

2j, 20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

EVALUACION DE UN PROTOTIPO DE PASTEURIZADOR LENTO PARA LA INDUSTRIALIZACION DE LA LECHE EN GRANJA

T E S I S

Que para obtener el titulo de:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a

JUAN CARLOS CASTILLO PAN



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

CONTENIDO

I INTRODUCCION

II GENERALIDADES

A) Producción de leche

B) Producción mundial y nacional

C) Sistemas de producción de la leche en México

D) Métodos de pasteurización

1 - Pasteurización

2 - Condiciones de la pasteurización

3 - Pasteurización lenta

4 - Pasteurización rápida

5 - Ultrapasteurización

E) Equipos de pasteurización

1 - Equipos de pasteurización lenta

2 - Equipos de pasteurización rápida

a) Pasteurizadores tubulares

b) Pasteurizadores de placas

3 - Equipos de ultrapasteurización

a) Calentamiento indirecto

b) Calentamiento directo

- i. Inyección de vapor en la leche
- ii. Pulverización de la leche en el vapor

c) Calentamiento por fricción mecánica

F) Normas de calidad de leche pasteurizada

III OBJETIVO

IV MATERIALES Y METODOS

A) Materiales

1 Descripción del pasteurizador

- a) Unidad de proceso
- b) Unidad de calentamiento
- c) Unidad de control

2 Instalación

3 Funcionamiento

B) METODOS

1 Determinación del número de microorganismos mesófilos aerobios

2 Determinación del número de microorganismos coliformes

V TRABAJO EXPERIMENTAL

Pruebas realizadas en el prototipo

- A) Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada.
- B) Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración cuando la leche se ha envasado en caliente, en la calidad bacteriológica de la leche.
- C) Influencia del tiempo de transporte en la vida de anaquel de la leche pasteurizada
- D) Comparación de las leches comerciales pasteurizadas con el sistema de pasteurización rápida (H.S.T.) y la leche pasteurizada con el sistema de pasteurización lenta.

VI RESULTADOS Y DISCUSION

VII CONCLUSIONES

VIII ANEXOS

- a) Indice de figuras
- b) Indice de cuadros
- c) Indice de gráficas

IX BIBLIOGRAFIA

1) INTRODUCCION

La situación de dependencia en que se encuentra Mexico en lo que respecta a la tecnología láctea tiene como antecedente importante el hecho de que es muy escasa la investigación que se realiza en el país. En la medida en que las subsidiarias de empresas extranjeras y las compañías nacionales importen la tecnología así como el personal que requieran sin mayor problema, será más escasa la presión para efectuar investigaciones tecnológicas locales.

La maquinaria y el equipo de importación de la industria láctea, son principalmente de origen norteamericano, francés, suizo y danés; éstos vienen acompañados de manuales para su utilización y mantenimiento, y en algunos casos los propios técnicos de las compañías exportadoras supervisan la instalación, prueba de maquinaria y equipo, e instruyen a técnicos nacionales sobre su funcionamiento, reparación y mantenimiento. (SARH, 1982).

Los productos con marcas y procesos patentados pertenecen principalmente, a grandes compañías extranjeras las cuales tienen el monopolio de la producción de marcas y tipos de productos. El registro de marcas y patentes se realiza conforme a la ley respectiva, la cual garantiza la transferencia tecnológica y la producción interna. (Montes, 1981).

La carencia de tecnología y la subsecuente adopción de tecnología extranjera para el aprovechamiento óptimo de nuestros recursos en la industria lechera agudizan

este problema, ya que la tecnología desarrollada en países templados no es adaptable a nuestras condiciones tropicales y semi-tropicales; por lo tanto no constituye una solución a nuestros problemas. Este vacío impide toda defensa tendiente a evitar las consecuencias negativas que dicha importación genera sobre la acumulación de capital, la ocupación, la distribución del ingreso y la balanza de pagos. (Urías, 1983).

La formación y el aprovechamiento óptimo de la tecnología no consiste solamente de su regulación, es necesario una previa selección y adaptación a las condiciones locales; ésto no se va a lograr mientras haya descuidos en áreas básicas, deficiente desarrollo armónico de la ciencia, y existan vínculos entre la investigación con los sistemas productivos y educativos lecheros.

El Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, concluyó, de resultados colaterales durante la investigación que se realiza sobre la fabricación de quesos, el de que si la leche se pasteuriza inmediatamente después de la ordeña se puede conservar por largos periodos por lo que se decidió diseñar y fabricar un prototipo de pasteurizador lento, bajo las siguientes normas:

- 1) Que el pasteurizador fuera lo suficientemente económico para que pudiera ser adquirido por pequeños productores y competitivo con cualquiera de las opciones que los fabricantes o los representantes de equipo en México puedan ofrecer.

- 2) Que el aparato fuera totalmente automático para no dejar al criterio del usuario nada fundamental para el proceso y que fuera de manejo sencillo.
- 3) Que el aparato incluyera en su fabricación un mínimo de equipo de control y materiales importados.
- 4) Que necesitara de un mantenimiento mínimo y que tuviera un bajo costo de instalación.
- 5) Que requiriera para su funcionamiento solamente gas natural, corriente eléctrica y agua.

Debido a que del total de la producción nacional de leche el 50% se encuentra en manos de pequeños productores (SARH, 1982), se puede suponer que la utilización del prototipo de pasteurizador lento de bajo costo que permitiría al productor pasteurizar, envasar y comercializar su leche, incidiría de manera muy importante en la economía nacional, pues acarrearía grandes beneficios a los pequeños productores.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es - el evaluar técnicamente la utilización del pasteurizador lento bajo las condiciones prevaletientes en nuestro país.

II) GENERALIDADES

A) PRODUCCION DE LECHE

Uno de los productos naturales que los científicos y técnicos elogian por sus cualidades nutritivas, lo balanceado de sus componentes y su trascendencia en la nutrición infantil, es la leche y sus derivados.

En las economías nacionales la leche es uno de los productos de mayor importancia en las actividades agropecuarias; esto se refleja en la economía familiar de tal manera que puede representar junto con la carne la mitad del costo diario de la alimentación.

Dada la magnitud de la producción nacional lechera (7 000 millones de litros anuales) y la importancia de la leche para la nutrición, es fácil intuir su importancia económica y social.

Sin embargo, el puntualizar algunos de sus aspectos más sobresalientes es el objetivo del siguiente apartado.

B) PRODUCCION MUNDIAL Y NACIONAL

La producción mundial para el año de 1978 fué de 415 mil millones de litros de leche producidos por 211 millones de vacas lecheras cuyo rendimiento promedio fue de 1944 litros al año por vaca (FAO, 1978) lo que al precio internacional de 83.9 ¢ de dólar el medio galón en 1977 (Ensminger, 1980) representó 183928 millones de dólares; esta cifra proporciona una clara imagen -

de la importancia que dentro de la economía mundial tiene la industria de la leche ya que produce una cantidad de dólares equivalente al valor del consumo de petróleo crudo en el mundo.

Como ejemplo de la importancia económica que tiene la leche para los granjeros de los Estados Unidos, en el cuadro 1 se reproduce el ingreso total por las ventas de leche realizadas por éstos. En el cuadro 2 se comparan los recursos obtenidos de la leche en los Estados Unidos con ingresos por otros conceptos. Como se observa claramente la leche y la crema representan el 25% de las ventas de productos pecuarios y el 12% si incluimos también los productos agrícolas. (Ensminger, 1980).

En la figura 1 se representa el destino de la leche para obtener los distintos productos lácteos del mercado en los Estados Unidos. Esto se tomará como referencia para examinar el destino de la leche nacional.

Los datos sobre la producción de leche en México tomados de igual fuente que los de la producción mundial (FAO, 1978), son: 6216 millones de litros, producidos por 8.28 millones de vacas con un rendimiento de 750 litros por cabeza al año, que económicamente representan cerca de 2754 millones de dólares que complementados con las importaciones para 1978, que fueron de alrededor de mil millones de litros dan un total de 7216 millones de litros con un valor aproximado de 3198 millones de dólares, cantidad que representa el valor total de la leche consumida en México.

Cuadro 1:

DATOS ECONOMICOS DE GRANJAS LECHERAS EN ESTADOS UNIDOS (1979) *

Vacas lecheras de granja (no incluye vaquillas)	No.	10 948 000
Producción de leche en la granja	Kg	55 889 545 000
Producción anual promedio por vaca	Kg	5 088
Dinero en efectivo obtenido en las granjas por concepto de crema y leche	dls	11 776 439 000

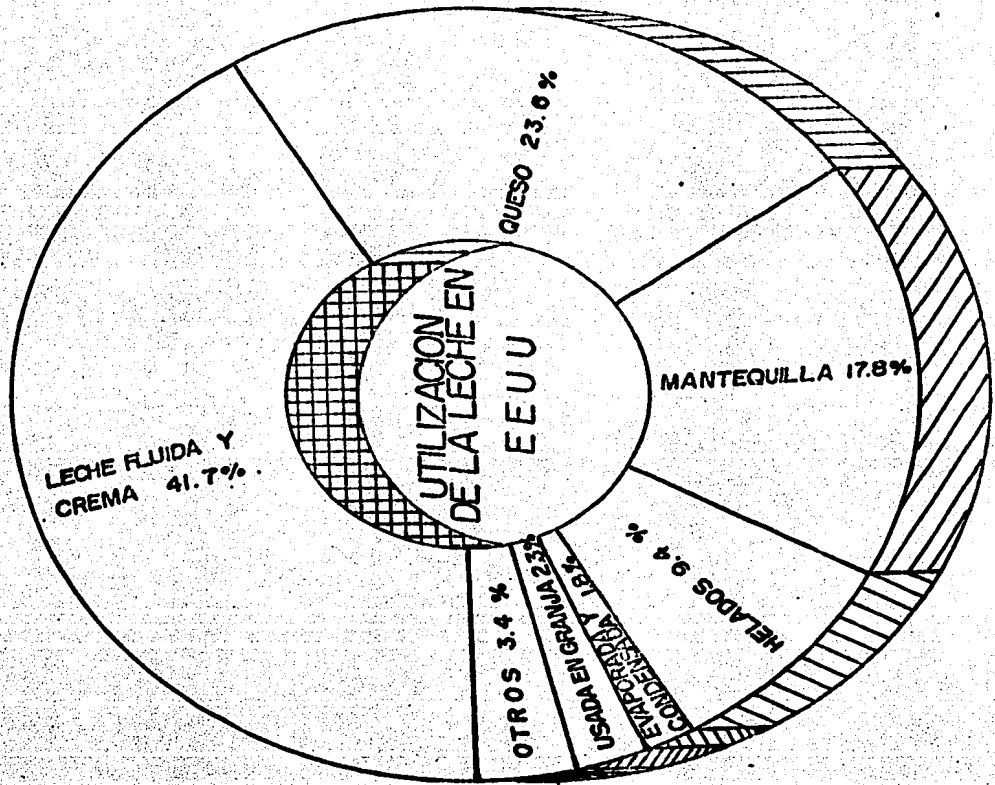
* Ensinger, 1980

Cuadro 2:

INGRESOS EN GRANJAS DE ESTADOS UNIDOS OBTENIDOS POR DIFERENTES GENEROS *

Género	Ingresos	%
AVES DE CORRAL Y GANADO (miles de dls.)		
Ganado vacuno y becerros	20 320	42.6
Leche y crema	11 776	24.8
Cerdos	7 355	15.4
Pollo y huevos	7 207	15.2
Ovejas, cordero, lana	466	1.0
Otros	478	1.0
T O T A L	47 512	100.0
COSECHAS:		
Forrajes	12 257	25.8
Oleaginosas	9 197	19.3
Cereales	5 886	12.4
Vegetales	5 528	11.6
Frutas y nogales	4 271	9.0
Algodón	3 961	8.3
Tabaco	2 331	4.9
Otros	4 141	8.7
T O T A L	47 572	100.0

FIGURA 1 UTILIZACION DE LA LECHE EN EEUU *



Ensminger, B.S. 1980

En el cuadro 3 se presenta el destino de la producción nacional de leche. En él sobresalen dos aspectos: primero, que la proporción de leche fluida que se consume en México comparada con la de los Estados Unidos es mucho mayor 77.5% y 41.7% respectivamente; segundo, que la mayor parte de la leche que se consume en México no está pasteurizada sino que se consume en forma cruda. (Reynoso, 1981).

C) SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN MEXICO

De los datos expuestos en el subtítulo anterior, se desprende lo siguiente:

- 1) México es un país deficitario en producción lechera
- 2) Existe en nuestro país una gran cantidad de animales con baja producción
- 3) No se observa ninguna tendencia a la autosuficiencia en este producto

Para dar explicación a esta problemática, se hace referencia a los sistemas de producción de leche que se utilizan actualmente.

Cuadro 3:

USO A QUE SE DESTINA LA PRODUCCION NACIONAL DE LECHE

Producción estimada de leche en la República Mexicana para 1979	7	110.6 (a)	6 810.2 de vaca	Consumo como leche fluida (77.5%) 5 510.7	Pasteurizada	1	375.5
			300.4 de cabra	Aprovechamiento Industrial (22.5 %) 1 599.9	Cruda	4	135.5
					Grandes Cías.		580.2
					leche evaporada		218.7
					Leche condensada		77.9
					Leche en polvo entera		144.8
					Leche en polvo descremada		27.0
					Leche dietética		111.8
					Otras Industrias	1	019.0

Reynoso, J.J., 1981

(a) Todas las cifras están dadas en millones de litros

En el cuadro 4 se muestra la clasificación de los vientres lecheros y su producción por diferentes sistemas de explotación. En éste se observa que el 56% de la leche en México es producido por solamente un millón de vacas en estabulación y que los otros 7 millones de vacas producen el resto en condiciones de semiestabulación y/o ordeña estacional. Esta distribución ejemplifica que la mitad de la producción nacional se realiza con animales de doble propósito (carne y leche) y principalmente en el trópico como lo muestra el cuadro 5, en el que puede observarse que de los 962 mil vientres de Veracruz 734 mil son de ordeña estacional y 215 mil de ganado semiestabulado. Este estado es representativo de la ganaduría de doble propósito en el trópico, además de ser uno de los Estados de mayor producción lechera en México.

En esta situación es fácil explicar por qué en las estadísticas generales México aparece como un país con muy bajo rendimiento de producción anual por vaca. Sin embargo, esto no explica el que México sea un importador de grandes cantidades de leche, pero podría ser aventurado decir que una de las razones de mayor peso es la falta de investigación tecnológica en el área, ya que la desarrollada en países templados no es adaptable a nuestras condiciones tropicales y semi-tropicales.

Según Pérez Gavilán (1984), esto es evidente porque:

- 1) No existe desarrollo genético de vacas de alta producción para zonas tropicales

Cuadro 4:

CLASIFICACION DE LOS VIENTRES Y SU PRODUCCION POR SISTEMAS DE EXPLOTACION (1979)

	Vientres Productores (cabezas)	Producción total anual (mls.de l)	Producción media anual (l/vaca)	% del total de vientres	% de la producción anual
Vacas estabuladas	1 099.300	3 461.9	3 430.0	12.42	55.97
Vacas semiestabu- ladas	1 614.348	742.6	460.0	19.87	12.01
Vacas de ordeña estacional	5 501.111	1 976.4	360.0	67.71	32.02
T O T A L	8 124.759	6. 180.9	761.2	100.00	100.00

FUENTE: Estimaciones, Instituto Nacional de la Leche (SARH).

Cuadro 5:

INVENTARIO LECHERO PARA 1979

Entidad Federativa	Vientres lecheros	Estabulado	Semiestabulado	Ordeña Estacional
Coahuila	322.5	60.0	59.6	202.9
Chihuahua	454.9	65.8	88.3	300.8
D. F.	82.4	74.5	1.8	6.1
Durango	496.3	67.7	97.2	331.4
Guanajuato	233.2	54.4	38.2	130.6
Jalisco	728.7	180.4	124.4	423.9
México	276.2	141.3	30.7	104.2
Chiapas	449.1	7.4	100.2	341.5
Puebla	116.1	72.6	9.9	33.6
Veracruz	962.5	12.5	215.5	734.5

FUENTE: Estimaciones del Instituto Nacional de la Leche (SARH)

- 2) Los sistemas de industrialización y comercialización de leche, no se han elaborado para resolver el problema de producción y comercialización de la leche en países en desarrollo.
- 3) Los países en desarrollo no han creado una infraestructura técnico-científica para la resolución de sus problemas particulares.

El sistema de comercialización de la leche se ha diseñado para favorecer a los concentradores del producto (plantas pasteurizadoras e industrializadoras). Pocos intentos se han realizado para favorecer la comercialización por el mismo productor. El sistema actual limita la integración de los pequeños productores con los pasteurizadores y los concentradores o en su caso los comercializadores; esto se debe a la falta de vías de comunicación para la recolección diaria, al alto costo de los equipos de refrigeración y a la distancia del productor y el industrializador. (SECOFI, 1981).

El pequeño productor cuyas actividades están centralizadas en el abastecimiento de alimentos para su ganado y en la ordeña del mismo dos veces diarias, tiene para la venta de su leche las siguientes opciones:

---- Venta directa al público de leche bronca ya sea en el establo o en el centro de consumo

(situación que trata de ser eliminada por la legislación sanitaria debido a los riesgos - que implica para la salud del consumidor).

--- Venta a un recolector de leche o 'botero' que la comercializa en forma bronca en el mercado de consumo. (También como en el caso anterior está fuera de la ley).

--- Venta a un industrializador de leche.

De estas opciones las más redituables son las que están fuera de la ley.

La problemática presentada aquí se concentra en tres puntos principales:

--- Existe un gran número de productores de leche de baja capacidad económica y técnica.

--- Más de la mitad de la leche se consume en forma bronca o cruda.

--- Las tecnologías desarrolladas se enfocan a los grandes concentradores, desatendiendo a los pequeños productores.

Dada esta problemática, el hallazgo tecnológico de la conservación de la leche pasteurizada por largos perío

dos y con la posibilidad de que esto puede realizarse en pequeños volúmenes en los centros de producción, - le permite al pequeño productor obtener los beneficios de la pasteurización y reducir el consumo de leche - bronca.

D) METODOS DE PASTEURIZACION .

1) Pasteurización

El proceso controlado de tratamiento térmico denominado 'pasteurización' se designa en honor de Louis Pasteur, el ilustre científico francés quien en los años de 1866-1876, estudiando las alteraciones del vino y de la cerveza, descubrió que un calentamiento moderado sin sobrepasar una temperatura de 60°C, era capaz de evitar algunas alteraciones de los alimentos al evitar el desarrollo de los microorganismos que las producen. Este método se aplicó a la leche hasta 1880. La aplicación de un método semejante al tratamiento térmico de la leche parece que fué propuesto por primera vez por Soxhlet en 1891, aunque se sostiene que la leche se pasteurizó comercialmente por vez primera en Alemania en 1880 y algo más tarde en Dinamarca. (Judkings, 1979). Un poco después, se comprobó que la pasteurización realizada de una determinada manera era capaz también de destruir los gérmenes patógenos que frecuentemente contaminan la leche.

A partir de este momento la pasteurización no fué sólo un procedimiento de conservación interesante desde el punto de vista comercial, sino también un procedimiento de higienización capaz de garantizar la seguridad de los consumidores frente al contagio de las enfermedades transmitidas por la leche contaminada. (Veisseyre, 1980).

El tratamiento de pasteurización ha resultado ser el método adecuado para destruir las bacterias patógenas de la leche sin llegar a ser un procedimiento que altere sus características nutritivas, permitiendo aumentar la vida de anaquel de la leche así como el suministro de un producto sano para su consumo. (Alaís, 1981).

2) Condiciones de pasteurización

Para que la pasteurización cumpla con su objetivo es necesario determinar la intensidad del tratamiento térmico, es decir, hay que fijar la temperatura y el tiempo durante el que debe aplicarse. La temperatura aisladamente no significa nada, tiene que ir acompañada de la duración.

Las condiciones del calentamiento tienen que permitir la destrucción del bacilo de la tuberculosis y por tanto, la de todos los microorganismos patógenos así como la eliminación de una proporción adecuada de otros gérmenes para que la leche pasteurizada cumpla las normas bacteriológicas fijadas por la legislación sanitaria.

Para la destrucción del bacilo de la tuberculosis, se requiere un calentamiento moderado, a 62.5°C durante 5 minutos, o a una temperatura de 72.8°C durante 5 segundos (cuadro 6). Sin embargo, posteriormente se observó que bajo estas condiciones aún sobrevive la *Coxiella Burnetti* que es la rickettsia patógena causante de la fiebre Q, por lo que se aumentó la in-

C U A D R O No. 6

Calentamiento de la leche

(Datos referentes a la pasteurización)

Destrucción o inactivación	Temperatura que se debe alcanzar y tiempo de duración								
	Una hora	30 min.	10 min.	5 min.	2 min.	1 min.	30 seg.	15 seg.	5 seg.
Mycobacterium tuberculosis	55.6	57.8	60.6	62.5	65	66.6	68.3	70	72.8
Escherichia coli	59.5	62.2	64.5	65.8	67.6	68.9	70.5	71.7	74.5
Brucella		51.7	60		63				
Fosfatasa	60.8	62.2	64.5	65.8	67.6	68.9	70.5	71.7	74.2
Peroxidasa		72	74	75	77	78	79	80	81

ALAIS, 1981

tensidad del tratamiento a 63°C por 30 minutos o 72°C durante 15 o 20 segundos (Badui, 1981).

