se acostumbra usar agua helada en el enfria-
miento, proveniente de bancos de hielo y compresores de amoníaco. Para este
caso las toneladas de refrigeración requeridas en la planta están dadas por
la misma expresión que en el caso de refrigeración para pasterización por -
placas:

$$\rightarrow T.R. = 0.001491 W (1/hr).$$

En el caso de los equipos de Freón 12 se obtuvo cotización directa
para compresora, condensador integral y ventiladores. Para el caso de los -
bancos de hielo, se utilizó la misma correlación que en los pasterizadores-
de placas, para estimar la inversión.

$$\text{INVERSION} = \left(\frac{T.R.}{11} \right)^{0.85} \times 119,240 + \left(\frac{T.R.}{11} \right)^{0.7} \times 212,110$$

Las inversiones en equipo de refrigeración se muestran en la tabla

4.3.

X TABLA 4.3 INVERSION Y CAPACIDAD EN EQUIPO DE REFRIGERACION PARA PASTERIZACION POR IRRADIACION.

Capacidad de pasterización (l/hr)	Refrigeración requerida	Inversión (pesos) en planta - por pasterización
150	2 H.P.	17,185
250	5 H.P.	37,800
450	7.5 H.P.	43,860
1,000	15 H.P.	61,205
3,000	4.5 T.R.	169,236
→ 6,000	9 T.R.	284,850
10,000	14.9 T.R.	416,600
15,000	22.4 T.R.	567,200
30,000	44.7 T.R.	958,600

COSTOS DE OPERACION

ACTINIZADOR.- En esta sección se consideraran los costos por consumo de electricidad del motor de la bomba de leche, secciones de irradiación infrarroja y ultravioleta.

El costo anual por consumo de electricidad se obtiene mediante las siguientes conversiones.

$$\text{Costo anual de electricidad} = 67.98 \times \text{H.P.} \times t \text{ (hr/día).}$$

$$\text{Costo anual de electricidad} = 91.25 \times \text{Kw/hr} \times t \text{ (hr/día)}$$

El equipo trabaja 8 horas por turno de operación.

Los valores de consumo de electricidad y costos anuales se muestran en la tabla 4.4.

X TABLA 4.4 COSTOS DE OPERACION ANUALES PARA EL PASTERIZADOR POR IRRADIACION.

Capacidad de pasterización (l/hr)	Bomba de Leche (HP)	Sección de irradiación I.R. (kw/hr)	U.V. (kw/hr)	COSTO ANUAL DE OPERACION Actinizador	Total
150	2	3.5	0.1	3,645	3,720
250	2	4.8	0.125	4,590	4,680
450	2	6.75	0.225	6,015	6,180
1,000	5	15	0.5	13,670	14,035
3,000	5	45	1.5	35,570	36,665
→ 6,000	5	90	3	68,420	70,610
10,000	7.5	150	5	113,580	117,230
15,000	7.5	210	7.5	157,380	162,855

REFRIGERACION.— Para los equipos de pasteurización pequeños (150, 450 y — 1,000 litros por hora) se utilizan compresoras de Freón 12 acopladas a la — sección de enfriamiento. Los costos de operación para estos equipos de re— frigeración se muestran en la tabla 4.5.

TABLA 4.5 COSTO ANUAL POR REFRIGERACION EN EQUIPOS PEQUEÑOS DE PASTERIZACION POR IRRADIACION.

Capacidad de pasteurización (1/hr)	150	250	450	1,000
Potencia (HP)	2	5	7.5	15
Ventiladores		2 x 0.25	2 x 0.25	3 x 0.33
COSTO ANUAL	950	2,620	3,800	7,610

El costo anual por electricidad se calculó de la expresión correspondiente y sobre una base de 7 horas de operación al día, puesto que el equipo de refrigeración está acoplado al de pasteurización directamente.

Para los equipos de pasteurización industriales se utiliza agua helada proveniente de bancos de hielo.

Los costos de operación se calcularon en igual forma que para el caso del pasteurizador por placas, y se muestran en la tabla 4.6.

TABLA 4.6 COSTO ANUAL POR AGUA HELADA EN EQUIPOS INDUSTRIALES DE PASTERIZACION POR IRRADIACION.

