

16.1. 49

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



"DISEÑO DE UNA PLANTA ELABORADORA DE LECHE CONDENSADA"

RECIBIDA EN LA FACULTAD DE QUIMICA
EL 10 DE JUNIO DE 1988



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

Trabajo Monográfico de Actualización

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

RAYMUNDO MALDONADO SOTARRIBA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE.

CAP. I GENERALIDADES.

- Definición de leche fresca.
- Propiedades fisicoquímicas de la leche fresca.
- Composición química de la leche fresca.
- Valor alimenticio de la leche fresca.
- Factores que afectan la composición de la leche fresca.
- Control de calidad de la leche fresca.
- Determinación de las adulteraciones de la leche fresca.

CAP. II DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

- Recepción.
- Limpieza de equipo.
- Primer precalentamiento y Clarificación.
- Tina de balance.
- Segundo precalentamiento.
- Prepasteurizador y Pasteurizador (NAS)
- Línea presurizada. Tina de expansión. Elementos de espera.
- Evaporador Scheffers doble efecto con terminador.
- Tina de espera.
- Sistema de refrigeración.
- Inoculador (preparación de lactosa).
- Estandarización y almacenamiento.
- Control de calidad del producto.
- Envasado.

CAP. III EQUIPO Y MAQUINARIA.

- Bombas.
- Prepasteurizador-Pasteurizador.
- Evaporador doble efecto con terminador.
- Sistema de refrigeración (enfriador de placas).
- Caldera.

CAP. IV CONSIDERACIONES ECONÓMICAS.

- Inversión.
- Costo de Producción anual.
- Ventas brutas.
- Estado de pérdidas y ganancias.
- Rentabilidad.

CAP. V CONCLUSIONES.

CAP. VI BIBLIOGRAFÍA.

CAP. I GENERALIDADES

CAPITULO I GENERALIDADES

DEFINICION

La leche es el producto íntegro del ordeño completo e ininterumpido de una hembra lechera sana, bien alimentada y no fatigada, generalmente, la leche de vaca es la que más se consume en la mayoría de los países del mundo.

Ha de ser recogida higiénicamente y no debe contener calostro, tal es la definición adoptada en el I Congreso Internacional para la Represión de los Fraudes en los Alimentos que se llevó a cabo en Ginebra.

El Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos de Norteamérica, define a la leche así: "Secreción láctea, prácticamente libre de calostro, obtenido por ordeño completo de una o más vacas en buen estado de salud. Dicha secreción láctea no debe tener menos de 3.25% de grasa de leche y no menos de 8.25% de sólidos no grasos de leche." Debido a que el valor nutricional de la leche depende de la combinación de la grasa y sólidos no grasos, se fija su contenido mínimo.

En Francia, el decreto que contiene el Reglamento de Administración Pública, referido a la leche y a los productos lácteos, especifica lo siguiente:

Artículo 1. La denominación de "leche", sin indicación de especie animal de procedencia, se reserva a la leche de vaca.

Toda la leche que proceda de una hembra lechera que no sea la vaca, debe designarse por la denominación "leche" seguida de la indicación de

la especie animal de la que procede: "leche de cabra", "leche de oveja", etc.

Artículo 2. No puede considerarse como leche apta para el consumo humano:

a) La leche que proceda de animales infectados de enfermedades, cuyos nombres serán dados por el ministro de Agricultura, previo asesoramiento del Comité Consultivo de Epizootias.

b) La leche coloreada, sucia o maloliente.

c) La leche que proceda de un ordeño efectuado menos de siete días después del parto y, en general, que contenga calostro.

d) La leche que proceda de animales mal nutridos o fatigados.

Artículo 3. Se prohíbe guardar sin motivos legítimos, exponer, poner a la venta o vender, para el consumo humano, leche sucia o leche obtenida por mezcla de leche sucia y leche apta para el consumo humano.

Leche obtenida por ordeño incompleto.

Leche que halla sufrido un desnatado, incluso si sólo es parcial.

Debido a que la leche de vaca es la de mayor consumo y por tanto, la de mayor importancia económica, las discusiones aquí presentadas, se refieren casi a su totalidad a ésta, aunque se mencionan algunas ideas esenciales de otras especies.

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LA LECHE FRESCA

- SABOR, OLOR Y COLOR

La leche es un líquido blanco (aunque varía de blanco azulado

a amarillo dorado, dependiendo de la cantidad de grasa y sólidos), opaco, dos veces más viscoso que el agua, de sabor ligeramente azucarado (debido al alto contenido de lactosa y al bajo contenido de cloro), y de olor poco acentuado el cual desaparece después de un corto tiempo, o después del enfriamiento y aereación.