La temperatura y la duración del calentamiento por lo que respecta a los gérmenes no patógenos depende sobre todo de la calidad inicial de la leche cruda con que se trabaja. Cuando ésta ha sido recogida limpiamente y no se contamina en el transporte a la fábrica, el tratamiento térmico exigido para la destrucción del bacilo de la tuberculosis, es suficiente para rebajar la contaminación bacteriana de la leche pasteurizada hasta los límites legales. Si la leche es sucia, este calentamiento es insuficiente y subsisten gran cantidad de gérmenes. Entonces se puede recurrir a elevar la temperatura, a prolongar el calentamiento, o a hacer ambas cosas a la vez. Desde el punto de vista bacteriológico, ésta intensificación de la acción térmica puede tener las siguientes consecuencias:

- Si la mayor parte de los gérmenes no son esporulados o termorresistentes, la flora de la leche pasteurizada disminuye rápidamente. Un calentamiento de 80 a 85°C durante 20 segundos basta para situar el número de gérmenes dentro de los márgenes legales.
- Si la flora dominante de la leche cruda incluye una proporción muy elevada de gérmenes esporulados o termorresistentes la leche pasteurizada sigue siendo rica en microorganismos, aunque se caliente más enérgica

mente que en el caso anterior. A veces una temperatura de 90 a 92°C mantenida durante 30 segundos no consigue reducir la carga microbiana de la leche hasta los límites señalados.

Al elevar la temperatura de pasteurización se selecciona a los microorganismos esporulados y termorresistentes. Estos microorganismos en general están dotados de enzimas proteolíticas que les permiten degradar la caseína y provocar de esta manera la putrefacción de la leche. Por el contrario, una leche calentada a una temperatura moderada conserva una flora acidoláctica que se desarrolla durante su almacenamiento, la que impide que se desarrollen los gérmenes termorresistentes proteolíticos.

La duración de la temperatura de pasteurización también puede modificar la estructura y la composición de la leche, puesto que cuanto más se eleva la temperatura son más profundas las transformaciones físicas y fisicoquímicas que experimenta la leche (Harper, 1981, - Badui, 1981).

Estas modificaciones son más o menos importantes, según las condiciones de aplicación del tratamiento. En el cuadro 7 y la gráfica 1 se resumen las modificaciones que sufren los diferentes constituyentes de la leche, así como los puntos críticos para los microorganismos presentes en ella.

CUADRO No. 7

Efectos del calentamiento sobre los componentes de la leche

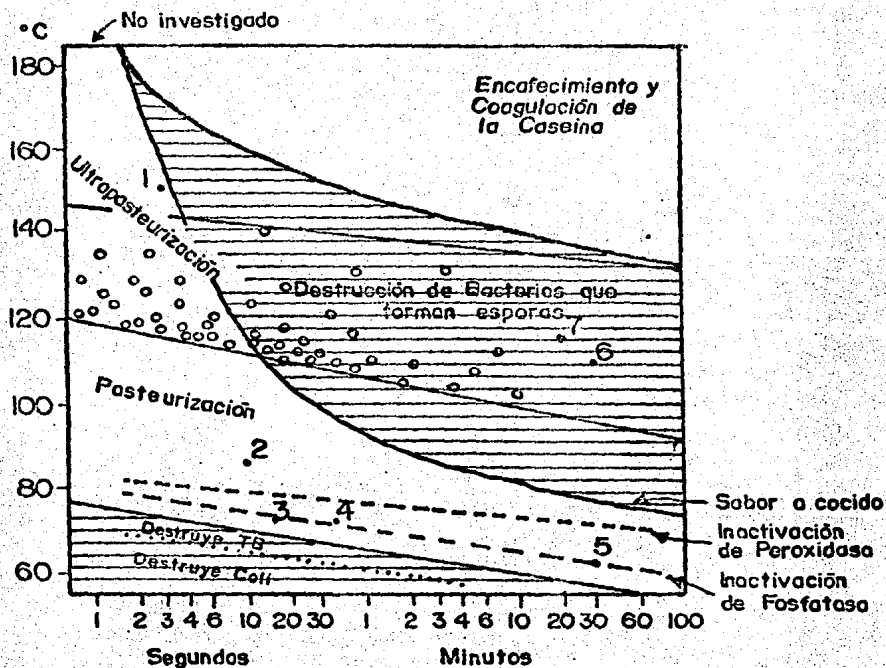
Sustancias modificadas	Modificaciones	Principales consecuencias
Lactosa	Descomposición con formación de ácidos orgánicos	Influencia sobre el crecimiento de las bacterias lácticas
Lactosa + Proteínas	Reacción entre los grupos -aldehídicos y aminados; productos de condensación coloreados (reacción de Maillard)	Disminución del valor nutritivo de las proteínas - principalmente pérdida de lisina) Formación de compuestos reductores, descenso del potencial redox, dificultad para la oxidación de las grasas Oscurecimiento
Proteínas solubles (principalmente, -lactoglobulina)	Aparición de grupos SH activos y de compuestos sulfurados libres Desnaturalización Inactivación de aglutininas	'Sabor a cocido' Sistema reductor Floculación Dificultades para la formación de la crema
Proteínas solubles y caseína	Formación de amoníaco Concentración e insolubilidad en la interzona líquido/aire Formación de complejos caseína k + -lactoglobulina	Influencia sobre el sabor Formación de la llamada 'capa de la leche' Una de las causas de estabilización por precalentamiento
Caseína	Degradación de la molécula - (defosforilación y ruptura de enlaces peptídicos) acompañada de modificación del estado micelar de la leche	Floculación de las suspensiones de caseína a alta temperatura Floculación y gelificación de la leche
Materias minerales	Desplazamiento del equilibrio Ca/P soluble - Ca/P in soluble Modificación de la capa superficial de las micelas	Precalentamiento estabilizador Insolubilización de las sales de calcio y descenso del PH Retraso en la coagulación por el cuajo Influencia sobre la estabilización de las micelas

CUADRO No. 7

Efectos del calentamiento sobre los componentes de la leche

Sustancias modificadas	Modificaciones	Principales consecuencias
Materia grasa	Formación de lactonas (a partir de los ácidos monoenos de cadena corta)	Sabor desagradable (en las leches concentradas y en polvo)
Vitaminas	Destrucción: principalmente B ₁ y C	Disminución del valor nutritivo
Enzimas	Inactivación a temperaturas bajas (60-100°C)	Detención de las actividades enzimáticas, especialmente la lipásica y la proteásica Control de la pasteurización
Gases	Pérdida de CO ₂	Elevación ligera del PH

BADUI, 1981



GRAFICA - 1. Influencia del tratamiento térmico sobre las características de la leche (HALL 1968)

1. Proceso U.H.T.
2. Pasteurización Flash.
3. Proceso H.T.S.T.
4. Pasteurización en Corto Tiempo.
5. Proceso Batch.
6. Pasteur 1860.
7. Esterilización de Botellas.

3) Pasteurización lenta

La pasteurización lenta se define como un calentamiento a 63°C durante 30 minutos. Es un método lento y discontinuo pero presenta la ventaja de no modificar las propiedades de la leche; en particular el color y el sabor permanecen invariables. (Everett, 1948). No se coagulan las albúminas ni las globulinas y el estado de los glóbulos grasos permanece inalterado. Este método se generalizó en los países anglosajones por la importancia que le concedían los consumidores a la 'línea de crema', es decir al espesor del tapón de crema que asciende al cuello de las botellas. Un calentamiento a alta temperatura durante breves instantes impide la ascensión de los glóbulos grasos. Este procedimiento se debe llevar a cabo en baño maría, es decir, en tinas de doble fondo y nunca a fuego directo, porque la leche que está en contacto con la lámina expuesta al fuego se desnaturaliza. Es necesario evitar la formación de espuma que favorece la supervivencia de los gérmenes termorresistentes puesto que la temperatura de la espuma, es siempre un poco más baja que en la leche.

Este proceso de pasteurización llamado lento, es la técnica que nos permite, aparte de higienizar la leche, alterar lo menos posible sus componentes y llevarlo a cabo sin mayor problema a nivel de pequeña industria por sus propias características.

4) Pasteurización rápida

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

La pasteurización rápida está hoy mundialmente extendida. En los países anglosajones se le conoce como procedimiento High Temperature Short Time, (H.T.S.T) es decir, procedimiento a alta temperatura y de corta duración; ésta se lleva a cabo en aparatos intercambiadores de calor que se distinguen esencialmente por la extensión, la forma y la disposición de las superficies a través de las que tiene lugar el intercambio de calor. El intercambio de calor se efectúa a través de una pared metálica, entre la leche por una parte y un fluido calefactor por otra. La cantidad de calor transmitido por la pared metálica está en función del coeficiente de transmisión de esta pared, de su superficie y de la diferencia de temperatura entre la leche y el fluido. El coeficiente de transmisión de la pared depende también de su grado de limpieza; una capa de grasa, o de caseína coagulada, lo reduce

notablemente. (Henderson, 1971).

5) Ultrapasteurización.

La ultrapasteurización se define como un calentamiento a 135-150°C durante un tiempo de 2 a 10 segundos . A éste tipo de proceso también se le conoce como Ultra High Temperature (U.H.T.) es decir, procedimiento a ultra alta temperatura; éste tratamiento tan rápido sólo es posible en aparatos de flujo continuo y puede realizarse en un intercambiador de calor o bien en un aparato de inyección directa del vapor sobre la leche. A la salida de los aparatos de ultrapasteurización la leche debe envasarse asépticamente; la operación es técnicamente posible con envases de cartón laminado o botes metálicos pero el precio de venta es elevado. (Veisseyre, 1980).

El resultado de este proceso es la obtención de una leche flúida estéril, que tiene características semejantes a la leche pasteurizada.

La coloración es más blanca, a causa del aumento de la refrigerancia resultante de la coagulación de una parte de las proteínas solubles. El sabor es neutro.

El tratamiento provoca la eliminación de las sustancias volátiles olorosas; también hay un ligero descenso de la acidez.

Como contrapartida a éstas grandes ventajas este método de tratamiento térmico de la leche presenta varios inconvenientes; la estabilidad de la leche ultrapasteurizada es menor que la de la leche esterilizada por el método clásico; la gelificación o floculación del producto puede producirse tras un período de tiempo variable, un mes o más, la causa probable de ésta lenta desestabilización es la formación incompleta y reversible del complejo producto de las micelas entre la caseína χ y la β -lactoglobulina. Tras una conservación de varios meses la leche ultrapasteurizada presenta modificaciones lentas en la parte proteídica, la fracción que precipita a pH 4.6 (caseínas + proteínas solubles desnaturalizadas) disminuye continuamente, el contenido de caseína decrece y el contenido de sustancias nitrogenadas no proteicas aumenta.

En algunos países la ultrapasteurización de la leche no constituye más que un sector poco desarrollado de la industria láctea, si se compara con la pasteurización

zación a pesar de sus ventajas de conservación muy larga a temperatura ambiente, venta más fácil y no precisar un suministro diario. Estas ventajas son ciertamente menos evidentes en regiones donde el aprovisionamiento de leche cruda o pasteurizada es fácil. Por otro lado las exigencias de una excelente calidad bacteriológica de la leche destinada a la ultrapasteurización es un factor limitante. (Alais, 1981).

E) EQUIPOS DE PASTEURIZACION

1) Equipos de pasteurización lenta

La mayor parte de estos pasteurizadores están constituidos esencialmente por un tanque cerrado de doble pared. En éste se calienta la leche a 63°C y se mantiene a esta temperatura durante 30 minutos. Este recipiente es casi siempre de acero inoxidable y está rodeado por una cubierta externa aislante. El espacio entre el recipiente interior y la cubierta externa forma una camisa a través de la que puede hacerse pasar el medio calentador o enfriante (figura 2). Puede emplearse vapor a la presión atmosférica como medio calentador, y en este caso la camisa tiene salida libre. Puede también utilizarse vapor a baja presión cuando la salida se halla provista de un sifón de vapor y la camisa tiene una válvula de seguridad. Cuando se usa agua caliente como fuente de calor, el agua puede calentarse en la camisa mediante una espiral de vapor (figura 3) o por inyección de ésta. (figura 4). En otro caso, el agua caliente puede producirse de manera independiente por cualquier método adecuado y alimenta una tubería de distribución que pulveriza el agua sobre la cara externa del recipiente interior (figuras 5 y 6). El agua para el enfriado, cuando se utiliza, se pulveriza generalmente de manera similar. Se hallan provistas siempre de tapaderas con bisagras o sueltas. Es necesario un agitador para el calentamiento rápido y uniforme de la leche que puede situarse a través de la tapadera o a través de la pared del recipiente. (figura 7). Debe disponer tam-

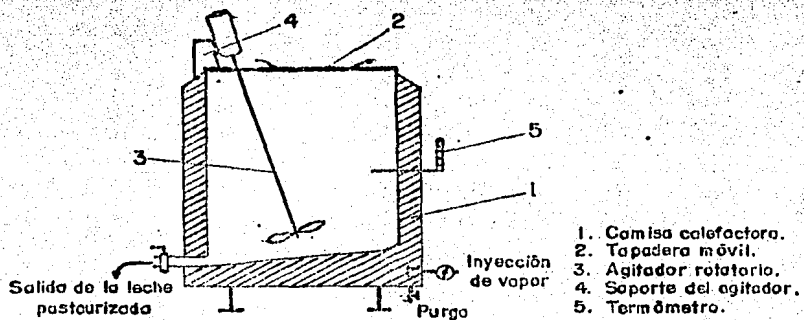


FIG. 2 Cubeta de pasteurización. (VIESSEYRE 1980).

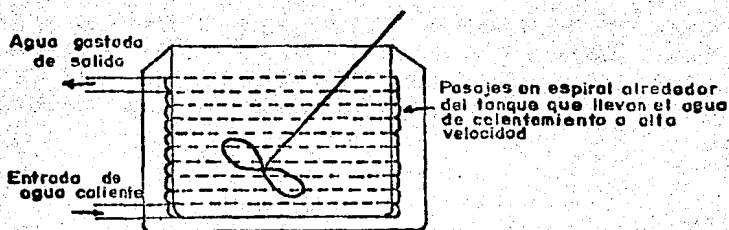


FIG. 3. Principio de un sistema moderno por sumersión y de alta velocidad para el calentamiento y enfriamiento de las pasteurizadoras. (FARRALL 1963).

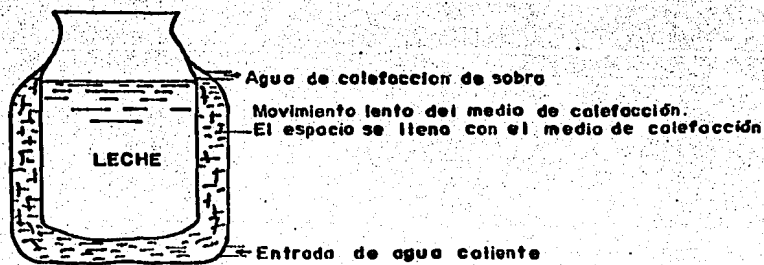


FIG. 4. Principio del método por sumersión para el enfriamiento y el calentamiento de las pasteurizadoras. (FARRALL 1963).

bién de un termómetro indicador para la temperatura de la leche. Si se usa agua caliente como fuente de calor se debe disponer también de un termómetro indicador en la camisa. El recipiente se llena por lo general vertiendo la leche directamente o mediante una tubería en la tapadera y se vacía mediante una espita o válvula situada en la parte más baja del recipiente interno. (Terragona, 1971).

La leche cruda se filtra por lo general en frío a través de un colador cubierto por un paño o mediante un filtro de tubería, según el método de llenado. La temperatura a la que se calienta la leche (145°C-150°F, 62'8 - 65'6°C) debe controlarse automática o manualmente. (Farral, 1963).

En ocasiones se combinan varios pasteurizadores discontinuos de manera que el tiempo requerido para el calentamiento, el mantenimiento y las operaciones de descarga de uno de ellos sea aproximadamente el mismo que el que se precisa para llenar el que espera a continuación, obteniendo así una producción más o menos continua.

2) Equipos de pasteurización rápida

Son de funcionamiento continuo. La leche discurre en capa más o menos fina por una o dos paredes de calentamiento. El principal problema que tienen estos pasteurizadores es conseguir que el tratamiento sea homogé--

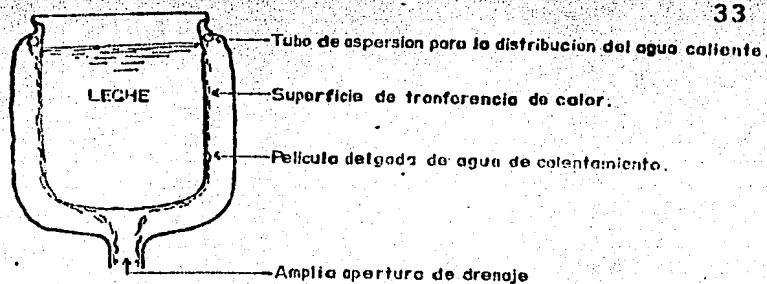


FIG. 5 Principio del sistema por aspersión para el calentamiento o enfriamiento de las pasteurizadoras. (FARRALL 1965)

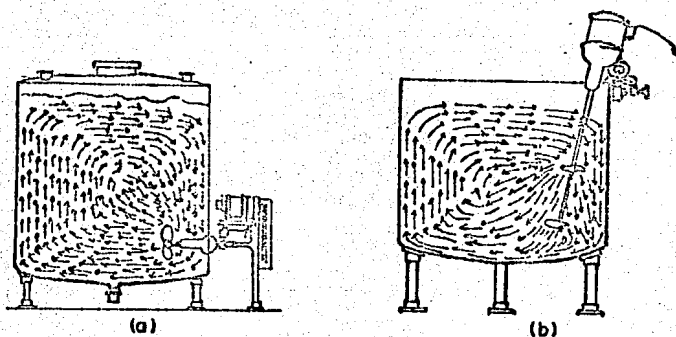


FIG. 7 Agitadores de aspa de alta velocidad mostrando la dirección del movimiento de circulación. (FARRALL 1963)

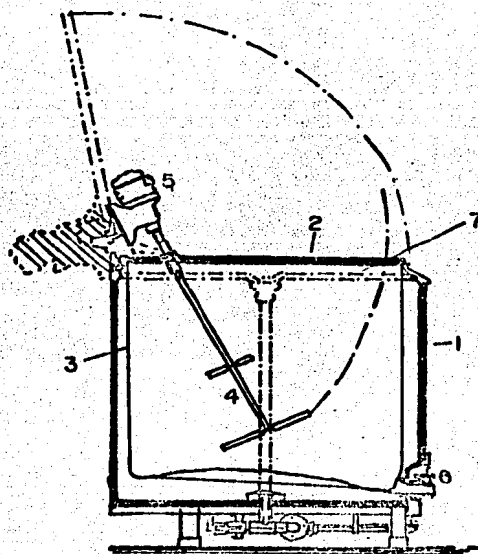


FIG. 6 Sección de un pasteurizador discontinuo típico. (TERRAGONA 1971).

1. Revestimiento aislante externo. 2. Tapa aislante sobre goznes. 3. Caldera interna de acero inoxidable. 4. Agitador. 5. Motor del agitador. 6. Espita de salida. 7. Tubaría de distribución del agua caliente.

neo. Se trata de evitar que la corriente en láminas de leche escape al tratamiento térmico. Para alcanzar este objetivo se tiende a reducir el espesor de la capa líquida y a multiplicar la superficie de intercambio. También se puede aumentar la turbulencia de la corriente, es decir, la agitación de la leche durante el calentamiento. Estos pasteurizadores pueden ser de 2 tipos: a) pasteurizadores tubulares y b) pasteurizadores de placas.

a) Pasteurizadores tubulares

Existen numerosos modelos constituidos fundamentalmente por un haz de tubos cuyos elementos se unen boca a boca por medio de codos (figura 8). La leche circula por los tubos donde es calentada desde una o dos superficies según los modelos, por agua que discurre a contra corriente (figura 9). La homogeneidad de la pasteurización es perfecta a causa del pequeño espesor de la corriente de leche (5 a 6 mm). El trabajo se realiza al abrigo del aire y no hay peligro de que se queme si la leche es de buena calidad, ya que el calentamiento se realiza con agua a sólo unos grados más que la temperatura de pasteurización de la leche. La limpieza es una operación prolongada e incómoda, y en algunos modelos es preciso efectuarla desmontando los tubos diariamente. Los pasteurizadores tubulares son más caros pero su rendimiento calorífico es excelente. Fueron muy utilizados pero en los últimos años están siendo sustituidos por aparatos de placas, menos difíciles de mantener.

b) Pasteurizadores de placas

Consisten fundamentalmente en una serie de placas onduladas, o con nervaduras rectangulares o circulares, de disposición generalmente vertical y a veces horizontal unidas entre sí por juntas de goma y dispuestas en un bastidor, cuyo pié constituye a veces un reservorio de agua caliente. El espacio que separa cada dos placas consecutivas (de unos 3 o 4 mm), es recorrido por la leche; el elemento calefactor, agua o vapor a baja presión, circula a contra corriente por los espacios paralelos inmediatos (figura 10).

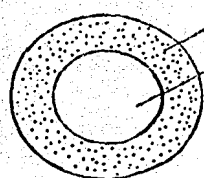
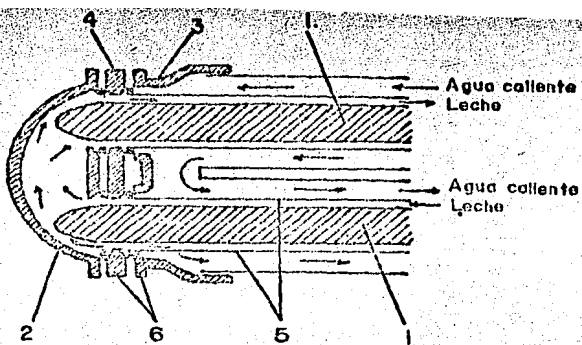
El espacio que separa las dos últimas placas de la serie suele aumentarse con el objeto de que sea más - lenta la velocidad de circulación de la leche, y conse guir de este modo que permanezca unos instantes más a la temperatura de pasteurización; éste espacio amplia do es de la sección de mantenimiento del aparato.

Los modelos de placas son los más utilizados en la ac tualidad. Son los pasteurizadores más perfectos; habi tualmente funcionan con los mismos límites de tempera tura que los modelos tubulares modernos. Son excelen tes cambiadores de calor, el efecto bactericida es in tenso y la leche resulta muy poco modificada. La lim pieza puede efectuarse fácilmente en circuito cerrado aunque tampoco son difíciles de desmontar. Ocupan un espacio comparativamente reducido y pueden tratar has ta 20 000 litros por hora. (Hall, 1968).