Capacidad de pasteurización (1/hr)	3,000	6,000	10,000	15,000	30,000
Potencia (HP)					
Compresor	7.5	12	20	30	60
Agitador	0.5	1	1.5	2	3
Bomba cond. evap.	0.33	0.33	0.5	0.5	1
Ventilador cond. evap.	0.5	1	1.5	2	3
Bombas agua helada	2.5	5	5	7.5	15
Costo anual planta	12,323	21,025	31,000	45,680	89,200
Costo anual pasteurización	8,626	14,720	21,700	31,980	62,430

PERSONAL Y DETERGENTES.— El personal mínimo requerido para la operación es de un obrero especializado, en el caso de los equipos pequeños, el cual opera el actinizador y refrigeración; para los equipos industriales se requieren 3 obreros especializados, uno para operar el actinizador y los dos restantes en los turnos de los bancos de hielo. Al igual que en el pasteuriza—

dor por placas:

Costo anual por personal (equipos pequeños) = \$ 54,750

Costo anual por personal (equipos industriales) = \$ 164,250

Para los costos en detergentes se considera el tamaño del tanque - de limpieza y arranque. Los costos anuales por concepto de limpieza se muestran en la tabla 4.7.

TABLE 4.7 COSTOS ANUALES POR LIMPIEZA DEL PASTERIZADOR POR IRRADIACION.

Capacidad de pasteurización (1/hr)	150 a 1,000	3,000 y 6,000	10,000 y 15,000
Volumen del tanque de limpieza (l)	25	50	100
Consumo (kg/día)			
Sosa al 50%	0.75	1.5	3
Acido al 65%	0.75	1.5	3
Bactericida al 0.1%	0.03	0.05	0.1
Costo anual (pesos)			
Sosa (4.00 \$/kg)	1,095	2,190	4,380
Acido (14.00 \$/kg)	3,830	7,665	15,330
Bactericida (3.1 \$/kg)	30	60	120
COSTO TOTAL ANUAL	4,955	9,915	19,830

CAPITULO V

EVALUACION DE LOS PROCESOS
Y MODELO DE OPTIMIZACIONCOMPARACION DE LOS PROCESOS

Desde el punto de vista teórico, el sistema de pasterización por placas así como el actinizador, cumplen los requerimientos legales para obtener leche certificada pasterizada preferente (1era. categoría sanitaria), en cuanto a su capacidad para destruir microorganismos, dando una cuenta menor a 30,000 colonias por centímetro cúbico en placa de agar. Ambos sistemas producen leche que da resultado negativo a la fosfatasa. En la realidad esto se cumple a menos que la leche cruda esté descompuesta, o en mal estado, antes de procesarse, o si la operación de los equipos es deficiente. Debido a que ambos equipos producen leche de la misma calidad, es posible llevar a cabo una comparación.

Tanto la pasterización por placas como la actinización se basan en un calentamiento rápido y mantenimiento de la temperatura alcanzada por un tiempo determinado, seguidos por un enfriamiento. La diferencia fundamental consiste en que el método de calentamiento para el caso del pasterizador — por placas es mediante vapor saturado, al vacío, que circula en placas adyacentes a la leche; en tanto que en el caso del actinizador la fuente de calentamiento es la irradiación infrarroja. Los equipos cuentan con sistemas de intercambio de calor para los precalentamientos, preenfriamientos y re—

frigeración; la diferencia es el tipo de cambiador, siendo uno por placas - y el actinizador por tubos concéntricos.

La leche obtenida en la pasteurización por placas puede ser, además de lo antes mencionado, un producto homogeneizado en cualquier grado y deodorizado, pues este equipo generalmente se suministra con un homogeneizador y un deodorizador; debido a que estos equipos funcionan independientemente del pasteurizador, es posible obtener lotes de leche pasteurizada, pasteurizada - homogeneizada, pasteurizada - deodorizada y pasteurizada - homogeneizada - deodorizada. En el caso del actinizador, se provee como equipo opcional original una sección de irradiación ultravioleta que mejora el contenido de vitamina D en la leche; además el equipo tiene conexiones para homogeneizador (equipo no original) que raramente se utilizan, pues la leche actinizada es semi - homogeneizada por la colocación de los tubos. Esta leche - puede tener un mayor sabor a cocido que la de placas pues se procesa a mayor temperatura (80°C a comparación de 72°C), pero esta última tiene más - probabilidades de tener sabor a quemado si ocurre que en algún punto hay sobrecalentamiento de placas o retención de leche. En la práctica no hay diferencia perceptible en el sabor de las leches.