- PRINCIPALES CARACTERES FISICOS Y FISICOQUIMICOS.

a) Gravedad específica a 15°C: Varía de 1.030 a 1.034 y depende de la relación en que se encuentran sus constituyentes.

b) Calor específico: 0.93

c) Punto de congelación: Varía de -0.50 a -0.51°C y los componentes que determinan el punto de congelamiento son la lactosa y las sales.

Debido a que los componentes solubles varían muy poco, el punto de congelación permanece casi constante; es posible detectar pequeñas adiciones de agua a la leche, pues la adición de 1% (en volumen) de agua, hace subir el punto de congelación de la leche en aproximadamente 0.0055°C. Cabe mencionar que el aumento de acidez o la adición de preservativos, hace que baje el punto de congelamiento de la leche.

d) pH: 6.5 a 6.6

e) Acidez: Expresada en grados Dornic (decigramos de ácido láctico por litro) varía de 16 a 18. Puede expresarse también en grados Soxhlet-Henkel (número de mililitros de una solución de sosa N/4 necesarios para neutralizar 100 ml de leche). La relación entre ambas unidades es la siguiente: 1 °D=1 °S.H.X2.25.

f) Índice de refracción a 20°C: 1.35

De modo esquemático se puede considerar la leche como una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contienen numerosos elementos, unos en disolución y otros en estado coloidal.

Cuantitativamente, el agua es el elemento más importante. Representa aproximadamente el 90% de la leche. Todos los demás componentes, se denominan extracto seco o sólidos totales (TC) y alcanzan habitualmente la cifra de 125-130 g por litro de leche.

Si a los sólidos totales se les elimina la grasa, se denomina extracto seco sin grasa o sólidos no grasos (SNG) y su contenido es de aproximadamente 90g por litro de leche.

Entre los componentes que se encuentran presentes en mayor cantidad en la leche y por tanto pueden determinarse con mayor facilidad son: grasa, lactosa, sustancias nitrogenadas y las sales minerales. Entre las sustancias que se encuentran en cantidades vestigiales y cuya determinación es más difícil, tenemos: las enzimas, los pigmentos, y las vitaminas

COMPOSICION QUIMICA DE LA LECHE FRESCA

A grandes rasgos podemos resumir la composición química de un litro de leche de vaca, en la tabla No. 1.

La grasa de la leche es uno de los componentes más importantes de esta, pues interviene directamente en la economía, nutrición, sabor y propiedades físicas de la leche.

I. CONSTITUYENTES PLASTICOS O ENERGETICOS				
Agua			900-910 g	
Sólidos Totales	}	Grasa	34-45 g	
125-130 g		Sólidos no grasos	}	
	90-95 g	Lactosa		47-52 g
		Sustancias nitrogenadas		33-36 g
		Sales	9-9.5 g	
II. BIOCATALIZADORES (Difícilmente determinables)				
Pigmentos. Enzimas. Vitaminas.				
III. GASES DISUELTOS				
Gas carbónico. Oxígeno. Nitrógeno.				
(4-5% del volumen de leche a la salida de la mama)				

TABLA No. 1

La materia grasa agrupa un conjunto de numerosas sustancias de estructura química diferente, pero todas ellas solubles en estado anhidro en disolventes orgánicos no polares, como cloroformo, benceno o éter. La extracción de la materia grasa se basa en esta solubilidad.

La grasa está compuesta fundamentalmente de:

- a) Lípidos (99% de materia grasa) { Simples (glicéridos y estéridos) 90-99.5%
Complejos (lecitinas y cefalinas) 0.5-1%
- b) Fracción insaponificable.

- LÍPIDOS SIMPLES.- Llamados también lípidos ternarios por que sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Son ésteres de ácidos grasos y de un alcohol. Se denominan glicéridos cuando el alcohol es el glicerol (o glicerina), y estéridos si se trata de un esterol.

La siguiente tabla muestra el contenido de ácidos grasos en los glicéridos de la leche de vaca.