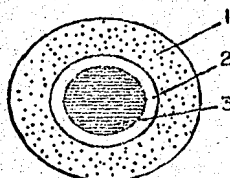
FIG. 8. Circulación de los fluidos en un pasteurizador de circulación simple.

1. Vástago tubular metálico.
2. Cápsula de comunicación para la leche.
3. Caja de comunicación para el agua caliente.
4. Brida que impide la comunicación del agua y la leche.
5. Superficies metálicas de intercambio.
6. Juntas.

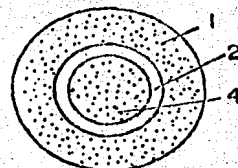
(VIESSEYRE 1980)



Calentamiento en capa gruesa



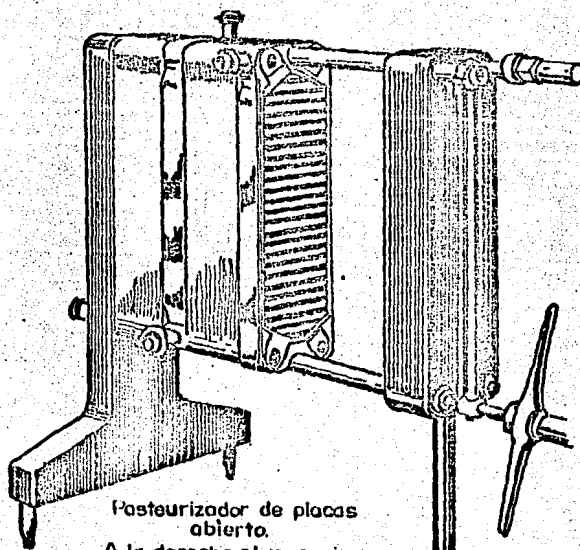
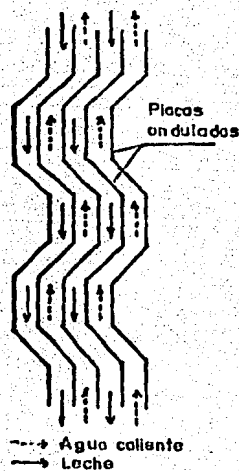
Calentamiento en capa fina por una sola superficie



Calentamiento en capa fina por dos superficies

FIG. 9. Esquema de los principales tipos de pasteurizadores tubulares (sección transversal de los tubos).

1. Cubierta calentadora.
 2. Copa de leche.
 3. Vástago metálico.
 4. Tubo interior calentador.
- (VIESSEYRE 1980)



Pasteurizador de placas abierto.
A la derecha el mecanismo de cierre.

FIG. 10. Fundamento de un pasteurizador de placas. (VIESSEYRE 1980).

3) Equipos de ultrapasteurización

El tratamiento a ultra alta temperatura (U H T) puede realizarse en dos formas: a) efectuando el calentamiento sin que el producto entre en contacto con el medio calefactor (calentamiento indirecto) y b) poniendo en contacto el medio calefactor con el producto (calentamiento directo)

A éstos métodos puede añadirse el calentamiento por 'fricción mecánica' (procedimiento A.T.A.D.) que ha sido diseñado recientemente en Francia, pero aún no ha sido aplicado industrialmente en gran escala.

a) Calentamiento indirecto

Para éste método de calentamiento se utilizan aparatos intercambiadores de calor tubulares, o de placas, éstos son parecidos a los que se utilizan para la pasteurización pero más reforzados. El calentamiento a alta temperatura plantea algunos problemas técnicos referentes a las condiciones del flujo de la leche y a las condiciones en que se efectúa la transferencia de calor.

El flujo de la leche debe de ser de régimen turbulento para asegurar una transferencia rápida de calor. Para una misma velocidad del flujo de leche los intercambiadores de calor de placas permiten alcanzar más rápidamente el régimen turbulento que los intercambiadores tubulares. Además, para evitar que la le

che circule en régimen laminar, poco favorable para la transferencia de calor, conviene incrementar considerablemente la velocidad de desplazamiento de la leche en los intercambiadores tubulares; esto se consigue trabajando a presiones elevadas.

Las condiciones en que se efectúa la transferencia de calor dependen fundamentalmente de la diferencia de temperatura entre el fluido calefactor y la leche.

La velocidad de transferencia de calor se incrementa cuando la diferencia de temperatura entre el fluido calefactor y la leche es elevada. Sin embargo, ésta diferencia de temperatura está limitada por el peligro de quemadura de la leche sobre las paredes del intercambiador. Los depósitos formados dificultan la transferencia de calor y limitan el tiempo de utilización del aparato entre dos limpiezas.

La homogeneidad del calentamiento tiene particular importancia en este proceso. La leche en contacto con la superficie calefactora está a una temperatura más elevada que la leche situada en el centro del canal de circulación. Además, la velocidad del flujo de la leche es menos rápida en la periferia que en el centro del canal debido a la fricción sobre la superficie de intercambio. En estas condiciones, algunas partículas de leche pueden escapar al tratamiento térmico considerado. Por lo tanto, una de las precauciones a tomar para evitar este peligro es la creación de una turbulencia suficiente. (Zadow, 1969).

También es interesante mencionar el tiempo que es necesario para que la leche precalentada alcance la temperatura de tratamiento. En este sentido, la modalidad de calentamiento utilizada juega un papel importante. Por ejemplo, en un aparato de placas son necesarios 18 segundos para pasar de 75°C a 140°C mientras que en uno de tubos serán necesarios 32 segundos.

Una instalación de tratamiento U.H.T. que utilice intercambiadores de calor de placas funciona del modo siguiente: la leche es precalentada hasta 65-75°C en un recuperador, después pasa a un homogenizador que la impulsa a presión a la sección de esterilización (140-145°C) y, finalmente, a la sección de enfriamiento donde en una primera sección circula aún a presión y tras pasar por una válvula que frena la salida de la leche con el fin de asegurar una contra-presión de aproximadamente tres bares, necesaria para evitar la ebullición de la leche en la sección de esterilización, pasa a la segunda sección de enfriamiento.

A veces, antes del calentamiento final se coloca un desaireador con el fin de eliminar el oxígeno disuelto y los malos olores. Se obtiene también una mejor protección de las vitaminas.

En una instalación donde se utilicen intercambiadores de calor tubulares, conviene utilizar velocidades de flujo más elevadas para evitar que la leche circule

en flujo laminar. Este condicionamiento puede ser fácilmente respetado ya que los intercambiadores de calor tubulares soportan presiones mucho más elevadas que los de placas.

b) Calentamiento directo

En este método la leche y el vapor calefactor se mezclan íntimamente. El intercambio de calor entre el fluido calefactor no se produce a través de una pared como en el caso anterior. La mezcla íntima de la leche y el vapor origina una elevación muy rápida de la temperatura. Sin embargo, se observa cierta condensación de vapor durante el calentamiento que provoca una dilución de la leche del orden del 10% de su peso aproximadamente. Como consecuencia, es necesario que el calentamiento vaya seguido de una vaporización parcial que permite restablecer el contenido de materia seca inicial de la leche.

El calentamiento directo puede realizarse en dos formas:

i) Inyección de vapor en la leche

El procedimiento suizo llamado uperización es uno de los más antiguos. Las dos primeras letras de la palabra uperización son las iniciales de la ultrapasteurización. La idea de los inventores era conseguir una destrucción completa de los gérmenes contenidos en la leche, tanto en forma vegetativa como esporulada, sin

modificar la composición, la estructura y los caracteres organolépticos de la misma.

La uperización, consiste esencialmente en la inyección del vapor a alta temperatura en una corriente de leche precalentada (Figura 11). Esta inyección tiene lugar en tal forma, que se suma un efecto ultrasónico al de la temperatura. Se consigue así esterilizar la leche en condiciones más favorables que cuando sólo interviene el calentamiento.

Las operaciones que caracterizan la uperización, se pueden resumir así:

Después de un calentamiento a 40 o 50°C, la leche se desgasifica y desodoriza mediante el paso a través de un recipiente desaireador cerrado y sometido al vacío. A la salida de este desaireador, la leche se precalienta a 80°C en un intercambiador desde donde se dirige al aparato de uperización. La inyección de vapor de agua a 13 atmósferas de presión, eleva instantáneamente la temperatura del producto a 150-160°C. Seguidamente en una campana de expansión refrigerada y a presión inferior a la atmosférica, el vapor pierde presión, y la leche se pulveriza por un choque violento contra las paredes, con lo que los glóbulos grasos no pueden ascender a la superficie. En la cámara de expansión, la leche pierde el vapor de agua con el que ha estado mezclada anteriormente. Por lo tanto no hay humedecimiento (Figura 12). El control de la vaporización puede efectuarse regulando la instala

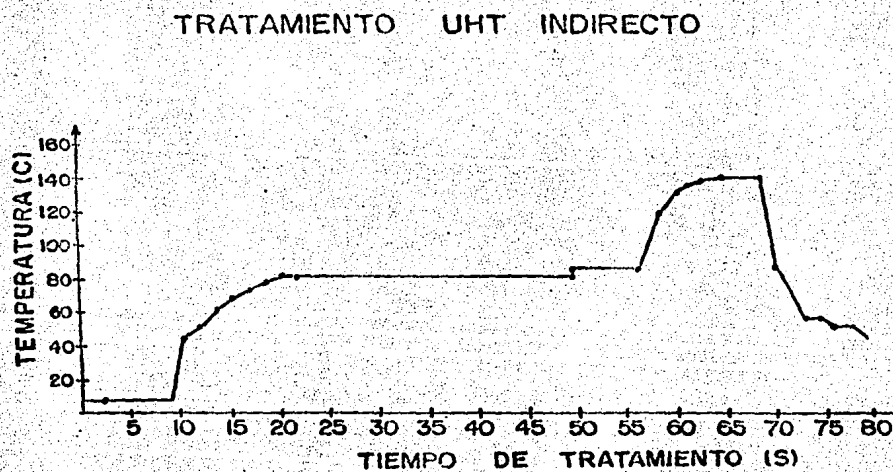
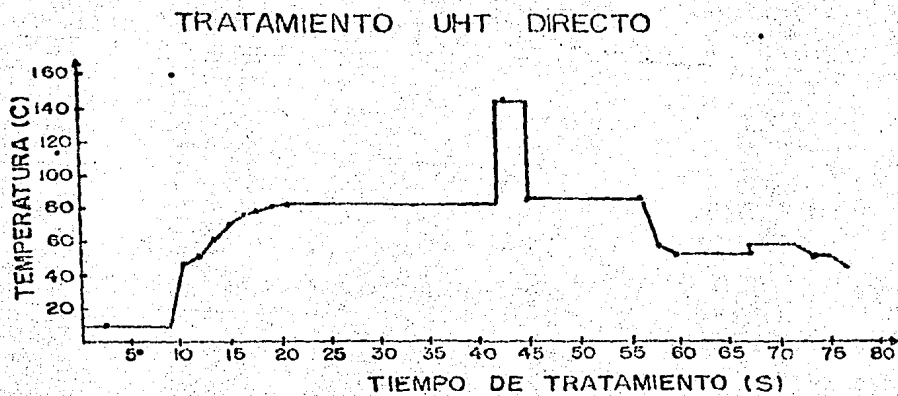


FIG. 11. Comparación de los tratamientos térmicos en los procedimientos de calentamiento UHT, directo e indirecto (BURTON, 1972).

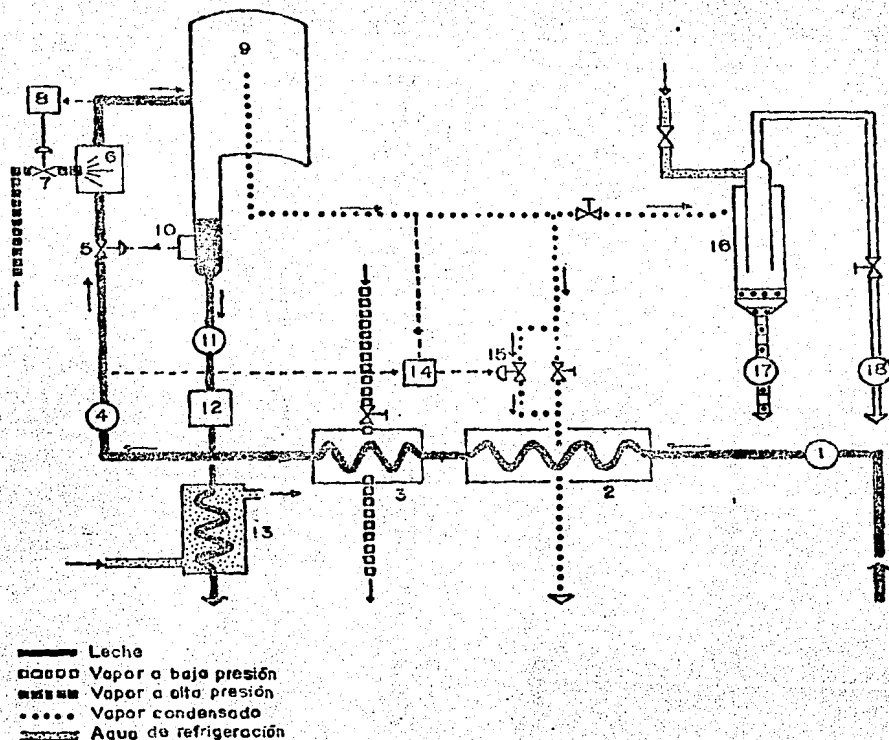


FIG. 12. Esquema del procedimiento de uperización APV. (VEISSEYRE 1980).

La leche penetra en la instalación impulsada por la bomba 1 a través de los precalentadores 2 y 3 que elevan su temperatura a 75-80 °C. La bomba 4 lleva la leche hasta la presión adecuada para la uperización. La leche entra en la cabeza de uperización 6 a través de la válvula 5; allí se le inyecta vapor saturado, que se condensa calentando la leche hasta 150 °C durante 2,4 seg. Seguidamente tiene lugar la expansión en la cámara 9, donde se ha hecho el vacío. El vapor condensado se evapora refrigerando instantáneamente el producto y a la vez se eliminan los olores indeseables. La leche acumulada en el colector 10 es impulsada por la bomba 11 al homogeneizador 12 y, finalmente, es refrigerada en un cambiador 13 antes de ser enviada a un dispositivo de envasado en recipientes o a un tanque estéril para su almacenamiento.

El vapor de inyección llega a la cabeza de uperización tras sufrir una filtración a través de una válvula neumática de regulación 7. Una fracción del vapor liberado en la cámara se utiliza para la alimentación del precalentador 2, el resto se condensa en 16 y se extrae en 17. Los vapores incondensables se eliminan en 18.

El contenido en materia seca de la leche antes y después de la uperización se mantiene constante ajustando la temperatura del líquido antes y después de la uperización mediante un regulador 14 que ajusta la válvula 15 de admisión de vapor al precalentador. Un termómetro muy sensible, colocado tras la inyección del vapor, mantiene mediante el circuito electrónico y neumático, 7 y 8, la temperatura de uperización asegurando así la esterilización.

ción de manera que la temperatura de la leche a la salida sea aproximadamente dos grados por debajo de la temperatura que tenía inmediatamente antes de la inyección del vapor. En estas condiciones, la evaporación compensa la condensación y el contenido de materia seca de la leche vuelve a alcanzar su tasa normal. La refrigeración se completa mediante el paso por un cambiador que funciona con agua fría. Es de destacar que el procedimiento actual de uperización presenta algunas diferencias con relación al original.

Así, a la salida de la cámara de expansión, la leche es comprimida en un homogenizador que trabaja a 300--350 bases, antes de atravesar el intercambiador de agua fría. Por otra parte, la leche es precalentada a 75°C antes de ser sometida a la inyección de vapor.

El procedimiento V.T.I.S. (Vacum Therm Instant Sterilizer) es decir, calentamiento al vacío instantáneo de Alfa-Laval, se basa igualmente en el principio de calentamiento por inyección de vapor en el seno de la leche. Este proceso se realiza de la siguiente manera: la leche fría es alimentada a la sección de precalentamiento del aparato a placas por una bomba centrífuga, en donde regenera calor y alcanza una temperatura de 76°C. De ahí es tomado por una bomba positiva que levanta una presión de 4 Kg./cm², con el propósito de que el producto no hierva al entrar en contacto con el vapor a 140°C en la boquilla de inyección. En esta pieza de diseño especial y que viene siendo el corazón del sistema, el producto se mezcla intimamen-

te con el vapor y alcanza la temperatura requerida para la esterilización, misma que se sostiene a través del tubo para ello destinado.

Después de la válvula el producto entra a la cámara de vacío que se encuentra a una presión de 0.6 Bar y en la que la temperatura desciende hasta 74°C y se desprende la misma cantidad de agua que se inyectó en la boquilla en forma de vapor.

El producto, ahora estéril, se bombea al homogenizador, que es aséptico, y de ahí se envía nuevamente al aparato de placas, donde se precalienta el producto que viene del tanque de balance y después se enfría finalmente hasta la temperatura ambiente con el agua necesaria para mantener el balance térmico (Figura 13).

Una vez que sale del sistema se lleva el producto a llenadoras o a un tanque aséptico que actúa como colchón antes del envasado. (GUEVARA 1980).

ii) Pulverización de la leche en el vapor

La leche precalentada a 70°C se pulveriza en finas gotitas donde recibe la inyección del vapor. Instantáneamente, por condensación del vapor, la temperatura de la leche alcanza 145-150°C. El producto pasa entonces a un segundo recinto, donde se ha hecho el vacío. El vapor condensado anteriormente se evapora al descender bruscamente la temperatura de la leche hasta 70-75°C. Por último, la leche esterilizada se re-

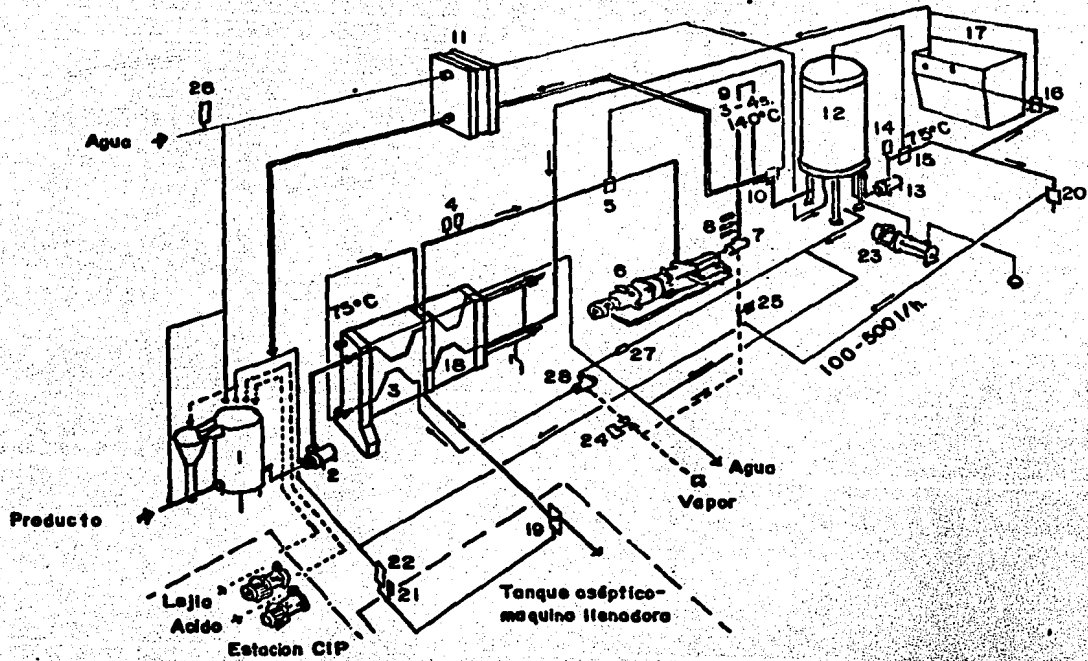


FIG. 13. Planta de esterilización del tipo VTIS - M8.

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1 Tanque compensador | 16 Válvula CIP |
| 2 Bomba de producto | 17 Homogenizador aséptico |
| 3 Sección de precalentamiento | 18 Sección de enfriamiento aséptico |
| 4 Transmisor de temperatura | 19 Válvula de recirculación |
| 5 Válvula CIP, circuito de retorno | 20 Válvula de control de presión |
| 6 Bomba de desplazamiento positivo | 21 Transmisor de temperatura (pre-esterilización) |
| 7 Bequilla de inyección de vapor | 22 Válvula de control de presión |
| 8 Transmisor de temperatura | 23 Bomba de vacío |
| 9 Célula de referencia | 24 Válvula de control de vapor |
| 10 Válvula de diversión de flujo | 25 Válvula de control de vapor |
| 11 Enfriador de diversión de flujo | 26 Commutador de presión |
| 12 Recipiente de vacío | 27 Controlador de flujo |
| 13 Bomba de producto aséptica | 28 Bequilla de inyección de vapor |
| 14 Transmisor de temperatura | |
| 15 Válvula CIP | |

frigera mediante un intercambiador de calor que funciona con agua fría y agua helada (Figura 14). Los aparatos de Laguilharre, Paasch, Silkeborg y Termovac basan su funcionamiento en este principio.

c) Calentamiento por fricción mecánica

Este nuevo procedimiento de esterilización llamado -- A.T.A.D., ha sido perfeccionado en Francia en los últimos años. Se basa en el siguiente fenómeno físico:

Cuando un fluido circula entre dos superficies muy -- próximas entre sí, con un movimiento relativo rápido, sufre un aumento rápido de presión acompañado de un calentamiento intenso (Carbonaro, 1972).

El esterilizador A.T.A.D. comprende fundamentalmente un disco de acero inoxidable que gira a 5,200 r.p.m. entre dos placas metálicas, también de acero inoxidable. El espacio entre el disco y las placas es inferior a 0.3 mm. La leche introducida en las proximidades del centro del disco, es recogida en la periferia. Bajo el efecto del frotamiento, la leche se calienta rápidamente, pudiendo alcanzar 150-160°C en fracciones de segundo (Figura 15).