Con respecto a las capacidades de pasteurización un equipo por placas maneja flujos desde 1,000 hasta 40,000 litros por hora, lo que lo hace un proceso básicamente industrial, como en el caso de pasteurizadores públicos o centros de pasteurización de cuencas lecheras. El equipo actinizador - maneja capacidades desde 150 hasta 15,000 litros por hora, lo que lo hace - un proceso adecuado para pasteurización en establo y en la industria.

El pasteurizador por placas puede aumentar su capacidad mínima en un 300 % incrementando el número de placas en las secciones correspondientes, sin hacerle mayores modificaciones. El actinizador es un equipo para - capacidades fijas.

Con respecto a la operación, ambos equipos requieren poco personal, y dada la automatización deben ser obreros altamente calificados.

El tiempo efectivo de producción en turno de 8 horas es del 75 - - 85 %, siendo los tiempos muertos utilizados para arranque, apagado, lavado y desinfección de los equipos.

Los dos equipos tienen pequeñas pérdidas de leche durante el arran

que y apagado, debido al mezclado con agua.

Los servicios requeridos por el pasteurizador de placas son: vapor, agua helada, electricidad y vacío; por lo cual se requieren calderas, equipo de refrigeración de agua, subestación eléctrica.

El equipo actinizador consume electricidad, agua de enfriamiento y refrigerante; por lo que resulta necesario una subestación eléctrica, equipo de refrigeración y equipo de enfriamiento de agua.

Además de lo anteriormente expuesto, ambos equipos poseen una buena recuperación de calor (90 %); dimensiones similares; mantenimiento sencillo (debido a las pocas piezas móviles), que consiste en revisión periódica de conexiones, válvulas y juntas de goma entre placas.

La seguridad de las operaciones no presenta ningún riesgo mientras se cumplan las recomendaciones del fabricante.

En el caso del pasteurizador por placas, deben estas aisladas y/o bien indicadas las líneas de vapor y las zonas relativamente calientes del aparato.

Para el actinizador debe tenerse extremado cuidado por la sección de irradiación que trabaja a altas temperaturas, y utilizar, botas de hule o aislante.

El local en ambos casos debe estar bien iluminado y ventilado, y en el caso del actinizador de preferencia seco y aislante.

La tabla 5.1 resume las comparaciones de los equipos de pasteurización por placas y actinización.

TABLA 5.1 COMPARACION DE LOS PROCESOS DE PASTERIZACION POR PLACAS Y ACTINIZACION.

Características	Pasterizador por placas	Actinizador
1. Reglamentación sanitaria	1era. categoría sanitaria	1era. categoría sanitaria
2. Tipo de proceso:		
medio de calentamiento	Vapor saturado	Radiación infrarroja
temperatura de pasterización	71,7°C	82°C
tiempo de pasterización	15 segundos	8 - 10 segundos
recuperación calórica	Intercambiadores de placas	Intercambiadores de doble tubo
porcentaje calor recuperado	90%	75 - 85 %
3. Equipo complementario	Homogeneizador - Deodorizador	Irradiación ultravioleta
4. Servicios:		
Vapor	Sección de pasterización	
Electricidad	Bombas, homogeneizador, tablero de control, otros servicios	Bombas, secciones de irradiación, tablero de control, otros servicios
Agua helada	Sección de enfriamiento	Sección de enfriamiento (disponibilidad)
Refrigerante	Bancos de hielo	Sección de refrigeración
Vacío	Sección de pasterización, deodorizador, tablero de control	
Agua de enfriamiento		Sección de enfriamiento
5. Tipo de producto:		
sin equipo complementario	Leche pasterizada	Leche pasterizada - semihomogeneizada
con equipo complementario	Leche pasterizada - homogeneizada - deodorizada	Leche pasterizada - semihomogeneizada - enriquecida en Vitamina D

Características	Pasterizador por placas	Actinizador
6. Capacidades variabilidad-(versatilidad)	1,000 - 40,000 litros/hr de 1,000 a 5,000 litros/hr de 5,000 a 10,000 litros/hr de 10,000 a 15,000 litros/hr de 15,000 a 40,000 litros/hr	150 - 15,000 litros/hr Fijo
7. Aplicaciones	Industria	Establo - Industria
8. Operación:		
tiempos muertos	15 - 25%	15 - 25%
automatización	válvula de desvío de leche registro continuo de temperatura alarma de temperatura control de temperatura de pasterización (entrada vapor)	válvula de desvío de leche (opcional) registro continuo de temperatura alarma de temperatura (opcional) control de temperatura de pasterización (sección infrarroja)
personal	un operario	un operario
mantenimiento	revisión de juntas de placas y fugas	revisión de conexiones eléctricas y fugas
9. Seguridad	Secciones calientes (75°C)	Secciones de irradiación (800°C)
Local	Adecuado	Adecuado, aislante, seco

EVALUACION ECONOMICA

Para los análisis económicos de los procesos de pasterización de leche se toman en cuenta la inversión en equipos de proceso, auxiliares, y servicios. La depreciación es el 10 % anual sobre la inversión total. El mantenimiento se estima como el 6 % anual sobre la inversión, basado en la experiencia de los fabricantes.

El monto anual por concepto de mano de obra y los costos de operación, así como las inversiones en equipo, se obtuvieron de las secciones respectivas en los capítulos III y IV.

Debe hacerse notar que en el caso de la capacidad de 30,000 litros/hr, los fabricantes recomiendan utilizar dos equipos en paralelo, en el caso de la industria mexicana actual. El análisis se hizo sobre esta base.

El costo unitario (centavos por litro) es el cociente de los costos anuales por proceso y la cantidad efectiva de leche procesada en un año, calculada a razón de 6.5 horas de producción al día durante 365 días.

Las tablas 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5, muestran el análisis económico para los procesos de pasterización por placas, pasterización - homogeneización - deodorización por placas, actinización y actinización - enriquecimiento con vitamina D, respectivamente.

Los costos unitarios de producción relacionados con la capacidad nominal de los equipos mediante una gráfica nos muestran las curvas correspondientes a cada proceso. La figura 5.1 muestra el modelo de optimización para los cuatro casos.

TABLA 5.2 DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO PARA LECHE
PASTERIZADA. PASTERIZADOR POR PLACAS "ALFA-LAVAL"

Capacidad de Pasterización:						
litros/hr	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000	30,000
litros/año x 10 ⁻⁶	2.3725	11.8625	18.98	23.725	35.5875	71.175
Inversión:						
Pasterizador	302,150	347,888	393,626	425,642	585,726	1,171,452
Calderas	74,400	74,400	86,400	86,400	90,400	120,800
Refrigeración	52,150	172,060	246,120	291,620	397,040	671,020
Total	428,700	594,348	726,146	803,662	1,073,166	1,963,272
Depreciación	42,870	59,435	72,615	80,366	107,316	196,327
Mantenimiento	25,722	35,660	43,568	48,219	64,389	117,796
Mano de obra	219,000	219,000	219,000	219,000	219,000	273,750
Costo de Operación:						
Pasterización	3,000	3,000	3,000	4,350	4,350	8,700
Calderas	1,992	6,700	10,190	12,570	18,450	36,625
Refrigeración	5,260	11,100	17,328	21,700	31,980	62,430
Limpieza	9,915	9,915	19,830	19,830	19,930	39,660
Costo Anual de Pasterización.	307,759	344,810	385,531	406,035	465,315	735,288
Costo Unitario de Pasterización (centavos/litro)						
	12.97	2.90	2.03	1.71	1.30	1.03

TABLA 5.3 DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO PARA LECHE
PASTERIZADA - HOMOGENEIZADA - DEODORIZADA,
PASTERIZADOR POR PLACAS "ALFA - LAVAL".

Capacidad de Pasterización:						
litros/hr	1,000	5,000	8,000	10,000	15,000	30,000
litros/año x10 ⁻⁶	2.3725	11.8625	18.98	23.725	35.5875	71.175
Inversión:						
Past-Homo-Deod.	872,600	1,199,625	1,461,800	1,540,100	1,796,700	3,593,400
Calderas	74,400	74,400	86,400	86,400	90,400	120,800
Refrigeración	52,150	172,060	246,120	291,620	397,040	671,020
Total	999,150	1,446,085	1,794,320	1,918,120	2,284,140	4,385,220
Depreciación	99,915	144,608	179,432	191,812	228,414	438,522
Mantenimiento	59,949	86,765	107,659	115,087	137,048	263,113
Mano de obra	219,000	219,000	219,000	219,000	219,000	273,750
Costos de operación:						
Past-Homo-Deod.	16,315	35,180	48,292	66,402	66,402	132,804
Calderas	1,992	6,700	10,190	12,570	18,450	36,625
Refrigeración	5,260	11,100	17,328	21,700	31,980	62,430
Limpieza	9,915	9,915	19,830	19,830	19,830	39,660
Costo anual de Pasterización-Homogeneización-Deodorización						
Deodorización	412,236	513,268	601,731	646,401	721,124	1,246,904
Costo Unitario de Pasterización - Homogeneización - Deodorización (centavos/litro)						
	17.38	4.32	3.17	2.72	2.02	1.75