Las ventajas de este método, son las siguientes:

- La instalación no necesita vapor, sino que admite cualquier tipo de energía (eléctrica, hidráulica, térmica).

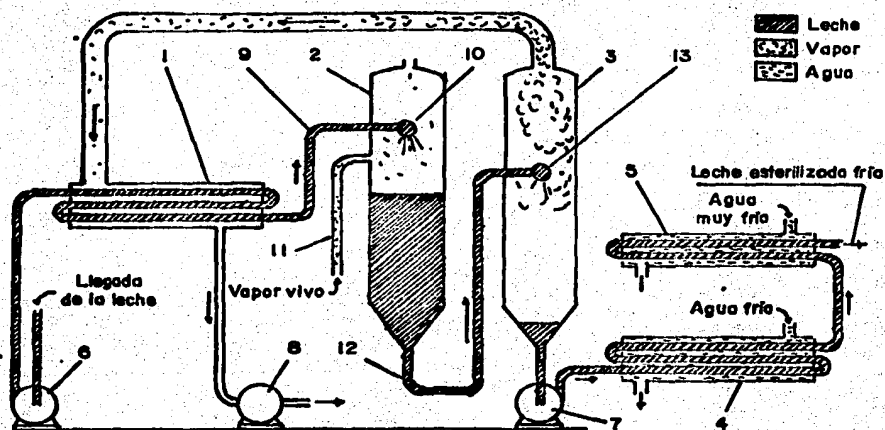


FIG. 14. Funcionamiento del esterilizador Laguilharre. (VEISSEYRE 1980).

La leche aspirada por la bomba 6 pasa al calentador tubular, 1. A unos 75 °C es finamente pulverizada en el recinto 2, al pasar por el tubo 9 y la tobera 10. Allí sufre la inyección de vapor, que eleva en una fracción de segundo su temperatura a 140 °C. La leche pasa seguidamente a la cámara de vacío, 3, por el tubo 12 y la tobera 13. Este recinto hace de refrigerador por expansión y la leche se enfría en una fracción de segundo hasta 75 °C. El vapor de expansión se condensa en el calentador 1 y cede así a éste su calor latente. La bomba de vacío 8 evacua el agua de condensación. La leche, extraída del recinto 3 por una bomba centrífuga, 7, es lanzada a los refrigeradores 4 y 5 y sale estéril a una temperatura de entre 5 y 8 °C.

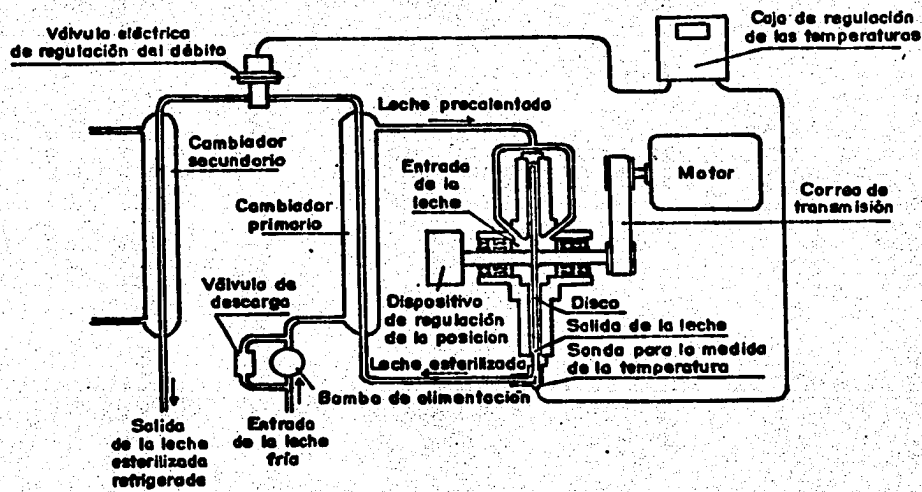


FIG. 15. Esquema de la esterilización por la fricción mecánica A.T.A.D. (CARBONARO 1972).

--- El calentamiento se produce en el seno del líquido a calentar y no por contacto con la superficie de intercambio. Con ello se evitan sobrecalentamientos locales y se puede realizar un control preciso de la temperatura.

--- Desde que la leche se introduce en el aparato es mantenida bajo presión, que no cesa hasta el final del tratamiento. Así conserva todas sus propiedades organolépticas.

El procedimiento A.T.A:D. se encuentra aún en fase experimental y los aparatos disponibles tienen una capacidad de 1,000 a 2,000 litros/hora.

F) NORMAS DE CALIDAD DE LECHE PASTEURIZADA

El control de la pasteurización se realiza principalmente sobre la microflora total y las bacterias coliformes (Alaís, 1981; Potter, 1973) ya que éstos - gérmenes desempeñan un papel principal en la calidad sanitaria de la leche que en gran parte determina su clasificación. Generalmente las normas para la leche flúida entera, que será consumida como tal, son más estrictas que las que rigen la leche destinada a la fabricación de derivados lácteos. El Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos en el Reglamento para el Control Sanitario de la Leche, establece tres categorías de leche pasteurizada: la leche pasteurizada preferente extra, antes de ser pasteurizada no debe exceder de 50,000 colonias por ml. en placa de agar, ni contener más de 50,000 leucocitos por ml. en cuenta directa; después de ser pasteurizada no debe dar lugar a más de 15,000 colonias por ml. en placa de agar; la leche pasteurizada preferente, antes de ser pasteurizada no debe exceder de 300,000 colonias por ml. en placa de agar, ni contener más de 300,000 leucocitos por ml. en cuenta directa, después de ser pasteurizada no debe dar lugar a más de 30,000 colonias por ml. en placas de agar, y la leche con categoría pasteurizada, antes de ser pasteurizada no debe exceder de 2,000.000 de colonias por ml. en placa de agar y no debe contener más de 2,000.000 de leucocitos por ml. en cuenta directa; después de ser pasteurizada, no debe dar lugar a más de 30,000 colonias por ml. en placa de agar.

El Reglamento también establece que la leche después de ser pasteurizada no debe contener más de 10 colonias coliformes por ml. para las tres categorías de leche.

Para el caso de la leche ultrapasteurizada el Reglamento establece que la leche destinada al proceso de ultrapasteurización debe cumplir con las normas de la leche pasteurizada preferente extra y la pasteurizada preferente. Después de ser procesada no deberá contener microorganismos patógenos, toxicogénicos o de otro tipo, factibles de desarrollarse en el producto envasado. El producto antes de ser destinado al consumo público deberá someterse a las pruebas y los análisis que señale la Secretaría de Salud, con el fin de garantizar que durante el período de caducidad de 90 días conserve las características establecidas para esta categoría sanitaria de leche. (Código Sanitario, 1984).

III) OBJETIVO

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar el uso de un prototipo de pasteurizador lento para la industrialización de la leche en la granja.

Para esta evaluación se tomó como criterio principal la calidad microbiológica de la leche en las diferentes etapas del proceso de industrialización (ordeña, pasteurización, envasado, refrigeración, transporte y almacenamiento) como se indica en la figura 16.

Las características del productor donde se evaluó el uso del pasteurizador fueron definidas a priori tomando en cuenta al sector de productores a quien se pretende beneficiar. Estas características fueron:

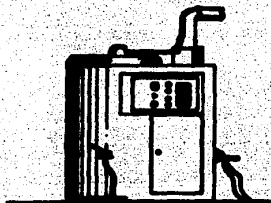
- a) Ser un pequeño productor (200-500 lt./d)
- b) Estar alejado de los centros de consumo
- c) No contar con un sistema de refrigeración para leche bronca, y
- d) No contar con un medio de transporte especializado .

SISTEMA DE PASTEURIZACION LENTA PARA LA INDUSTRIALIZACION
DE LA LECHE EN GRANJA



ORDEÑA

Experimento 1
Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización



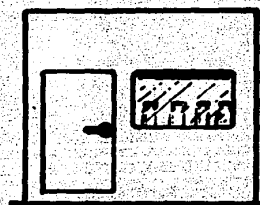
PASTEURIZACION

Experimento 2
Influencia del tiempo de reposo antes de la refrigeración



ENVASADO EN CALIENTE

F I G U R A No.16



REFRIGERACION



CONSUMIDOR



LOCAL DE VENTA

Experimento 4

Comparación entre las leches comerciales y la de pasteurización lenta



TRANSPORTE

Experimento 3

Influencia del tiempo de transporte,

IV) MATERIALES Y METODOS

A) MATERIALES

Para realizar este trabajo se utilizó un prototipo de pasteurizador lento denominado 'ALILAC', en el cual se efectuaron todas las pruebas de pasteurización.

El prototipo se instaló en el rancho "Los Abetos" ubicado en el Km. 95 de la carretera Toluca-Atzacolulco.

El dueño del rancho es un pequeño productor con 20 vacas Holstein, con una producción diaria de 200 a 250 litros obtenidos bajo el sistema de ordeña mecánica y no contaba con un sistema de almacenamiento con refrigeración para la leche bronca ni con un medio de transporte especializado.

Las características del pasteurizador, así como su funcionamiento y uso se describen a continuación:

1) DESCRIPCION DEL PASTEURIZADOR

El equipo de pasteurización consta de 3 unidades:

- a) Unidad de Proceso
- b) Unidad de Calentamiento
- c) Unidad de Control

Unidad de Proceso

La unidad de proceso consta de un tanque con tapa, de acero inoxidable tipo 316, calibre 1/16 con acabado sanitario y un agitador de aspas impulsado por un motor de bajas revoluciones de 1/5 HP; el agitador es removible fácilmente, para en caso necesario realizar en forma más eficiente el lavado manual.

El tanque tiene capacidad de 160 litros y una descarga lateral de 1 pulgada de diámetro, conectada a una válvula de bola de acero inoxidable.

El tanque de proceso también incluye un tubo aspersor de acero inoxidable para el lavado eficiente del tanque.

El tubo es de 3/4" de diámetro y contiene 350 orificios de 1.6 mm. de diámetro, colocados en dirección a la tapa y hacia las paredes del tanque.

El tanque de proceso se encuentra cubierto por una chaqueta de acero inoxidable calibre 16; por donde circula el agua de calentamiento, la chaqueta de calentamiento se aísla térmicamente con una cubierta de fibra de vidrio de 5 cm. de espesor y todo el conjunto se proteje por una cubierta de lámina de acero al carbón rodada en frío, calibre 18; el exterior de ésta es de esmalte color blanco para ambiente húmedo. (figura 17).

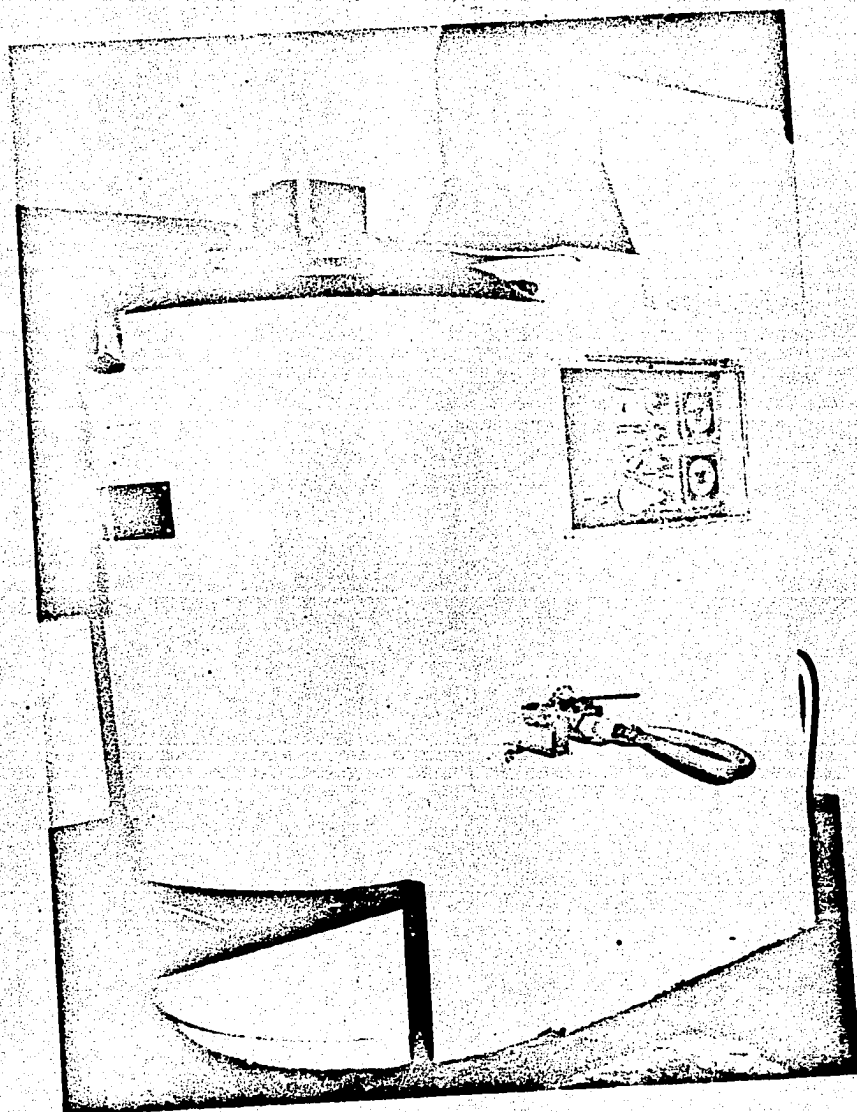


FIG. 17 FOTOGRAFIA DEL PASTEURIZADOR ALILAC

Unidad de Calentamiento

La unidad de calentamiento consta de:

- a) Tanque de recirculación de agua de acero inoxidable tipo 316, con una capacidad de 80 litros, con registro de inspección de 6 pulgadas de diámetro, con tapa y flotador para el ajuste de nivel de agua; además de un dispositivo de venteo y descarga para la limpieza de 3/4" de diámetro.
- b) Bomba centrífuga con motor de 1/2 H.P.
- c) Calentador de paso
- d) Válvulas y conexiones

El sistema de calentamiento funciona mediante el encendido y el apagado de la bomba centrífuga. Cuando la bomba está encendida ésta toma el agua del tanque de recirculación para inyectarla a el calentador o al sistema de lavado; un retorno sirve para dar la presión necesaria.

Cuando el agua es inyectada de la bomba al calentador la salida de éste la inyecta hacia la chaqueta del tanque de proceso, de la cual regresa nuevamente al tanque de recirculación para volver a ser tomada por la bomba.

Cuando el agua es inyectada de la bomba al sistema de lavado, ésta viaja por la tubería hasta dentro del tanque de proceso, donde se encuentra el tubo aspersor para el lavado del tanque de proceso. (figura 18).

Unidad de Control

El sistema de control se encuentra conectado en el panel de instrumentos, empotrado a un lado del pasteurizador y consta de:

- a) Un controlador de la temperatura del agua cuyo sensor se encuentra localizado en la parte posterior izquierda del tanque de proceso y en contacto con el agua de la chaqueta. (figura 19, No. 9).
- b) Un controlador de la temperatura de la leche cuyo sensor se encuentra localizado de tal manera que esté en contacto con la leche que se encuentra en el centro del tanque de proceso en la parte baja (figura 19, No. 10).
- c) Un controlador de tiempo automático que recibe la señal de iniciar el recorrido marcado en la carátula cuando el controlador de temperatura de la leche así lo indique. (figura 19, No. 3).
- d) Luces piloto, necesarias para indicar la situación del equipo en un momento dado, seleccionadas.

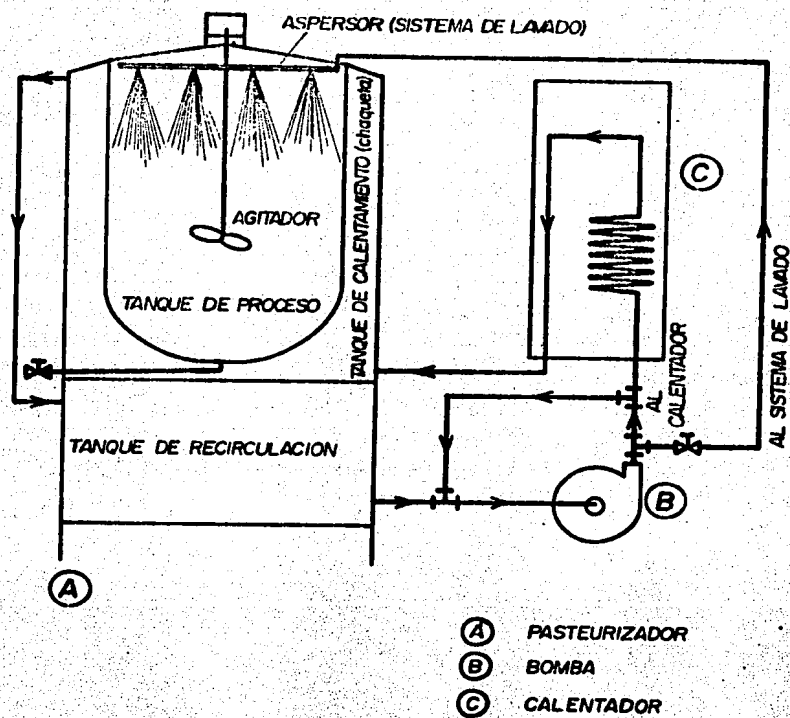


FIG. 18 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

tor de la operación a realizar e interruptor general. (figura 19).

- e) Controlador de tiempo de vaciado manual. (fi gura 19, No. 4).

El sistema de control está conectado de tal manera que realice lo siguiente:

- a) El interruptor general energiza el sistema y enciende la luz piloto correspondiente (co lor rojo).
- b) El selector de la operación por realizar (la vado u operación automática) energiza en el caso del automático, los dos controladores de temperatura, los cuales a su vez mantie nen o interrumpen la corriente; en el caso del controlador de la temperatura del agua a la bomba del sistema de calentamiento, encen diéndola cuando no se ha alcanzado la tempera tura marcada en el señalador de la carátula, y apagándolo cuando ya se alcanzó.
- c) En el caso del controlador de la temperatura de la leche al controlador de tiempo automáti co, activándolo cuando se ha alcanzado la temperatura marcada en el señalador de la ca rátula y desactivándolo cuando todavía no se ha alcanzado la temperatura; (cualquier fa-

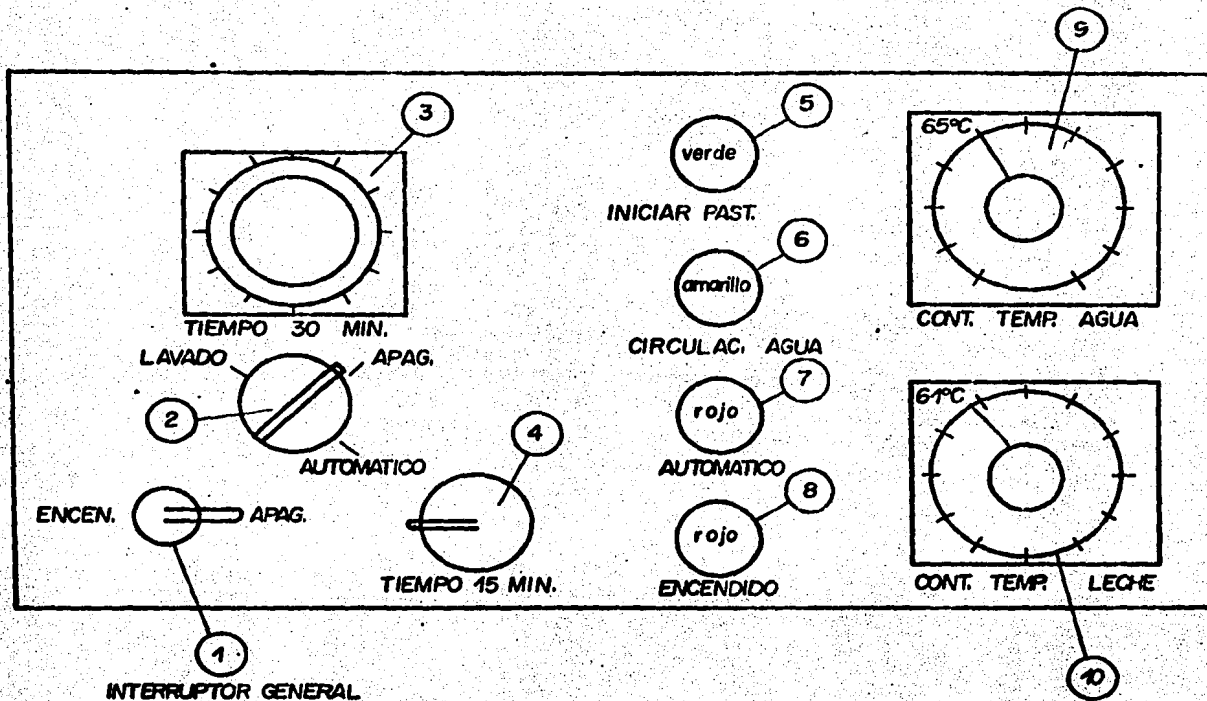


FIG. 19 SISTEMA DE CONTROL DEL PASTEURIZADOR

lla en la corriente hará que el controlador de tiempo reinicie nuevamente a contar el tiempo señalado en el indicador).

- d) Ahora bien, en el caso de colocar el selector de la operación en lavado, se energizará directamente la bomba, la cual deberá inyectar el agua del tanque de recirculación al aspersor del tanque de proceso.
- e) El controlador de tiempo automático, después de energizado y de que haya pasado el tiempo marcado en la carátula, energizará un zumbador que emitirá la señal sonora del término del proceso. Esta señal se mantendrá hasta que no sea cortada, haciendo girar la perilla del controlador de tiempo manual de la posición de apagado a la de 15 minutos.
- f) Terminado el tiempo del controlador manual, volverá a emitirse la señal sonora, lo que indica el final de tiempo de envasado, por lo cual el selector de la operación automático se colocará en apagado para volver a repetir el ciclo. El diagrama eléctrico de la instalación se encuentra en la figura 20.

2) INSTALACION

El pasteurizador se instaló en el rancho antes mencio-

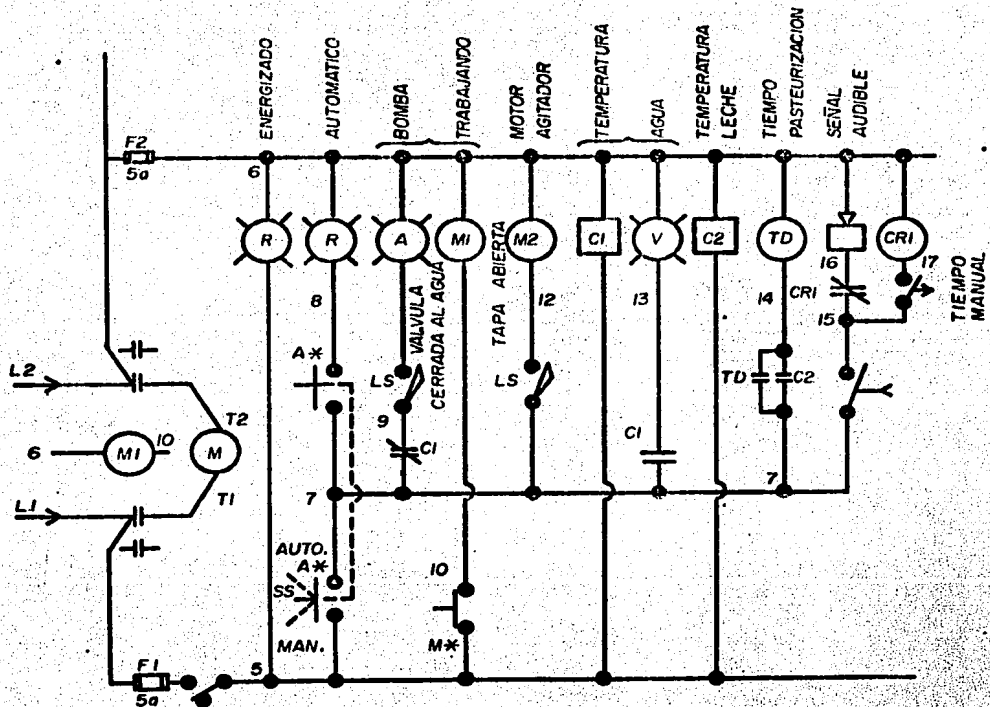


FIG. 20 DIAGRAMA ELECTRICO PARA CONTROL

nado el cual cuenta con servicios de agua potable energía eléctrica de 115-120 volts, 60 Hz y gas butano de tipo doméstico. Se verificó también lo siguiente:

- a) Que el pasteurizador estuviera en una superficie nivelada.
- b) Que el tanque de gas y las instalaciones cumplieran con las normas estipuladas para instalaciones de gas doméstico.
- c) Que el agua por utilizar fuera potable y filtrada.

En estas condiciones, se conectó el pasteurizador a los servicios de agua, R₁, gas R₂ y corriente eléctrica, - R₃ localizándose las entradas en la parte posterior de éste. (figura 21).

Una vez instalado el pasteurizador, se puso en marcha bajo las siguientes indicaciones de funcionamiento:

FUNCIONAMIENTO

Para el funcionamiento del aparato es necesario atender las siguientes instrucciones (Ver figura 19).

- 1) Encender el calentador que se encuentra en la parte posterior del equipo siguiendo las siguientes indicaciones:
 - i. Verificar que la perilla de control se encuentre en posición de apagado.

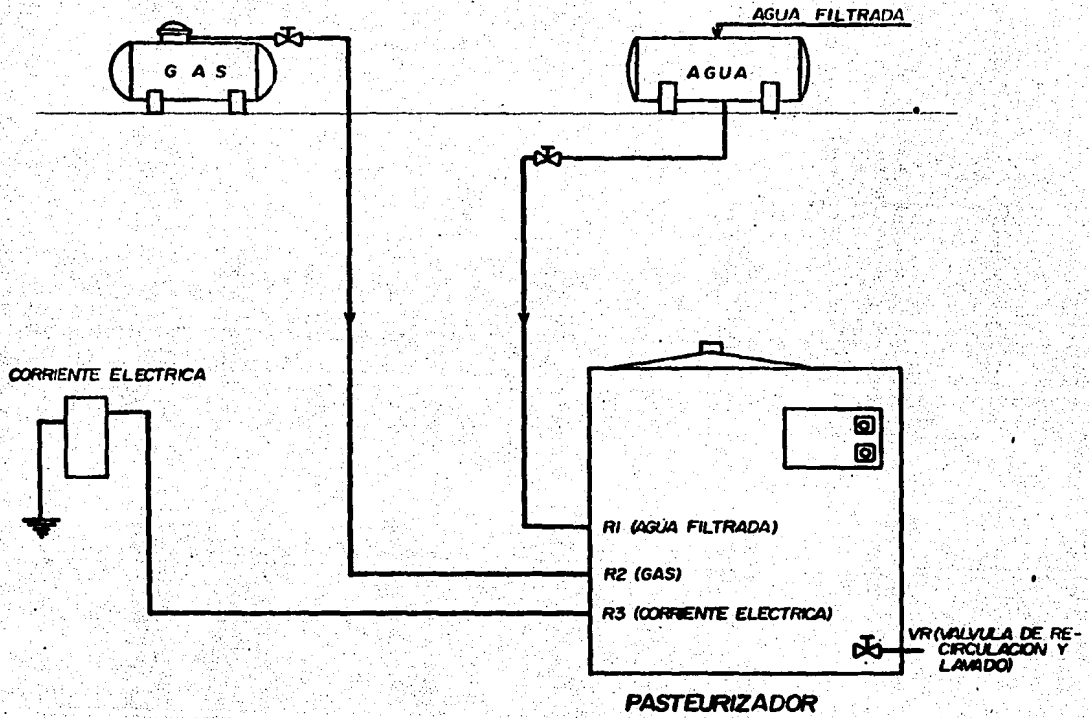


FIG. 21 ESQUEMA DE INSTALACION DEL PASTEURIZADOR

- ii. Girar la perilla hacia la izquierda y oprimirla, encender el piloto, dejando la perilla oprimida durante 30 segundos el piloto deberá quedar encendido después de soltar la perilla.
 - iii. Oprimir y girar la perilla totalmente hacia la izquierda, el calentador está en condiciones de operar al circular el agua cuando la bomba funcione.
- 2) Verificar que en la carátula del controlador de la temperatura del agua (9) la manecilla indique 65°C y que la de la leche (10) indique 63°C .
 - 3) Verificar que la válvula que se encuentra en el interior del aparato (VR, figura 21) se encuentre en posición de operación y que la flecha negra en el controlador de tiempo automático (3) indique 30 minutos.
 - 4) Encender el interruptor general (1) y colocar el selector (2) en automático.
 - 5) Esperar que la temperatura del agua alcance 65°C , momento en el cual se enciende el foco piloto verde, (5) y en ese momento levantar la tapa y agregar la leche. (tiempo aproximado de espera, 20 minutos). Cerrar la tapa con el dispositivo de cierre

hasta el tope; esto hará funcionar el agita
dor.

- 6) Esperar que en el aparato suene una alarma, alojada en el interior y en ese momento girar el botón (4) 180° para colocar la flecha indicadora en 15 minutos y envasar la leche inmediatamente.
- 7) Se debe concluir el envasado en los 15 minutos siguientes a que haya sonado la alarma; si ésto no sucede la alarma sonará nuevamente para indicar que la leche debería estar ya totalmente envasada.
- 8) Para un nuevo ciclo de pasteurización, colocar la perilla (2) en posición de apagado y agregar nuevamente la leche continuándose como en los pasos 3, 4, 5 y 6.
- 9) Cuando el aparato quede sin leche por más de una hora, es necesario lavarlo, para ésto gire hasta el tope la válvula colocada dentro del equipo (VR) hasta la posición de lavado.
- 10) En el tablero de control, gire el selector de operación (2) hasta la posición de lavado y manténgase esta posición por 5 segundos, desaloje totalmente el agua y repita la operación 3 veces más.

- 11) Normalmente este lavado es suficiente para el tanque, sin embargo, verifique lo levantando la tapa del pasteurizador y si es necesario lávelo con jabón y agua caliente.
- 12) Terminado el lavado, colocar el selector (2) en apagado, y apagar el interruptor general (1).

B) METODOS

- 1) Determinación del número de microorganismos mesófilos aerobios.

Para esta determinación, se utilizó el método de recuento en placa (Fernández, 1981), diluyendo las muestras hasta 1×10^7 .

MATERIAL Y EQUIPO

- a) Horno para esterilizar
- b) Autoclave
- c) Baño maría con termostado y termómetro
- d) Balanza de dos platos
- e) Pipetas estériles de 10 ml. y de 1 ml. (graduadas en 0.1 y 0.01 ml. respectivamente)
- f) Frascos de dilución de 100 ml. con tapón de hule o rosca

- g) Cajas Petri
- h) Mechero Bunsen
- i) Potenciómetro
- j) Incubadora
- k) Matraces Erlenmeyer
- l) Contador de colonias

MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS

Se utilizó el medio para recuento total "plate count" (Hausler, 1970), cuya fórmula en gramos por litro de agua destilada es la siguiente:

Peptona de Caseína 5.0 gr.
Extracto de levadura .. 2.5 "
Dextrosa (Glucosa) ... 1.0 "
Agar bacteriológico ...15.0 "
pH final 7.0 ± 0.2

Preparación: Se suspenden 23.5 gr. del medio deshidratado en un litro de agua destilada. Cuando ya se haya obtenido una suspensión uniforme, se calienta - hasta la ebullición agitando frecuentemente y se hierve por un minuto hasta la disolución completa, y se envasa ya sea en tubos (12-15 ml. por tubo) o en matraces. Se esteriliza a 121°C (15 lbs. de presión de vapor durante 15 minutos y se enfría a 43-45°C antes de usarlo. Puede volverse a fundir una sola vez, cuando se necesite.

Preparación de frascos de dilución: Los frascos de dilución deben ser de vidrio duro de 120 ml. de capacidad con tapa de hule o rosca, y contendrá 99 ml. del líquido de dilución preparado de la manera siguiente:

Solución madre: Se disuelven 34 gr. de fosfato monobásico de potasio ($K H_2 P O_4$) en 500 ml. de agua destilada y se afora a 1000 ml., se ajusta el pH de esta solución a 7.2 usando sosa normal, (Demeter, 1969).

Líquido de dilución: Se toma 1.25 ml. de la solución madre y se afora a 1 lt. con agua destilada: ésta es la solución de trabajo.

Una vez que los frascos tienen el volumen deseado del líquido de dilución (99 ml.) se esterilizan a $121^{\circ}C$ por 20 minutos en autoclave, dejándoles la tapa floja. Después de la esterilización, se deberá comprobar si la cantidad de líquido no disminuye; si así hubiere sucedido, habrá que poner en los frascos una cantidad ligeramente mayor a fin de que una vez esterilizados, los frascos tengan un volumen de 99 ml. o 9 ml. \pm 2%.

La solución madre y el líquido de dilución que no se utilice, deberán ser refrigerados hasta su posterior uso.

PROCEDIMIENTO

- a) Toma de muestras: Para efectuar este análisis, es necesario que todo el equipo empleado para el muestreo esté estéril, como sucede con los agitadores

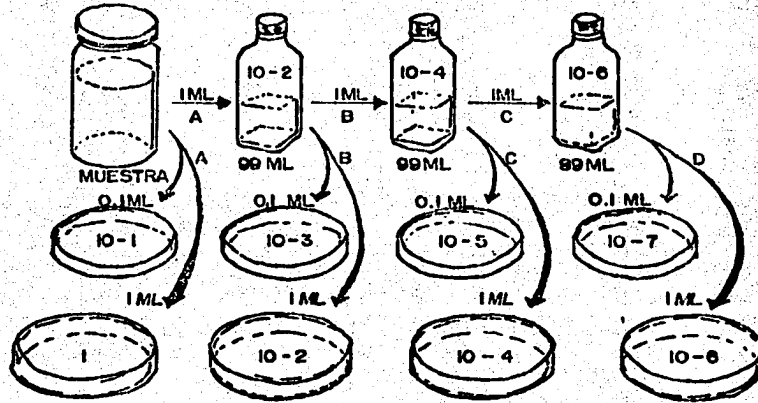
y cucharones de muestreo. Se agita vigorosamente el contenido de los botes de leche con un agitador de mano e inmediatamente después se toma la muestra por medio de un cucharón de muestreo, -- vertiéndose el contenido de este en un matrás es t^éril. Las muestras se conservan en refrigeración evitando que se congelen hasta el momento - en que se vaya a hacer la determinación en el la boratorio.

- b) Dilución de la muestra: Se ordenan las cajas Petri y los frascos de dilución que se van a usar, y se marcan estos de acuerdo con las diluciones que habrán de contener, asegurándose de cambiar de pipeta para cada frasco de dilución.

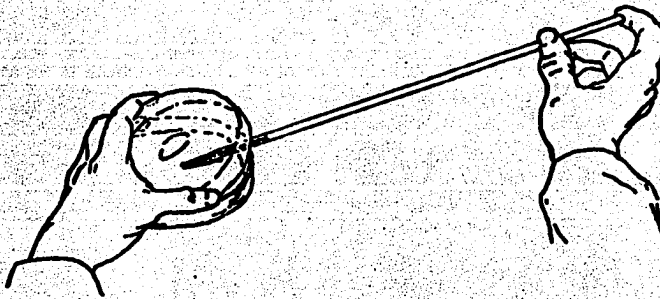
En la figura 22, se muestra la secuencia que se seguirá para realizar las diluciones. Las transferencias que pueden hacerse con la misma pipeta están indicadas con la misma letra.

- 1) Con una pipeta estéril se toma 1.1 ml. de la muestra indicada con la letra A y se deposita 0.1 ml. en una caja Petri estéril; se pone el restante 1.0 ml. de la misma muestra en otra caja Petri estéril, se marca la primera caja con A-10 exponente - 1 y la segunda con A- 1. Con una pipeta estéril, se toma 1 ml. de la muestra y se pone en un frasco de dilución que contenga 99 ml. de líquido de dilución. Este frasco contendrá ahora

FIGURA 22.



Metodo cuantitativo de siembra en placa. (DEMETER 1969).



Depositando el contenido de la pipeta en la placa de Petri.

1 ml. de muestra original diluida 100 veces; por lo tanto 1.0 ml. de esta dilución es equivalente a 0.01 ml. de la muestra original.

- 2) Se agita el frasco vigorosamente veinticuatro veces, desplazando el antebrazo a lo largo de un arco de 40 cm. aproximadamente con el fin de asegurar una mezcla uniforme de la muestra y para separar las bacterias que pueden estar juntas formando agregados.
- 3) Con otra pipeta estéril se toma 1.1 ml. de este frasco (dilución 10^{-2}) y se coloca 0.1 ml. en una caja Petri estéril (una dilución 10^{-3} del original); se marca con B 10^{-3} y se deposita el 1.0 ml.
- 4) Con la misma pipeta se toma otra alicuota de 1.0 ml. del frasco de dilución 10^{-2} y se transfiere a otro frasco que contenga 99 ml. de líquido de dilución estéril, y se agita como en el caso anterior.
- 5) Se seguirán haciendo diluciones según sea necesario siguiendo la misma secuela.

El volúmen (Pérez, 1975) que se transfiere nunca será menor del 10% de la capacidad total de la pipeta, para transferir 1.0 ml. y no se usará una pipeta de más de 10 ml. de

capacidad; para transferir 0.1 ml. no se usarán pipetas mayores de 1.0 ml.

- 6) Se agregan de 12 a 15 ml. del medio de cultivo fundido y mantenido a una temperatura de 45-48°C en un baño de agua, se flamea la boca del matríz antes de vaciarlo a las cajas. Inmediatamente después se mezcla el inóculo con el medio agitando la caja Petri con movimientos en forma de 8, o de vaivén. Esta agitación se hace con cuidado evitando que la mezcla toque la tapa de la caja Petri o la moje.
- 7) Se deja solidificar en reposo.
- 8) Se invierten las cajas y se llevan a la incubadora. Desde el momento en que se prepara la dilución hasta que se añade el medio de cultivo, no deberán pasar más de 15 minutos.
- 9) Se incuban las placas por un período de 48 horas a 27°C (Huhtanen, 1968).
- 10) Es indispensable hacer continuamente pruebas de esterilidad del líquido de dilución y del medio de cultivo para lo cual se siembran dos cajas extras o control; una de ellas conteniendo sólo el medio de cultivo y la otra el medio de cultivo más 1 ml. del

líquido de dilución. Si llegara a haber crecimiento bacteriano, habría que investigar la causa y eliminar de inmediato la contaminación.

- 11) Después de haberse cumplido el período de incubación se sacan las cajas de la incubadora y se cuentan las colonias desarrolladas por medio de un contador de colonias. Si la lectura no puede hacerse de inmediato se refrigeran las cajas a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un período máximo de 24 horas; para hacer la cuenta deberá seleccionarse la caja que contenga entre 30 y 300 colonias, pues en ella será menor el error en el recuento.
- 12) Para dar la cifra final de colonias, se multiplica el número obtenido en la cuenta por la inversa de la dilución, con la cual se preparó la placa (Fernández, - 1981) que corresponde al número de microorganismos mesófilos aerobios por ml. de muestra.

2) Determinación del número de microorganismos coliformes.

Para la determinación del número de microorganismos coliformes, se utilizó el método de recuento en placa si

guiendo el procedimiento antes mencionado.

El medio de cultivo utilizado fué el agar de bilis y rojo violeta (Ramos, 1976), cuya fórmula en gramos por litro de agua destilada, es la siguiente:

Extracto de levadura	3.0 gr.
Peptona de gelatina	7.0 "
Mezcla de sales biliares ..	1.5 "
Lactosa	10.0 "
Cloruro de Sodio	5.0 "
Agar	15.0 "
Rojo neutro	0.03 "
Cristal violeta	0.002
p ^H final	7.4

Se disuelven 41.5 gr. del medio deshidratado en un litro de agua destilada y ésta se calienta hasta la ebullición por un minuto agitando frecuentemente. Se esteriliza a 121°C (15 lbs. de presión) durante 15 minutos. Las placas se incubaron a 37°C por 48 horas (Mallet, 1969). El recuento de las colonias se realizó por medio de un contador de colonias y se reportaron los resultados como el número de microorganismos coliformes por ml. de la muestra.

V) TRABAJO EXPERIMENTAL

PRUEBAS REALIZADAS EN EL PROTOTIPO

A) Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada (Ex; 1).

Con el objeto de ver la influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización se realizó el siguiente experimento:

- a) Se supervisó la higiene durante la ordeña.
- b) Se tomó una muestra de leche bronca para cuantificar el número de microorganismos coliformes y microorganismos mesófilos aerobios
- c) La muestra se dividió en 2 partes iguales; una de ellas se pasteurizó inmediatamente después de la ordeña utilizando el prototipo de pasteurizador lento en las condiciones antes mencionadas y la otra se refrigirió a 4°C por 48 horas.
- d) La muestra que se pasteurizó inmediatamente después de la ordeña se envasó en bottas de 2 litros de plástico, estando aún caliente.

- e) Después de esperar a que estuvieran a temperatura ambiente, las muestras se refrigeraron a 4°C.
- f) Se determinó el número de microorganismos mesófilos aerobios y de microorganismos coliformes inmediatamente después de pasteurizar la leche y a los 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 días de almacenada a 4°C.
- g) A la muestra refrigerada a 4°C por 48 horas se le determinó el número de microorganismos mesófilos aerobios y de microorganismos coliformes antes de pasteurizarla.
- h) La leche se pasteurizó por el sistema de pasteurización lenta y se envasó en botellas de 2 litros de plástico inmediatamente después de la pasteurización estando aún caliente.
- i) Después de esperar que estuvieran a temperatura ambiente, las muestras se refrigeraron a 4°C.
- j) Se determinó el número de microorganismos coliformes y de microorganismos mesófilos aerobios inmediatamente después de la pasteurización y a los 7, 10, 13 y 16 días de almacenada a 4°C.

- B) Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración, cuando la leche se ha envasado en caliente, en la calidad bacteriológica de la leche (Exp. 2).

Con el objeto de obtener los criterios para recomendar el tiempo de reposo a temperatura ambiente que debe transcurrir antes de la refrigeración de la leche cuando ésta se ha envasado en caliente, se realizó el siguiente experimento:

- a) Se supervisó la higiene durante la ordeña.
- b) Se tomó una muestra de leche bronca para determinar el número de microorganismos coliformes y de microorganismos mesófilos aerobios antes de la pasteurización.
- c) Se pasteurizaron 80 litros de leche inmediatamente después de la ordeña utilizando el sistema de pasteurización lenta bajo las condiciones antes mencionadas.
- d) Se envasó la leche en botellas de 2 litros de plástico inmediatamente después de la pasteurización estando aún caliente.
- e) Se tomaron muestras antes de refrigerarse a diferentes intervalos de tiempo: 0, 2, 6 y 12 horas cuantificándose en cada una de las muestras el número de microorganismos coli-

formes y microorganismos mesófilos aerobios.

- f) Se determinó la temperatura de la leche en botellas al tomar las muestras mencionadas.
- g) Se determinaron el número de microorganismos coliformes y el de microorganismos mesófilos aerobios a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 días después de refrigerarse la leche para determinar la calidad bacteriológica de la misma.

C) Influencia del tiempo de transporte en la vida de anaquel de la leche pasteurizada (Exp. 3).