TABLA 5.4 DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO PARA LECHE PASTERIZADA - SEMIHOMOGENEIZADA
PASTERIZADOR POR IRRADIACION "STOUTZ - ACTINATOR".

Capacidad de pas-
terización:

litros/hr	150	250	450	1,000	3,000	6,000	10,000	15,000	30,000
Litros/año x 10 ⁻⁶	0,355875	0,593125	1,067625	2,3725	7,1175	14,235	23,725	35,5875	71,175

Inversión:

Actinizador	195,280	282,225	320,280	508,550	797,600	1,095,950	1,405,910	1,725,025	3,450,050
Refrigeración	17,185	37,800	43,860	61,205	118,465	119,400	291,620	397,040	671,020
Total	212,465	320,025	364,140	569,755	916,065	1,295,350	1,697,530	2,122,065	4,121,070

Depreciación	21,246	32,002	36,414	56,975	91,606	129,535	169,753	212,206	412,107
Mantenimiento	12,748	19,201	21,848	34,185	54,963	77,721	101,851	127,324	247,264
Mano de obra	54,750	54,750	54,750	54,750	164,250	164,250	164,250	164,250	219,000

Costos de Operación:

Actinización	3,645	4,590	6,015	13,670	35,570	68,420	113,580	157,380	314,760
Refrigeración	950	2,620	3,800	7,610	8,626	14,720	21,700	31,980	62,430
Limpieza	4,955	4,955	4,955	4,955	9,915	9,915	19,830	19,830	39,660

Costo anual de

Actinización	98,294	118,118	127,782	172,145	364,931	464,561	590,965	712,970	1,295,221
--------------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------

Costo Unitario de
Actinización

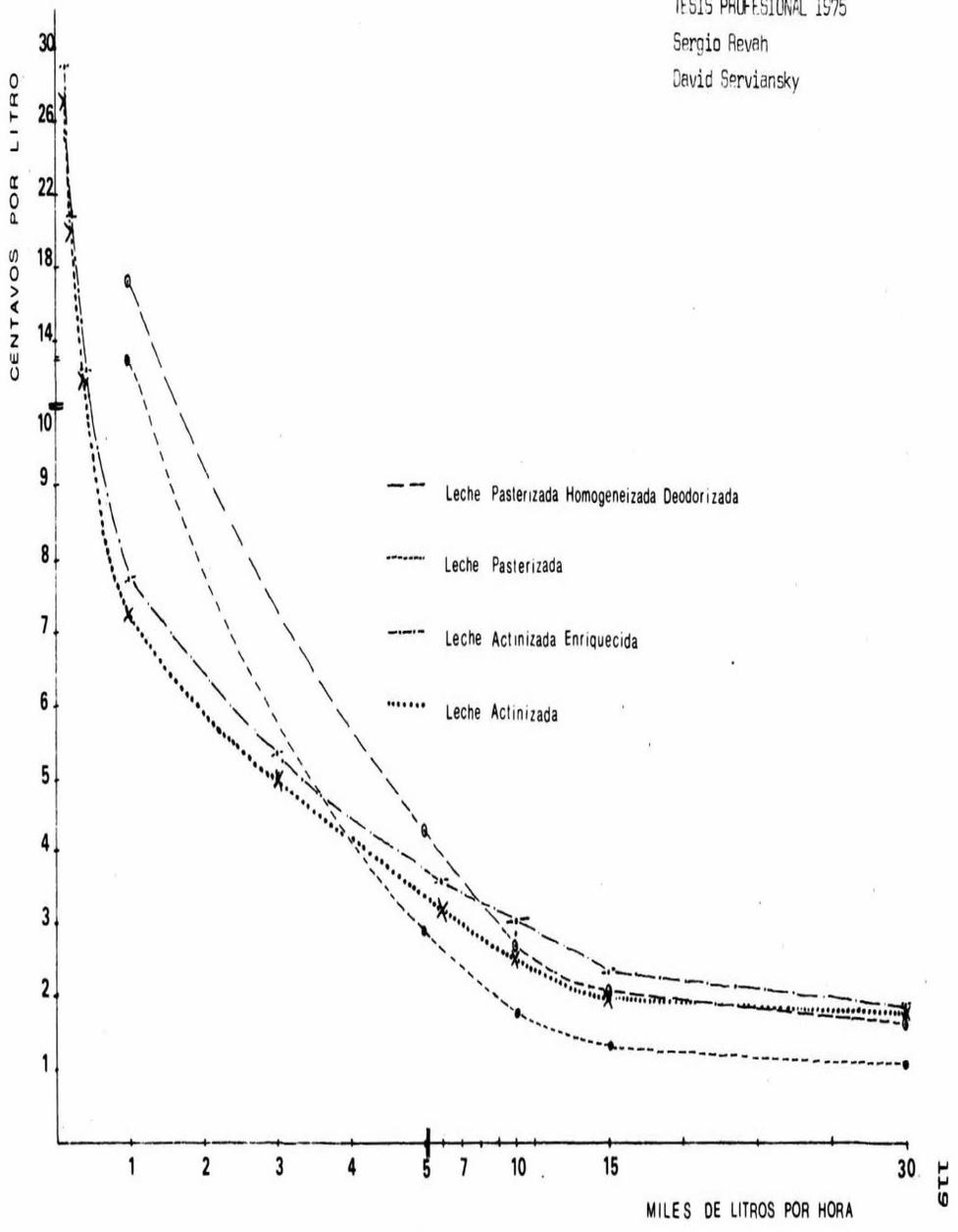
(centavos/litro)	27,62	19,91	11,96	7,25	5,12	3,20	2,49	2,00	1,81
------------------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