Con el objeto de ver la influencia que tiene el tiempo de transporte en la vida de anaquel de la leche pasteurizada por el sistema de pasteurización lenta, se realizó el siguiente experimento: con base en los resultados obtenidos de los experimentos anteriores, se pudo observar que la leche pasteurizada por este sistema tenía una vida de anaquel mayor de 30 días por lo cual se proponía que ésta se podría transportar a un centro de distribución una vez por semana, y como este sistema está propuesto para pequeños productores, los cuales no cuentan con un equipo especializado para el transporte de la leche, se escogió una temperatura ambiente promedio de 29°C porque es la que prevalece durante el año, para simular el tiempo de transporte, por lo cual se realizó el experimento de la siguiente manera:

- a) Se supervisó la higiene durante la ordeña.
- b) Se cuantificó el número de microorganismos coliformes y de microorganismos mesófilos aerobios en la leche bronca.
- c) Se pasteurizó la leche inmediatamente después de la ordeña.
- d) Se cuantificó el número de microorganismos coliformes y de microorganismos mesófilos aerobios después de la pasteurización.
- e) Se envasó la leche en botellas de 2 litros de plástico inmediatamente después de la pasteurización estando aún caliente.
- f) Se enfriaron las muestras a temperatura ambiente por 2 horas.
- g) Se refrigeraron las muestras a 4°C en una cámara frigorífica durante 7 días.
- h) Al séptimo día se determinaron los microorganismos coliformes y los microorganismos mesófilos aerobios a las muestras antes de la incubación.
- i) Se incubaron las muestras a 29°C durante 2, 4, 6 y 12 horas, y se cuantificaron

después de este lapso los microorganismos coliformes y los microorganismos mesófilos aerobios.

- j) Se refrigeraron las muestras a 4°C después de este tiempo de incubación, que simula el tiempo de transporte.
- k) Se cuantificó el número de microorganismos coliformes y de microorganismos mesófilos aerobios a los 12, 17, 22, 27 y 32 días para determinar la calidad bacteriológica de la leche.

D) Comparación de las leches comerciales pasteurizadas con el sistema de pasteurización rápida (H.S.T) y la leche pasteurizada con el sistema de pasteurización lenta. (Exp. 4).

Con el objeto de determinar la calidad bacteriológica de las leches comerciales de mayor prestigio en el mercado nacional pasteurizadas con el sistema de pasteurización rápida (H.S.T.) y compararlas con la leche - pasteurizada con el sistema de pasteurización lenta, se realizó el siguiente experimento:

- a) Se obtuvieron leches comerciales de cuatro marcas diferentes (Alpura, Lala, Boreal y Estrella de Xalpa).

- b) Las muestras se transfirieron a matraces estériles.
- c) A cada una de las muestras se le determinaron el número de microorganismos mesófilos aerobios y de microorganismos coliformes inmediatamente después que se compraron y a los 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días, ya que fue el tiempo que transcurrió hasta descomponerse la leche.
- d) Las muestras fueron conservadas a 4° C y corridas por cuadruplicado.

VI) RESULTADOS Y DISCUSION

A) Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada.

En la gráfica 2 y el cuadro 8, se presentan los resultados de la cuenta de microorganismos mesófilos aerobios durante el almacenaje de la leche pasteurizada inmediatamente después de la ordeña y la pasteurizada 48 horas después de haber sido almacenada a 4°C (Leche 48 hrs.).

En primer lugar, se puede observar que durante el almacenaje la leche con 48 hrs. de refrigeración antes de la pasteurización, tuvo un crecimiento microbiano Log. 4.4 a 6.2 Log. y una reducción por la pasteurización, pero el crecimiento fué logarítmico a los 7 días de almacenaje y este periodo de almacenamiento antes de la pasteurización le acortó la durabilidad en forma muy significativa con respecto a la muestra que no lo tuvo ya que como se vé en la gráfica 2 si tomamos como límite para la vida útil de la leche una concentración máxima de microorganismos de 1×10^7 ; la leche 48 horas la alcanza entre 13 y 14 días de almacenaje y la leche pasteurizada inmediatamente después de la ordeña no la tiene aún a los 35 días de almacenaje.

En lo que respecta a las cuentas de los microorganismos coliformes (cuadro 9 y gráfica 3) el comportamiento de las muestras es análogo a los resultados de las cuentas totales, aunque háy que resaltar que la aparición de coliformes en la muestra pasteurizada in

C U A D R O No. 8

INFLUENCIA DEL TIEMPO ENTRE LA ORDENA Y LA PASTEURIZACION. EN
LA DURABILIDAD DE LA LECHE PASTEURIZADA

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS. / ML.

DIAS	T = 0 HRS.	DIAS	T = 48 HRS.
0 *	5.562 ± 0.00	0 *	5.562 ± 0.00
0 ***	4.402 ± 0.00	2 **	6.162 ± 0.00
5	4.489 ± 0.04	2 ***	5.442 ± 0.00
10	4.482 ± 0.05	7	5.599 ± 0.17
15	4.454 ± 0.11	10	6.423 ± 0.62
20	4.730 ± 0.43	13	7.791 ± 0.13
25	5.057 ± 1.01	16	8.219 ± 0.13
30	5.592 ± 1.69		
35	5.712 ± 1.90		

* Leche Bronca

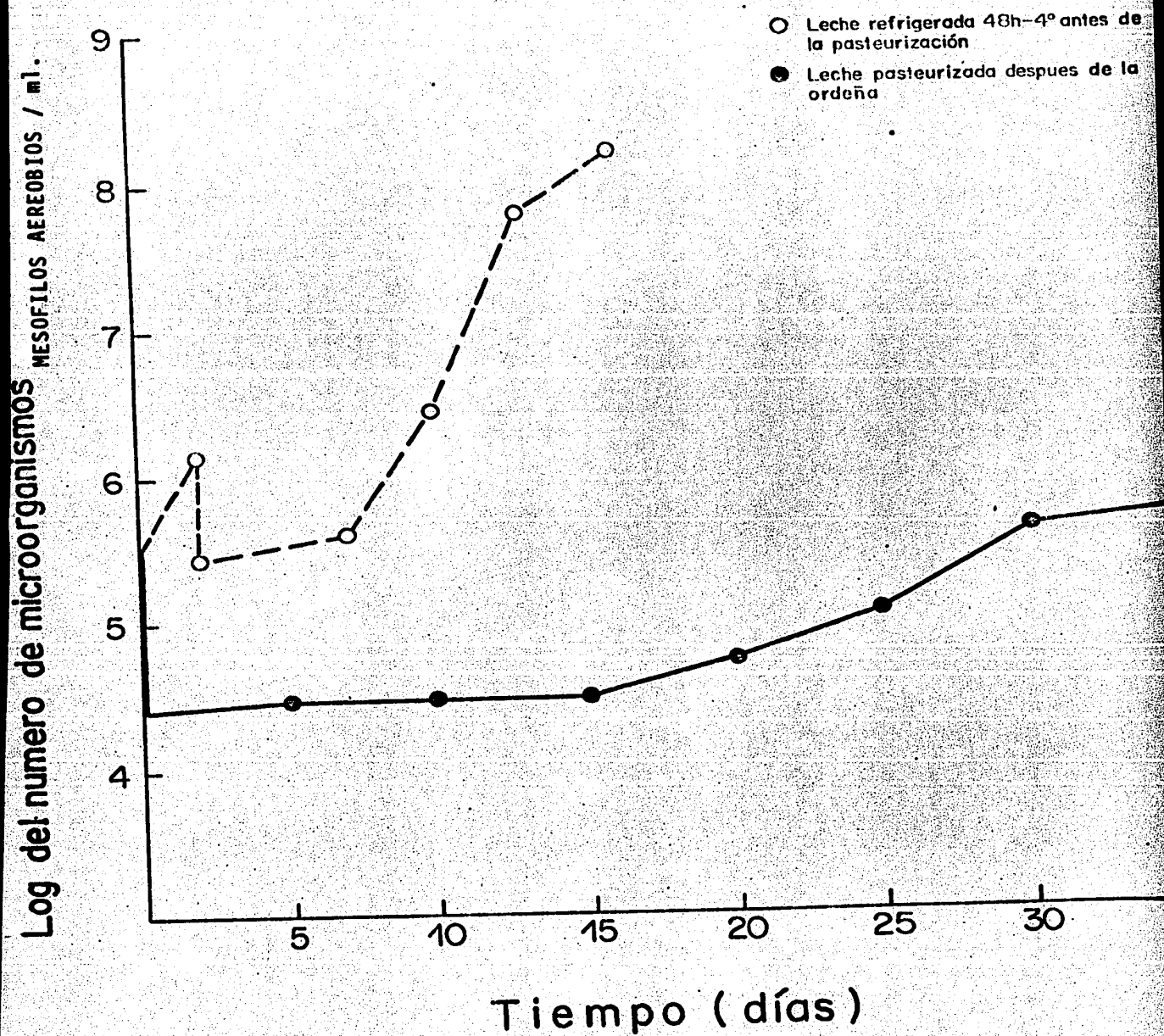
** Leche Bronca con 48 hrs. de refrigeración

*** Leche Pasteurizada

Los resultados son promedio de cuatro determinaciones

GRAFICA-2

INFLUENCIA DEL TIEMPO ENTRE LA ORDEÑA Y LA PASTEURIZACION
EN LA DURABILIDAD DE LA LECHE PASTEURIZADA.



INFLUENCIA DEL TIEMPO ENTRE LA ORDENA Y LA PASTEURIZACION EN LA
DURABILIDAD DE LA LECHE PASTEURIZADA

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS COLIFORMES / ML.

DIAS	T = 0 HRS.	DIAS	T = 48 HRS.
0 *	2.733 ± 0.00	0 *	2.773 ± 0.00
0 ***	0.0 ± 0.00	2 **	4.940 ± 0.03
5	0.0 ± 0.00	2 ***	2.480 ± 0.10
10	0.0 ± 0.00	7	3.058 ± 0.57
15	0.0 ± 0.00	10	3.459 ± 0.56
20	0.0 ± 0.00	13	4.588 ± 0.26
25	1.832 ± 0.05	16	5.132 ± 0.12
30	2.301 ± 0.07		
35	2.845 ± 0.06		

* Leche Bronca

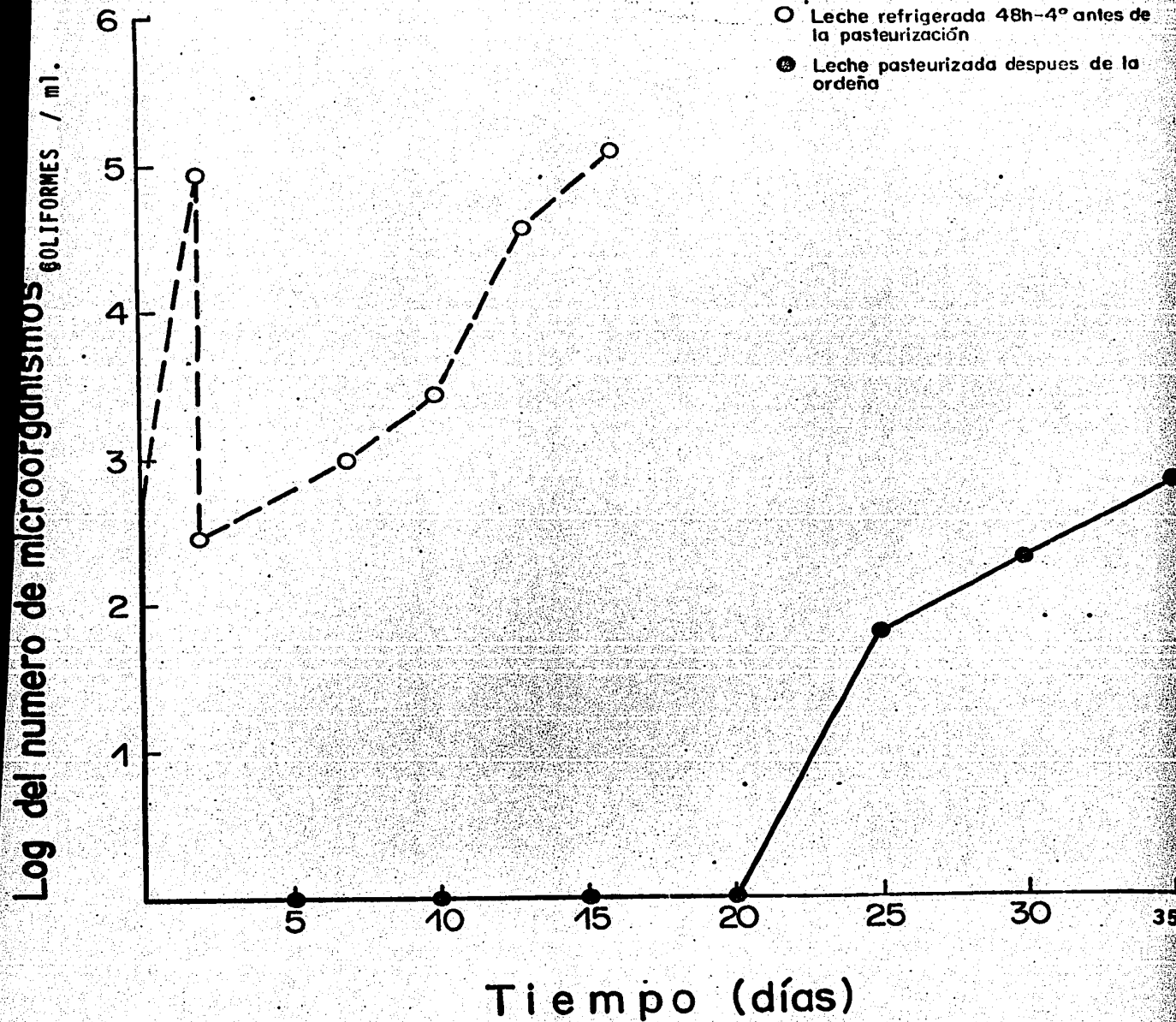
** Leche cruda con 48 hrs. de refrigeración

*** Leche pasteurizada

Los resultados son promedio de cuatro determinaciones

GRAFICA 3

INFLUENCIA DEL TIEMPO ENTRE LA ORDEÑA Y LA PASTEURIZACION
EN LA DURABILIDAD DE LA LECHE PASTEURIZADA.



mediatamente después de la ordeña fué a los 20 días de almacenaje. Esto se puede explicar de dos maneras: - primera, que la pasteurización del envase por haberse llenado en caliente, no alcanzó la boca del mismo, y por lo tanto, quedó una pequeña parte del envase sin pasteurizar y segunda, que la contaminación de la leche era por debajo de un microorganismo por mililitro y por lo tanto no fué posible detectarlo con el método reportado aquí.

En ambos casos se postula que la contaminación es muy baja y los tiempos de duplicación de la misma bacteria coliforme en cuestión, son muy largos a temperatura de refrigeración; bajo éstas premisas es posible explicar la aparición de coliformes a los 20 días de almacenaje. De hecho, estudios realizados por Rivas L. M. en 1985 comprueban la hipótesis aquí planteada.

Con el experimento realizado se muestra claramente la importancia que representa para la duración de la leche pasteurizada el tiempo que transcurre entre la ordeña y la pasteurización.

B) Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración cuando la leche se ha envasado en caliente, en la calidad bacteriológica de la leche.

Como se señaló en la metodología, la leche era pasteurizada en forma lenta y envasada en caliente. La influencia que tiene el tiempo en la calidad bacteriológica de la leche entre el envasado y la refrigeración

(tiempo de reposo) se presenta en el cuadro 10 y en la gráfica 4.

Es de notarse que la diferencia entre la leche refrigerada inmediatamente ($T = 0$ hrs.) o sea, que no tuvo tiempo de reposo a temperatura ambiente, contenía la menor cantidad de microorganismos al momento de ser refrigerada y que el tiempo de reposo de 2 horas permitió a la población de microorganismos que se duplicaran.

De las dos a las seis horas de tiempo de reposo, la cuenta de microorganismos totales se duplicó tres veces con un tiempo de generación, de 1.35 hrs. y de las seis a las doce horas, la cuenta total se duplicó cuatro veces con un tiempo de generación de 1.5 hrs.

El refrigerar la leche inmediatamente después que se ha envasado en caliente no es recomendable, pues la diferencia de temperatura que existe entre la leche y la cámara frigorífica, es muy alta y ocasiona que la temperatura de la cámara se eleve demasiado y que la cámara se convierta en un momento dado en una especie de incubadora, por lo que la leche se tardaría más tiempo en enfriarse y se eliminaría el efecto de pasteurización del envase.

Ahora bien, la influencia del tiempo de reposo en la calidad bacteriológica de la leche después de 30 días de refrigeración, se refleja únicamente cuando las muestras se mantuvieron en reposo por doce horas.

C U A D R O No. 10

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REPOSO A TEMPERATURA AMBIENTE ANTES DE LA REFRIGERACION CUANDO LA LECHE SE HA ENVASADO EN CALIENTE EN LA CALIDAD BACTERIOLOGICA DE LA LECHE.

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS / ML.

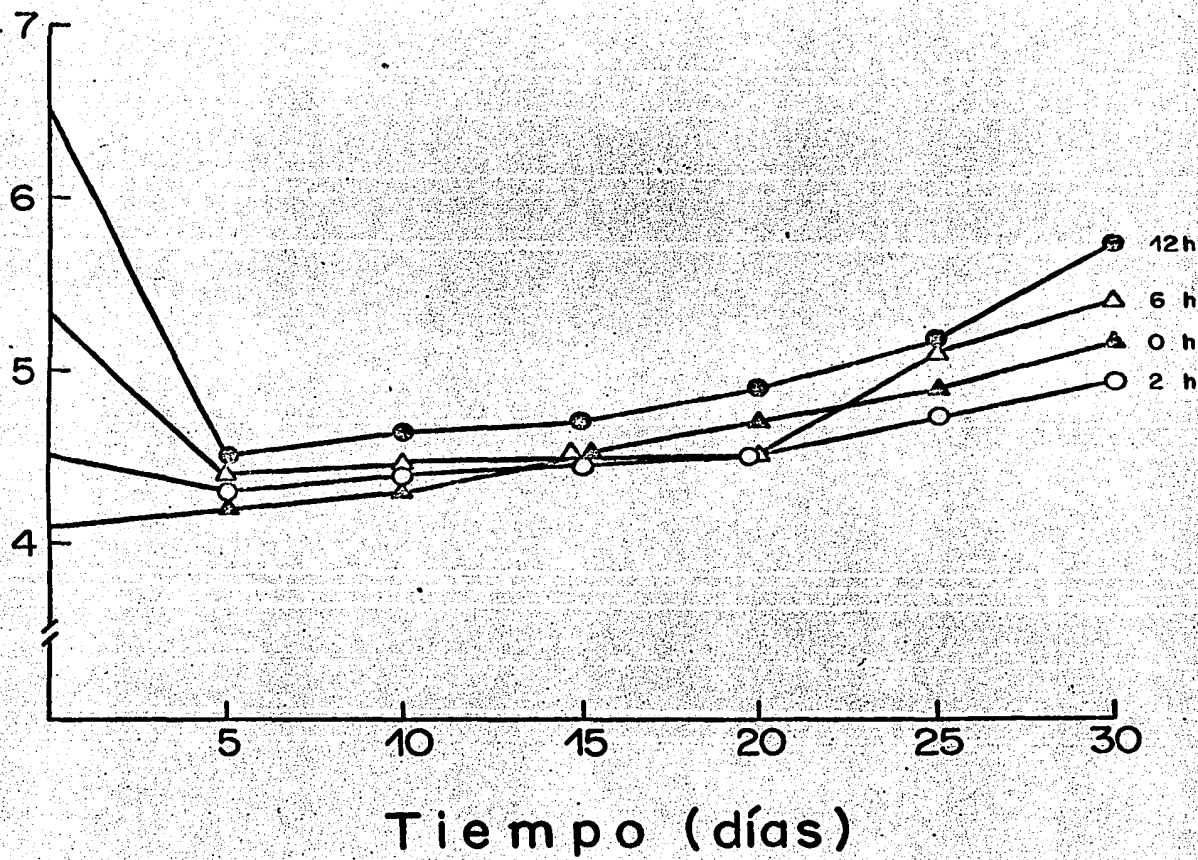
DIAS	T = 0 HRS.	T = 2 HRS.	T = 6 HRS.	T = 12 HRS.
0	4.138 ± 0.18	4.509 ± 0.15	5.344 ± 0.03	6.554 ± 0.01
5	4.201 ± 0.36	4.325 ± 0.11	4.476 ± 0.04	4.511 ± 0.02
10	4.340 ± 0.07	4.414 ± 0.02	4.481 ± 0.04	4.672 ± 0.02
15	4.502 ± 0.51	4.460 ± 0.41	4.488 ± 0.01	4.791 ± 0.06
20	4.691 ± 0.73	4.511 ± 0.40	4.536 ± 0.01	4.905 ± 0.05
25	4.912 ± 0.33	4.730 ± 0.92	5.143 ± 0.20	5.236 ± 0.17
30	5.177 ± 0.76	4.985 ± 0.86	5.410 ± 0.35	5.762 ± 0.43

Leche Bronca 5.302 Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios / ml.

Los resultados son promedio de cuatro determinaciones

GRAFICA 4

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REPOSO A TEMPERATURA AMBIENTE
ANTES DE LA REFRIGERACION.



Log del numero de microorganismos mesofilos aerobios / ml.

También es importante resaltar que en las muestras que tuvieron un tiempo de reposo de dos a doce horas, con la refrigeración disminuyó el contenido bacteriano muy significativamente, en especial en las muestras que tuvieron más tiempo de reposo. Las muestras con doce horas de tiempo de reposo tienen mucho más contenido bacteriano antes de la refrigeración que a los 30 días de almacenaje. Esta muerte de las bacterias se correlaciona con el tiempo de reposo.

Es de señalarse que el envasar la leche en caliente, tiene un efecto similar al de pasteurizar el envase pues a la media hora de haberse envasado ésta en caliente, se encuentra a una temperatura de 57.5°C (Ver gráfica 5); éste efecto sólo es posible en envases que resistan el calor, como lo son los de plástico, y vidrio.