TABLA 5.5 DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO PARA LECHE PASTERIZADA - SEMIHOMOGENEIZADA - ENRIQUECIDA EN VITAMINA D. PASTERIZADOR POR IRRADIACION "STOUTZ-ACTINATOR".

Capacidad de Pasterización:									
Litros/hr	150	250	450	1,000	3,000	6,000	10,000	15,000	30,000
litros/año x 10 ⁻⁶	0,355875	0,593125	1,067625	2,3725	7,1175	14,235	23,725	36,5875	71,175
Inversión:									
Actinizador - U.V.	226,100	319,055	361,115	580,875	894,130	1,385,410	1,888,470	2,357,410	4,714,820
Refrigeración	17,185	37,800	43,860	61,205	118,465	199,400	291,620	397,040	671,020
Total	243,285	356,855	394,975	642,080	1,012,595	1,584,810	2,180,090	2,754,450	5,385,840
Depreciación	24,328	35,685	39,497	64,208	101,259	158,481	218,009	275,445	538,584
Mantenimiento	14,597	21,411	23,698	38,524	60,755	95,088	130,805	165,267	323,150
Mano de obra	54,750	54,750	54,750	54,750	164,250	164,250	164,250	164,250	219,000
Costos de Operación:									
Actinización - U.V.	3,720	4,680	6,180	14,035	36,665	70,610	117,230	162,855	325,710
Refrigeración	950	2,620	3,800	7,610	8,626	14,720	21,700	31,980	62,430
Limpieza	4,955	4,955	4,955	4,955	9,915	9,915	19,830	19,830	39,660
Costo Anual de									
Actinización - U.V.	103,300	124,101	132,880	184,082	381,471	513,064	671,824	819,627	1,311,434
Costo Unitario de Actinización - U.V. (centavos/litro)									
	29,03	20,90	12,45	7,76	5,35	3,60	2,83	2,30	1,84

FIGURA 5.1 ECONOMIA DE ESCALA DE LOS PROCESOS DE PASTERIZACION DE LECHE.

TESIS PROFESIONAL 1975
Sergio Revah
David Serviinsky



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La leche a pesar de ser un alimento insustituible en la dieta humana, puede llegar a ser un medio transmisor de enfermedades. La pasteurización es el proceso más adecuado para mantener y prolongar la calidad de la leche, sin afectar sus propiedades nutritivas.

En función de los resultados obtenidos en la evaluación de los procesos y modelo de optimización del capítulo V, se deduce:

Los procesos de pasteurización por placas y por irradiación son comparables puesto que ambos proporcionan un producto de igual calidad sanitaria, se basan en el principio de calentamiento de la leche y se fabrican a nivel comercial.