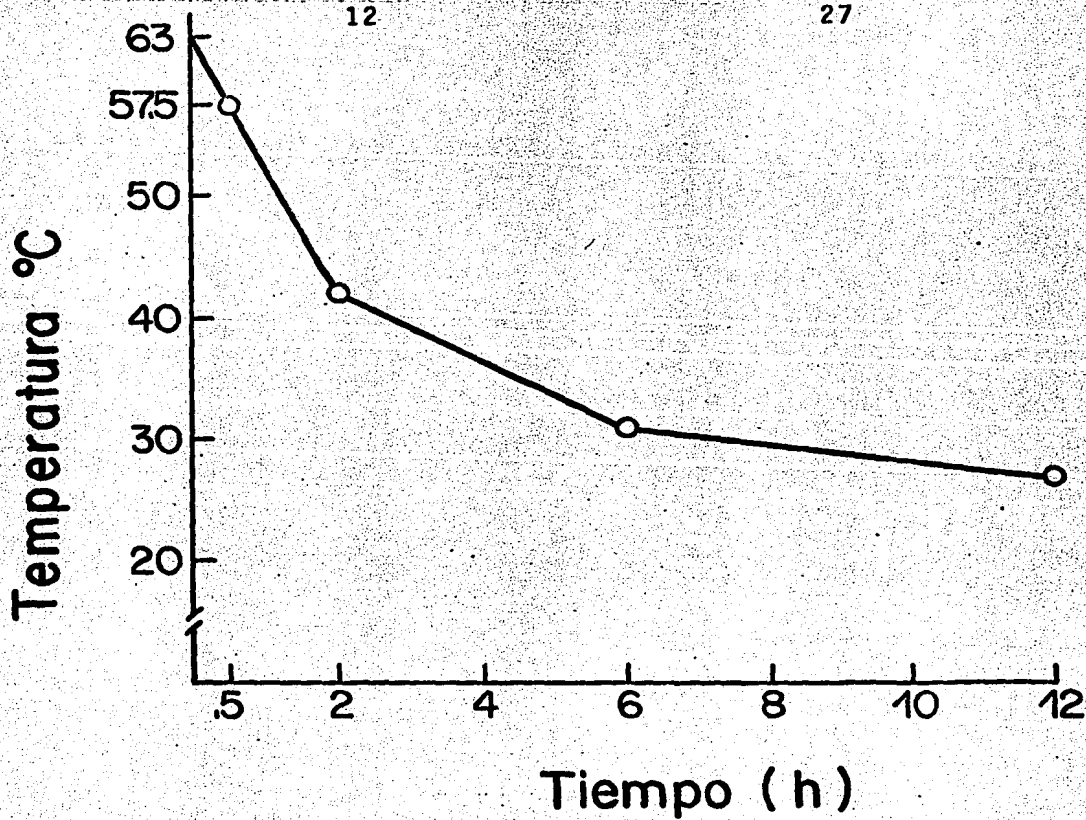
El crecimiento de la flora coliforme de las mismas muestras, se puede observar en la gráfica 6 y el cuadro 11. El comportamiento de las muestras es homogéneo presentando una fase lag. de 15 días y un crecimiento acelerado después de los 15 días de refrigeración; las muestras presentan como en el caso de las cuentas totales, un mayor contenido de bacterias proporcional al tiempo de reposo .

En las gráficas 4 y 6 también se puede observar que las muestras que tuvieron 0, 2 y 6 horas de tiempo de reposo a temperatura ambiente, antes de la refrigeración, cumplen con los límites señalados para la leche pasteu

GRAFICA 5

CURVA DE ENFRIAMIENTO DE LA LECHE

TIEMPO	TEMPERATURA AMBIENTE °C
0	17
2	23
6	24
12	27



C U A D R O No.11

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REPOSO A TEMPERATURA AMBIENTE ANTES DE LA REFRIGERACION CUANDO LA LECHE SE HA ENVASADO EN CALIENTE EN LA CALIDAD BACTERIOLOGICA DE LA LECHE.

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS COLIFORMES / ML.

DIAS	T = 0 HRS.	T = 2 HRS.	T = 6 HRS.	T = 12 HRS.
0	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00
5	0.602 ± 0.03	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	1.189 ± 0.13
10	0.817 ± 0.07	0.000 ± 0.00	0.103 ± 0.01	1.689 ± 0.10
15	1.098 ± 0.12	0.560 ± 0.64	0.967 ± 0.41	1.683 ± 0.15
20	1.984 ± 0.23	0.916 ± 0.12	2.790 ± 0.13	3.938 ± 0.19
25	2.028 ± 0.23	1.197 ± 0.14	3.208 ± 0.18	4.061 ± 0.14
30	2.440 ± 0.28	1.241 ± 0.18	3.586 ± 0.14	4.562 ± 0.17

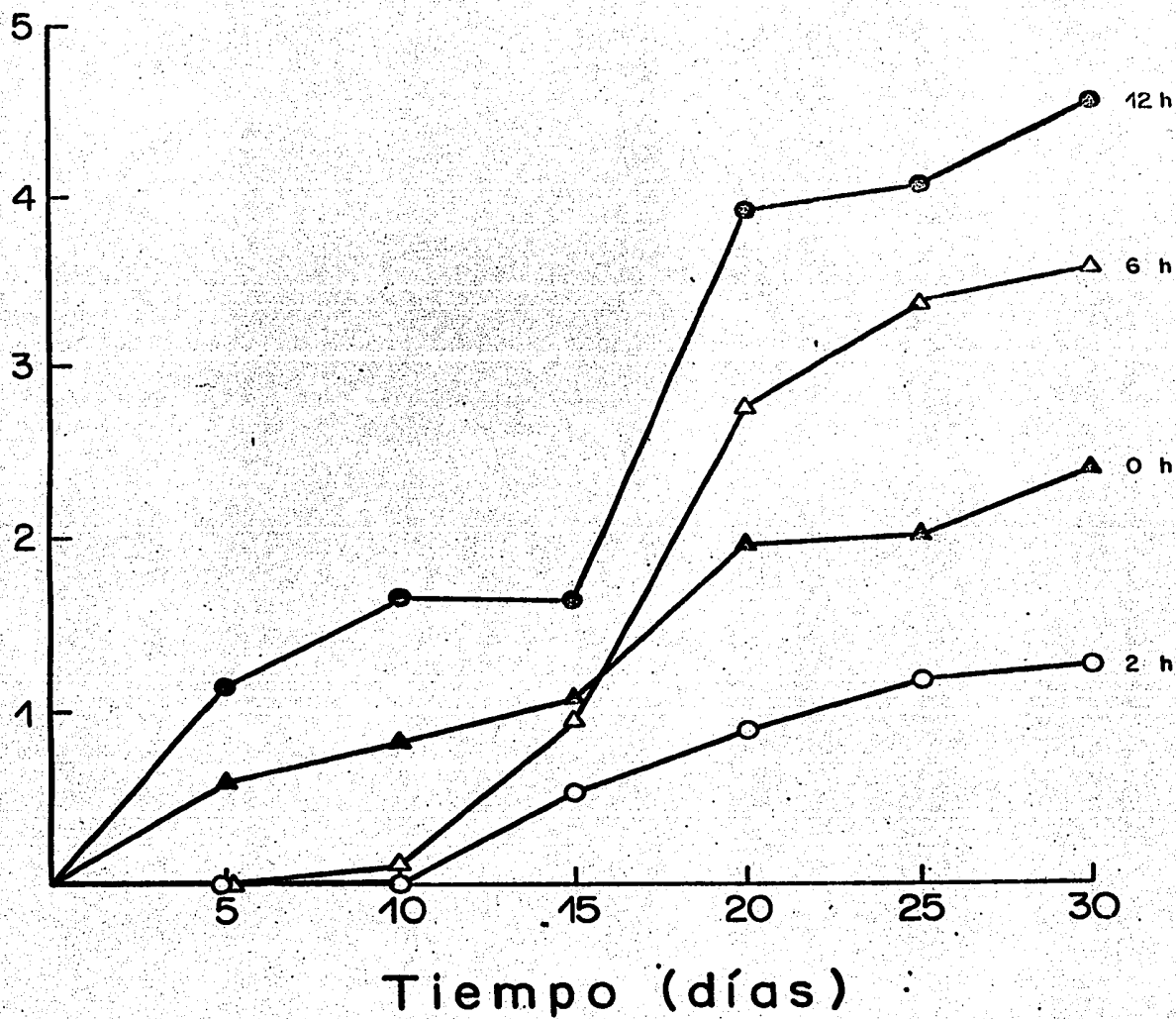
Leche Bronca 3.516 Log. del número de microorganismos coliformes / ml.

Los resultados son promedio de cuatro determinaciones

GRAFICA 6

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REPOSO A TEMPERATURA AMBIENTE
ANTES DE LA REFRIGERACION.

Log del numero de microorganismos coliformes / ml.



rizada en cuanto a la cantidad de microorganismos mesófilos aerobios así como la de los microorganismos coliformes.

C) Influencia del tiempo de transporte en la vida de anaquel de la leche pasteurizada.

En el cuadro 12 y la gráfica 7, se presentan los resultados de la influencia que tiene el tiempo de transporte en la cuenta de los microorganismos mesófilos aerobios en la leche cuando ésta es transportada a 29°C y ha tenido una refrigeración por 7 días a 4°C, observándose que las muestras que tuvieron 2, 4 y 6 horas de tiempo de transporte, presentan pequeños incrementos en la cuenta microbiana total. También se puede observar que a los 17 días de refrigeración estas muestras satisfacen los límites legales establecidos para la leche pasteurizada.

Las muestras con 2 horas de tiempo de transporte, presentan un incremento en la cuenta de microorganismos mesófilos aerobios de los 17 a los 27 días de refrigeración, y esta cantidad disminuye a los 32 días de refrigeración.

Las muestras con 4 y 6 horas de transporte después de los 17 días de refrigeración, siguen presentando incrementos en la cuenta de microorganismos mesófilos aerobios y a los 32 días de refrigeración, las muestras con 6 horas de transporte presentan una cuenta de microor-

C U A D R O 12

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRANSPORTE EN LA VIDA DE ANAQUEL DE LA LECHE PAST.

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS / ML.

DIAS	T = 2 HRS.	T = 4 HRS.	T = 6 HRS.	T = 12 HRS.
L.B.	5.622 ± 0.11	5.622 ± 0.11	5.622 ± 0.11	5.622 ± 0.11
L.P.	4.213 ± 0.27	4.213 ± 0.27	4.213 ± 0.27	4.213 ± 0.27
7	4.301 ± 0.07	4.301 ± 0.07	4.301 ± 0.07	4.301 ± 0.07
7	4.375 ± 0.03	4.432 ± 0.01	4.454 ± 0.12	4.795 ± 0.13
12	4.423 ± 0.05	4.451 ± 0.09	4.466 ± 0.16	4.951 ± 0.33
17	4.492 ± 0.24	4.473 ± 0.14	4.474 ± 0.11	5.041 ± 0.27
22	4.583 ± 0.16	4.562 ± 0.08	4.513 ± 0.14	5.308 ± 0.30
27	4.837 ± 0.13	4.653 ± 0.08	4.737 ± 0.07	5.426 ± 0.33
32	4.796 ± 0.10	4.876 ± 0.08	4.965 ± 0.07	5.643 ± 0.31

L.B. Leche Bronca

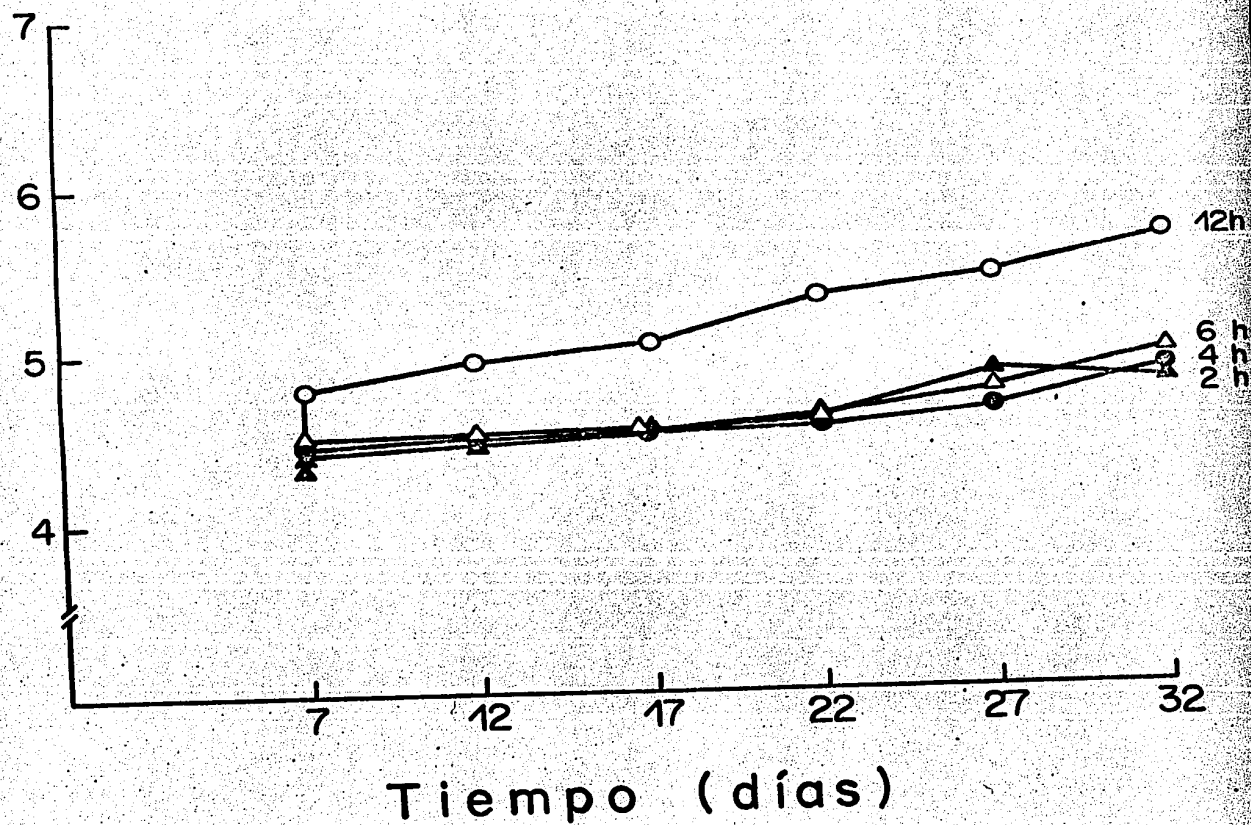
L.P. Leche Pasteurizada

Los resultados son promedio de cuatro determinaciones

GRAFICA 7

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRANSPORTE

Log del numero de microorganismos mesofilos aerobios / ml.



ganismos mesófilos aerobios mayor que las muestras que tuvieron 4 horas de transporte.

En las muestras que tuvieron 12 horas de transporte la cuenta de microorganismos mesófilos aerobios se duplicó tres veces con un tiempo de generación de 4 horas el mismo día que se realizó éste, rebasando así los límites legales y a los 32 días de refrigeración, son las que presentaban mayor cantidad de microorganismos mesófilos aerobios.

En el cuadro 13 y la gráfica 8, se presentan los resultados de la cuenta de microorganismos coliformes, y se observa que el desarrollo así como el contenido de éstos microorganismos en la leche durante el almacenaje es proporcional al tiempo de transporte.

También se puede observar que las muestras con 12 horas de transporte, presentaron microorganismos coliformes el mismo día que se realizó éste y son estas muestras las que a los 32 días de refrigeración presentaron la mayor cantidad de microorganismos coliformes.

D) Comparación de las leches comerciales pasteurizadas con el sistema de pasteurización rápida (H.S.T.) y la leche pasteurizada con el sistema de pasteurización lenta.

En el cuadro 14 y la gráfica 9, se presentan los resultados de la cuenta de los microorganismos mesófilos -

C U A D R O 13

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRANSPORTE EN LA VIDA DE ANAQUEL DE LA LECHE PAST.

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS COLIFORMES / ML.

DIAS	T = 2 HRS.	T = 4 HRS.	T = 6 HRS.	T = 12 HRS.
1.B	3.477 ± 0.26	3.477 ± 0.26	3.477 ± 0.26	3.477 ± 0.26
L.P.	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00
7	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00
7	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	1.096 ± 0.13
12	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	1.920 ± 0.20
17	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	0.582 ± 0.07	2.826 ± 0.27
22	0.000 ± 0.00	0.000 ± 0.00	1.388 ± 0.11	3.564 ± 0.30
27	0.000 ± 0.00	0.392 ± 0.04	2.164 ± 0.12	3.869 ± 0.33
32	0.425 ± 0.07	0.846 ± 0.08	2.608 ± 0.13	4.196 ± 0.21

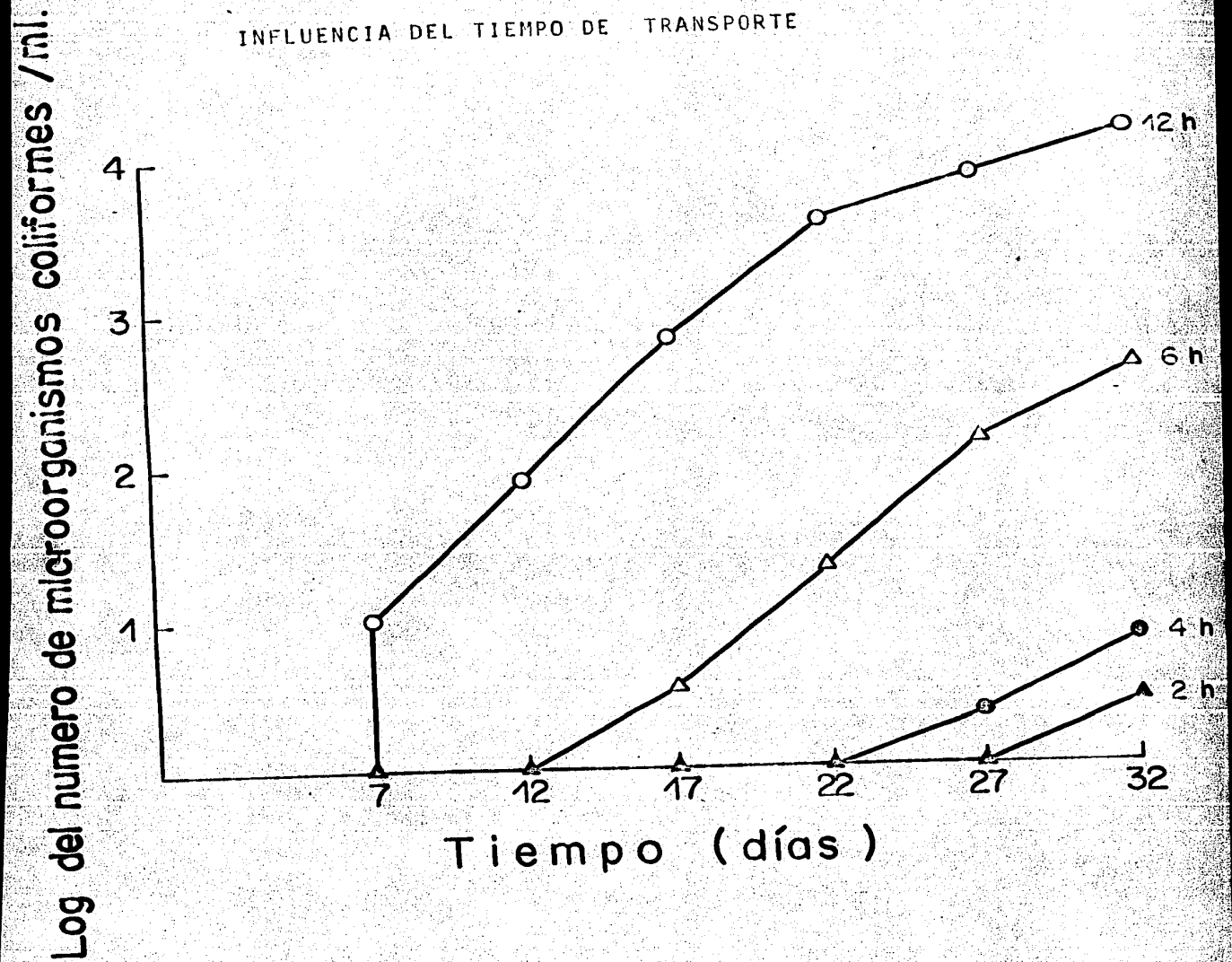
L.B. Leche Bronca

L.P. Leche Pasteurizada

Los resultados son promedio de cuatro determinaciones

GRAFICA 8

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE TRANSPORTE



C U A D R O 14

LOGARITMO DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS DE LECHE
COMERCIALES EN FUNCION DEL TIEMPO / ML.

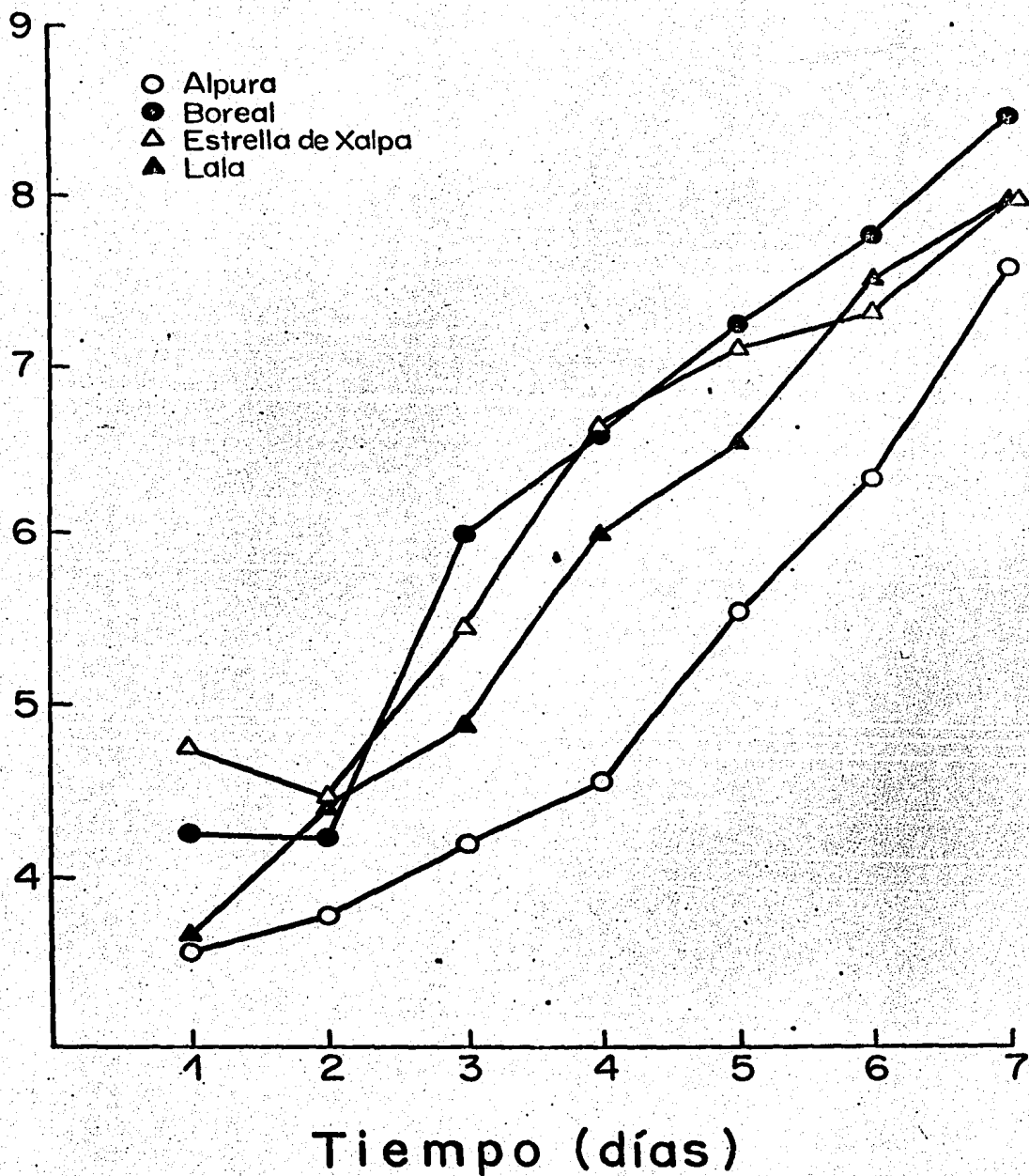
LECHES	LA	BO	EX	AL
DIAS				
1	3.68 ± 0.19	4.26 ± 0.61	4.79 ± 0.48	3.54 ± 0.09
2	4.39 ± 0.04	4.24 ± 0.49	4.45 ± 0.21	3.79 ± 0.05
3	4.89 ± 0.11	6.04 ± 0.17	5.43 ± 0.67	4.20 ± 0.12
4	6.02 ± 0.04	6.60 ± 0.12	6.62 ± 0.56	4.54 ± 0.09
5	6.56 ± 0.11	7.28 ± 0.27	7.13 ± 0.07	5.55 ± 0.19
6	7.53 ± 0.07	7.79 ± 0.10	7.34 ± 0.31	6.37 ± 0.10
7	8.02 ± 0.09	8.50 ± 0.28	8.0 ± 0.21	7.60 ± 0.21

Las muestras son promedio de cuatro determinaciones

LA, BO, EX, AL, Muestras de diferentes marcas comerciales de leche

CUENTAS DE MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS DE LECHE COMERCIALES EN FUNCION DEL TIEMPO

Log del numero de microorganismos mesofilos aerobios / ml.



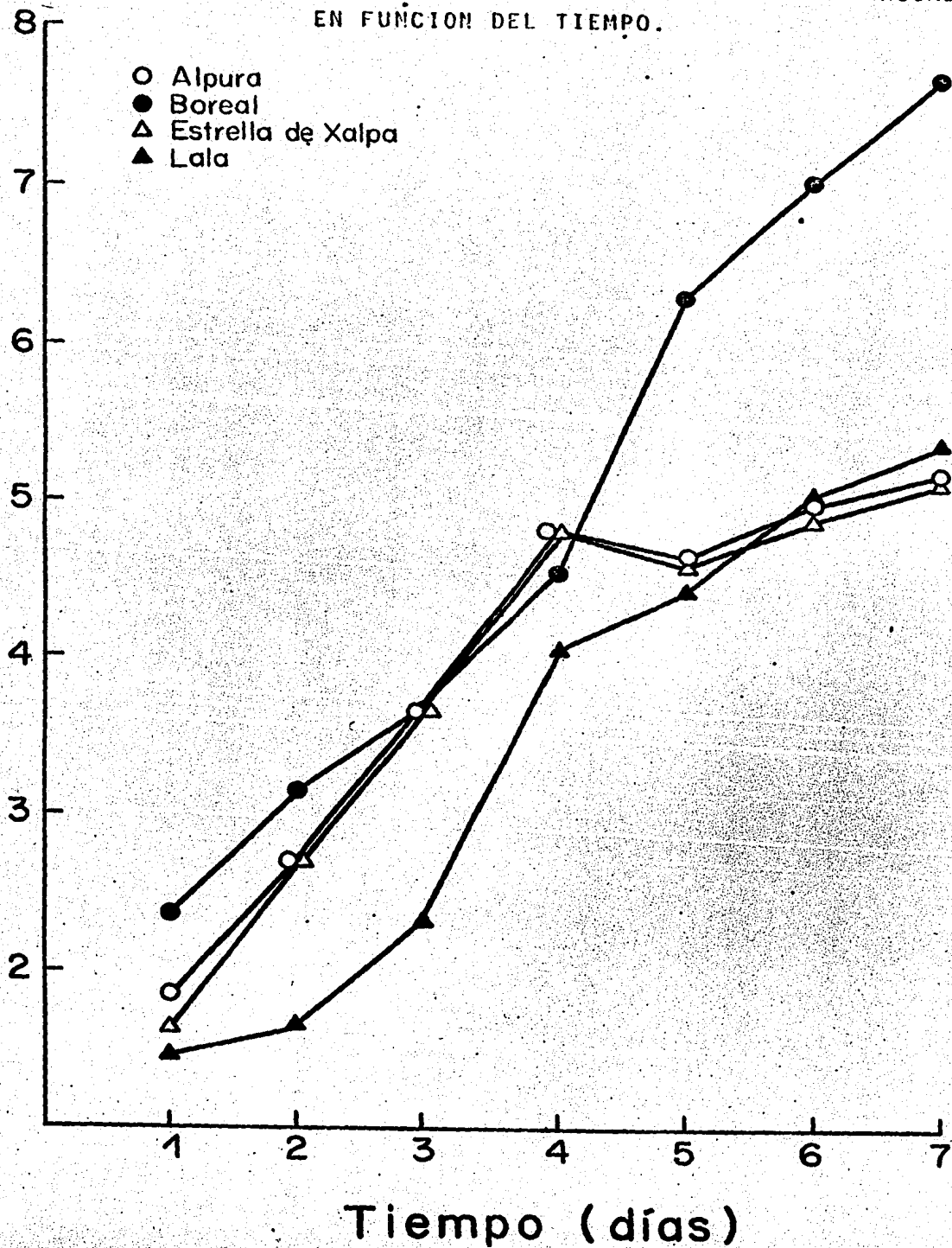
aerobios de las leches comerciales en función del tiempo y se observa que éstas el primer día que se compraron, presentaban una baja cuenta de microorganismos mesófilos aerobios con excepción de la muestra Estrella de Xalpa y que después del tercer día de refrigeración las muestras Lala, Boreal y Estrella de Xalpa presentaban una cantidad de microorganismos mesófilos aerobios superior a la establecida para la leche pasteurizada sucediendo lo mismo con la muestra Alpura, al cuarto día de refrigeración.

También se puede observar que estas marcas de leche tienen una vida de anaquel de siete días, presentando una cuenta de microorganismos mesófilos aerobios superior a los diez millones por mililitro, lo que no sucede con la leche que es pasteurizada inmediatamente después de la ordeña, con el sistema de pasteurización lenta, la cual se mantiene hasta los 15 días de refrigeración con una baja cuenta de microorganismos mesófilos aerobios que satisface los límites legales establecidos para la leche pasteurizada, teniendo por consecuencia una mayor vida de anaquel.

En el cuadro 15 y la gráfica 10, se presentan los resultados de la cuenta de los microorganismos coliformes e las leches comerciales en función del tiempo y se observa que éstas desde el primer día que salen a la venta presentan una cantidad de microorganismos coliformes superior a la establecida para la leche pasteurizada, presentando la mayor cantidad la leche Boreal, la cual es la que debería de contener el menor número de

CUENTA DE MICROORGANISMOS COLIFORMES DE LECHEs COMERCIALES
EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

Log del número de microorganismos coliformes / ml.



C U A D R O 1 5

LOG. DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS COLIFORMES DE LECHEs COMERCIALES
EN FUNCION DEL TIEMPO / ML.

LECHES	LA	BO	EX	AL
DIAS				
1	1.49 ± 0.08	2.39 ± 0.13	1.68 ± 0.96	1.88 ± 0.68
2	1.66 ± 0.05	3.17 ± 1.01	2.74 ± 0.62	2.74 ± 0.62
3	2.33 ± 0.07	3.70 ± 0.15	3.72 ± 0.60	3.70 ± 0.63
4	4.08 ± 0.06	4.54 ± 0.23	4.81 ± 0.47	4.81 ± 0.47
5	4.48 ± 0.0	6.37 ± 0.04	4.59 ± 0.83	4.65 ± 0.75
6	5.08 ± 0.03	7.07 ± 0.12	4.89 ± 0.16	5.02 ± 0.34
7	5.39 ± 0.13	7.70 ± 0.20	5.15 ± 0.21	5.19 ± 0.64

Las muestras son promedio de cuatro determinaciones

LA, BO, EX, AL Muestras de diferentes marcas comerciales de leche

microorganismos, puesto que esta leche es la única que tiene categoría de leche pasteurizada preferente extra (Código Sanitario, 1984); también se puede observar que ésta, a los siete días de refrigeración, es la que tiene la mayor cantidad de microorganismos coliformes.

Las leches Lala, Alpura y Estrella de Xalpa, al séptimo día de refrigeración presentan una cuenta de microorganismos coliformes, superior a los cien mil microorganismos por mililitro.

La presencia de microorganismos coliformes en las leches comerciales desde el primer día que salen al mercado se puede explicar de dos maneras: primera que la leche después del proceso de pasteurización se contamina con este tipo de microorganismos, y segunda que estos microorganismos se encontraban en gran cantidad antes de la pasteurización por lo que con este proceso no se destruyen completamente como sucedió con la leche que se pasteurizó con el sistema de pasteurización lenta, pero que tenía 48 horas de refrigeración a 40°C antes de la pasteurización. De hecho estudios realizados por Janzen en 1982 comprueban esta hipótesis.

Con la leche que es pasteurizada inmediatamente después de la ordeña, no sucedió esto, pues como la concentración de microorganismos no es muy alta con el proceso de pasteurización se destruyen completamente.

VII CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de las diferentes etapas del proceso de pasteurización para la industrialización de la leche en la granja se concluye que por medio de este procedimiento el pequeño productor puede pasteurizar, envasar y comercializar su leche sin necesidad de contar para ello con un sistema de refrigeración para su leche bronca ni de un medio de transporte especializado.

La leche que es pasteurizada con el prototipo de pasteurizador lento cumple con las normas microbiológicas establecidas para la leche pasteurizada y por su tiempo de conservación le permite al pequeño productor que él mismo comercialice su leche por tener mayor flexibilidad en la cadena de comercialización.

Durante la evaluación se establecieron los factores que deben de tomarse en cuenta para el manejo de la leche y con esto poder garantizar un producto de calidad y duración adecuada que le permita al productor pasteurizar, envasar y comercializar su leche, siendo estos los factores siguientes:

- 1) Que la leche sea pasteurizada inmediatamente después de la ordeña, puesto que el tiempo entre la ordeña y la pasteurización es uno de los factores que más repercuten en la durabilidad de la leche pasteurizada.

- 2) La leche deber ser refrigerada 2 horas después de haber sido pasteurizada y envasada en caliente, ya que el dejarla más tiempo a temperatura ambiente, propicia el crecimiento microbiano.

- 3) El transporte de la leche a temperatura ambiente no debe ser mayor de 6 horas, porque si se excede de este tiempo, la calidad bacteriológica de la leche se ve afectada.

A) INDICE DE FIGURAS		Pág.
Figura 1	- Utilización de la leche en EE.UU.	8
Figura 2	- Cubeta de pasteurización	31
Figura 3	- Principio de un sistema moderno por su-- mersión y de alta velocidad para el ca-- lentamiento	31
Figura 4	- Principio del método por sumersión para-- el enfriamiento y el calentamiento de -- las pasteurizadoras	31
Figura 5	- Principio del sistema por aspersion, pa-- ra el calentamiento o enfriamiento de -- las pasteurizadoras	33
Figura 6	- Sección de un pasteurizador discontinuo-- típico	33
Figura 7	- Agitadores de aspa de alta velocidad mos-- trando la dirección del movimiento de -- circulación	33
Figura 8	- Esquema de los principales tipos de pas-- teurizadores tubulares	36
Figura 9	- Circulación de los flúidos en un pasteu-- rizador de circulación simple	36

Figura 10	-	Fundamento de un pasteurizador de placas	36
Figura 11	-	Comparación de los tratamientos térmicos en los procedimientos de calentamiento U.H.T., directo e indirecto	42
Figura 12	-	Esquema del procedimiento de esterilización A.P.V.	43
Figura 13	-	Planta de esterilización del tipo UTIS M-8	46
Figura 14	-	Funcionamiento del esterilizador Lagujharre	48
Figura 15	-	Esquema de la esterilización por fricción mecánica A.T.A.D.	49
Figura 16	-	Sistema de pasteurización lenta para la industrialización de la leche en granja	54
Figura 17	-	Fotografía del pasteurizador ALILAC	57
Figura 18	-	Esquema general del sistema de calentamiento	60
Figura 19	-	Sistema de control del pasteurizador	62
Figura 20	-	Diagrama eléctrico para control	64

- Figura 21 - Esquema de instalación del pasteurizador 66
- Figura 22 - Método cuantitativo de siembra en placa 73

B) INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1 - Datos económicos de las granjas lecheras en EE. UU.
- Cuadro 2 - Ingresos en granjas de EE.UU. obtenidos por diferentes géneros.
- Cuadro 3 - Uso a que se destina la producción nacional de leche.
- Cuadro 4 - Clasificación de los vientres y su producción por sistemas de explotación.
- Cuadro 5 - Inventario lechero para 1979.
- Cuadro 6 - Calentamiento de la leche (datos referentes a la pasteurización).
- Cuadro 7 - Efectos del calentamiento sobre los componentes de la leche.
- Cuadro 8 - Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada. Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios / ml.
- Cuadro 9 - Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada. Log. del número de microorganismos coliformes / ml.

- Cuadro 10 - Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración cuando la leche se ha envasado en caliente, en la calidad bacteriológica de la leche. Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios /ml.
- Cuadro 11 - Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración cuando la leche se ha envasado en caliente, en la calidad bacteriológica de la leche. Log. del número de microorganismos coliformes / ml.
- Cuadro 12 - Influencia del tiempo de transporte en la vida de anaquel de la leche pasteurizada. Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios / ml.
- Cuadro 13 - Influencia del tiempo de transporte en la vida de anaquel de la leche pasteurizada. Log. del número de microorganismos coliformes.
- Cuadro 14 - Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios de leches comerciales en función del tiempo.
- Cuadro 15 - Log. del número de microorganismos coliformes de leches comerciales en función del tiempo.

C) INDICE DE GRAFICAS .

- Gráfica 1 - Influencia del tratamiento térmico sobre las características de la leche
- Gráfica 2 - Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada. Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios / ml.
- Gráfica 3 - Influencia del tiempo entre la ordeña y la pasteurización en la durabilidad de la leche pasteurizada. Log. del número de microorganismos coliformes - / ml.
- Gráfica 4 - Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración. Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios / ml.
- Gráfica 5 - Curva de enfriamiento de la leche pasteurizada.
- Gráfica 6 - Influencia del tiempo de reposo a temperatura ambiente antes de la refrigeración. Log. del número de microorganismos coliformes / ml.
- Gráfica 7 - Influencia del tiempo de transporte. Log. del número de microorganismos mesófilos aerobios / ml.

Gráfica 8 - Influencia del tiempo de transporte.
Log. del número de microorganismos coliformes / ml.

Gráfica 9 - Cuentas de microorganismos totales de leches comerciales en función del tiempo. Cuenta de microorganismos mesófilos aerobios de leches comerciales en función del tiempo.

Gráfica 10 - Cuenta de microorganismos coliformes de leches comerciales en función del tiempo.

IX) BIBLIOGRAFIA

- ALAIS, Charles Ciencia de la leche. Cía. Editorial Continental, S.A. México, - 1981
- BADUI, Dergar S. Química de los Alimentos. Editorial Alhambra Mexicana, S.A. - 1981 pp 392 - 394
- BURTON H. UHT Processing systems for milk and milk product. I.D.F. Monograph on UHT milk. Bruxelles - 1972 pp 80-99
- CARBONARO, H. Stérilisation par friction, procédé A.T.A.D. Rev. Lait Fr 300, 1972 pp. 575 - 579
- CODIGO SANITARIO Leyes y Códigos de México. Editorial Porrúa, México 1984, pp. 717 - 720
- DEMETER, J. Lactobacteriología, Editorial - Acribia, España, 1969 pp. 48
- ENSMIGER, B.S. Dairy Cattle Serience, 2a. Edic. The Interstate, Danville, III - 1980 pp. 4, 13 - 16

EVERETT, L.F.

Theodore, R.F. Dairy Manufacturing Process. John Wiley & Sons Inc. New York, 1948 pp. 116-122

FAO

Production Yearbook Food and -- Agriculture Organization of the United Nations, Colección FAO - Estadística No. 22, 32 Roma, -- 1978 pp.32

FARRAL, W.A.

Ingeniería para la industria lechera. Editorial Herrero, S.A.- México 1963 pp. 284 - 296

FERNANDEZ Escartín E.

Microbiología Sanitaria. Editorial EDUG, México, 1981 pp. 110 140

GARCIA RIVAS, L.M.

Estudio de la determinación de la carga máxima de bacterias -- psicrófilas, psicrotofas en leche que pueden destruirse por -- el proceso de pasteurización -- tradicional. Tesis Universidad-Iberoamericana, México, 1985

HALL, C. H. Trout M.G.

Milk Pasteurization. The Avi -- Publishing Company, Inc. 1968 - pp. 23, 49-92

- HARPER, W. J. Advances in Chemistry of Milk
J. Dairy Sci 64, 1981 pp. 1028
1037
- HAUSLER, W. Standar Methods for the Exami
nation of Dairy Products 13 th
Ed. American Public Health
Association, Washington, D.C.
1970
- HENDERSON, L.J. The Fluid Milk Industry. The
Avi Publishing Company, Inc.
1971, pp. 340-342
- HUHTANEN, C.N. Incubation Temperatures and
raw milk bacterial counts. J.
Milk Food Technology 31, 1968
pp. 154-160
- JANSEN, J.J. BISHOP
J.R. BODINE, A.B. and
Caldwell, C.A. Shelf Life of pasteurized
fluid milk as affected by age
of raw milk. J. Dairy Science
65, 1982 pp. 2233-2236
- JUDKINGS H. F. HARRY
A.F. La leche, su producción y pro
cesos industriales. Cfa. Edi
torial Continental, S.A. Méxi
co 1979 pp. 332-344
- GUEVARA TORRES, J. M. El proceso UHT a la leche de
consumo y productos lácteos
fluidos. Leche Pura Año XVII
Núm. 4, 1980 pp. 21-32

MALLET, D.F. MARSHALL, R.T.
and EDMONSON, J.E.

Influence of 32° and 37°C in
incubation temperatures on --
counts of coliform bacteria
of milk. J. Milk Food Tech-
nol, 32, 1969 pp. 176-178

MONTES DE OCA L.R.E. y ES-
CUDERO G.

Las empresas transnacionales
en la industria alimentaria
mexicana. Comercio Exterior
México, Banco Nacional de -
Comercio Exterior, Vol. 39-
No. 9, 1981 pp. 986-1009

PEREZ, A.

Técnicas para el Muestreo y
Análisis Microbiológicos de
Alimentos. Secretaría de Sa-
lubridad y Asistencia. Méxi-
co, D.F., 1975 pp. 4-7

PEREZ GAVILAN, E.P.

Comunicación personal, 1984

POTTER, N.N.

La Ciencia de los Alimentos
Editorial Edutex, S.A. Méxi-
co, 1973 pp. 384-387

RAMOS, M.

Manual de Métodos de Análi-
sis de leche y lactocinios.
Publicado por el autor. Mé-
xico, D.F., 1976

REYNOSO BAUTISTA, J.J.

Desarrollo y Estandarización de una técnica para la fabricación de un queso semi-madurado utilizando diversos cultivos lácticos. Tesis Universidad-Iberoamericana, México, - 1981

S. A. R. H.

Documentos Técnicos para el desarrollo agroindustrial. Leche, 1982 pp. 97 y 49-58

SECOFI

Manual de Productos Básicos II. Programa de fomento a la producción, pasteurización e industrialización de la leche de vaca, 1981, pp. 173-196

TERRAGONA VILAS, J.M.

Manual de Planstas de Pasteurización, Acribia, Zaragoza, España 1971 pp.11 54

URIAS, Homero

Análisis y Perspectivas de la actividad lechera.- Comercio Exterior, México Banco Nacional de Comercio Exterior Vol. 25 No.2 1983 pp. 152-158

VEISSEYRE, R.

Lactología, Técnica, Acribia
Zaragoza, España. 1980

ZADOW, J.G.

Studies on the ultra-heat --
tratament of milk. Part. 1 -
Comparati6n of direct and in
direct heating of whole milk.
J. Dairy Technol., 24 (2), -
1969 pp. 44-49