Del análisis del modelo de optimización de la figura 5.1, se observa que los costos unitarios de producción para los procesos de pasteurización por placas y actinización se igualan, por el cruce de las curvas, a la capacidad de 3,500 litros/hr. En el caso de capacidades pequeñas (menores a 3,500 litros/hr) resulta más económico el proceso de actinización, cuanti-

más que a capacidades inferiores a los 1,000 litros/hr no se fabrica equipo por placas; por lo que la actinización es un proceso muy recomendable para establos y cooperativas pequeñas, y en adición no requiere de equipos de servicios como calderas y depósitos de hielo, haciéndolo más fácil de operar.

En el caso de capacidades industriales (mayores a 3,500 litros/hr) es más económico el proceso de pasterización por placas; además es recomendable puesto que sus capacidades son fácilmente modificables, y es factible integrar equipos accesorios (homogeneizador y/o deodorizador) directamente. A nivel industrial el hecho de contar con el servicio de vapor para pasterización resulta ventajoso, pues el vapor extra requerido en planta provendrá de una caldera mayor, disminuyendo su costo.

En capacidad de 15,000 y 30,000 litros/hr el costo unitario de leche pasterizada-homogeneizada-deodorizada es aproximadamente igual al de la leche pasterizada por irradiación, sin embargo se produce leche de mejor calidad, lo cual refuerza la recomendación de utilizar el proceso a placas en el caso industrial.

En la industria lechera el enriquecimiento con vitamina D debido a la irradiación ultravioleta no es práctica común, ni costeable; este equipo es muy conveniente en la industria de bebidas alcohólicas pues mejora su sabor y añejamiento. Por las conclusiones anteriores se recomienda utilizar equipos de actinización para satisfacer las necesidades de localidades apartadas que disponiendo de producción propia de leche, evita el transporte y manejo que incrementa el costo.

Para zonas con gran demanda es preferible definitivamente la instalación de plantas con el proceso de pasterización por placas.

BIBLIOGRAFIA.

- (1) R.E. Hodgson, O.E. Reed. La Industria Lechera en América. Librería Carlos Cesarman, S.A.
- (2) Censo General de Población 1970. Cuadro 60
- (3) Byron H. Webb & Arnold H. Johnson. Fundamentals of Dairy Chemistry. The AVI Publ. Co. Inc. 1965.
- (4) Mario Ramos Córdoba. Leche, su Producción Higiénica y Control Sanitario. 2a. edición. Editada por el autor. 1969.
- (5) Lloyd James Henderson. The Fluid Milk Industry. 3er. ed. The AVI Publ. Co., Inc. 1971 Westpoint, Conn.
- (6) N. Blakebrough. Biochemical & Biological Engineering Science. Academic Press 1968.
- (7) Norman N. Potter. La Ciencia de los Alimentos. Centro Regional de Ayuda Técnica para el Desarrollo Internacional (AID). México/Buenos Aires 1973.
- (8) Kay, Cuttell, Hall, Mattick y Rowlands. Pasterización de Leche. Proyecto, Instalaciones, Funcionamiento y Determinación Analítica. Estudios Agropecuarios de la FAO, ONU, para Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, 1964.
- (9) P. de Stoutz. Pasteurization of Milk by Infrared & Ultraviolet Irradiation. Chem. Abs. Vol. 64. March 28, 1966, No. 7 p. 13297 6. *
- (10) Reglamentos sobre Producción, Introducción, Transporte, Pasterización y Venta al Público de la Leche, en el Distrito, Territorios y Zonas Federales. SSA.
- (11) Bryan C.S. Cairy Bacteriology & Public Health. 6 th. ed. Burgess Publ. Co. Minneapolis, 1953.
- (12) Borgstrom Georg. Principles of Food Science. Vol I, Food Technology. Michigan State Univ. The Macmillan Co., 1968. *
- (13) W.C. Frazier. Food Microbiology. 2nd. ed. McGraw Hill Book Co., 1967.
- (14) Weiser, Mountrey, Gould. Practical Food Microbiology & Technology, 2nd. ed. The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1971.
- (15) Carl W. Hall & G. Malcom Trout. Milk Pasteurization. The AVI Publ. Co., Inc. Westpoint Connecticut, 1968. *
- (16) Catálogos, Folletos y Manuales: "Alfa - Laval" y "Actini - Stoutz".