		C A R A C T E R I S T I C A S						
ACIDO	FORMULA	CONTENIDO MEDIO EN %	VOLATIL	FIJO	SOLIDO A TEMP. AMBIENTE	LIQUIDO A TEMP. AMBIENTE	SOLUBLE EN AGUA	INSOLUBLE EN AGUA
1. ACIDOS SATURADOS								
Ac. butírico	C ₄ H ₇ CO ₂ H	3-4	#	#	#	#	#	#
Ac. caproico	C ₆ H ₁₁ CO ₂ H	1.5-3	#	#	#	#	#	#
Ac. caprílico	C ₈ H ₁₅ CO ₂ H	0.5-2	#	#	#	#	#	#
Ac. láurico	C ₁₁ H ₁₉ CO ₂ H	1-3.5	#	#	#	#	#	#
Ac. mirístico	C ₁₃ H ₂₃ CO ₂ H	2-5	#	#	#	#	#	#
Ac. palmítico	C ₁₅ H ₂₇ CO ₂ H	8-11	#	#	#	#	#	#
Ac. esteárico	C ₁₇ H ₃₁ CO ₂ H	25-29	#	#	#	#	#	#
Ac. araquídico	C ₁₉ H ₃₅ CO ₂ H	8-13	#	#	#	#	#	#
	C ₁₉ H ₃₉ CO ₂ H	0.4-1	#	#	#	#	#	#
2. ACIDOS NO SATURADOS								
- Con un doble enlace								
Ac. decenolico	C ₁₀ H ₁₇ CO ₂ H	3-4	#	#	#	#	#	#
Ac. dodecenolico	C ₁₂ H ₁₉ CO ₂ H							
Ac. tetradecenolico	C ₁₄ H ₂₅ CO ₂ H							
Ac. oleico	C ₁₇ H ₃₃ CO ₂ H	30-40	#	#	#	#	#	#
- Con 2 dobles enlac.								
Ac. linoleico	C ₁₇ H ₃₁ CO ₂ H	4-5	#	#	#	#	#	#
- Más insaturados								
Ac. de 20 y 22 C		0.5-1.5	#	#	#	#	#	#

TABLA No. 2

- **LIPIDOS COMPLEJOS.** Son complejos que contienen, además de carbono, hidrógeno y oxígeno, una cierta cantidad de fósforo, nitrógeno o azufre. En la leche se encuentran sólo lípidos complejos fosforados y nitrógenados, llamados fosfatidos o fosfoaminolípidos. Comprenden fundamentalmente las lecitinas (35%), las cefalinas (40%) y los fosfoesfingolípidos (25%).

- **FRACCION INSAPONIFICABLE.** Agrupa un grupo de constituyentes de la materia grasa que no reaccionan con la sosa o la potasa para dar jabones y que tras la saponificación son insolubles en agua en medio alcalino, pero solubles en disolventes orgánicos no miscibles con el agua.

A pesar de no representar en conjunto más que el 1% de la materia grasa, sus componentes son numerosos y variados, siendo los principales: carotenoides, tocoferoles y esteroides, así como vitaminas liposolubles, las cuales se estudian más adelante por separado.

- **CARATENOIDES.** Agrupan un conjunto de sustancias coloreadas rojas o amarillas, que refleja una condensación más o menos importante de un hidrocarburo: el isopreno. Estas sustancias son muy insaturadas, lo que explica su tendencia a oxidarse.

El β -caroteno es el carotenoide más abundante. Su molécula de estructura simétrica, origina dos moléculas de vitamina A.

- **TOCOFEROLES.** Son sustancias complejas, constituidas fundamentalmente por un núcleo cromano que lleva una cadena lateral fitilo. El α -tocoferol se identifica con vitamina E.

Debido a la sensibilidad de los tocoferoles al oxígeno y agentes oxidantes, funcionan como antioxidantes naturales.

- ESTEROLES. Son alcoholes policíclicos complejos. Se encuentran en la materia grasa de la leche bajo dos formas muy desiguales: esteroides esterificados por ácidos grasos (estéridos) y esteroides libres, siendo éstos últimos los de más importancia pues representan de 0.3 a 0.4% del peso de la materia grasa.

Los esteroides están representados fundamentalmente por colesterol ($C_{27}H_{45}OH$) que interviene de hecho no sólo en la constitución de la membrana lipoprotéica de los glóbulos grasos, sino también formando complejos con las proteínas en la fase no grasa de la leche. El colesterol contribuye a mantener la estabilidad de la emulsión de la materia grasa en la leche.

PROPIEDADES DE LA GRASA DE LECHE.

Las más importantes se pueden resumir de la forma siguiente:

- Densidad a 15°C	0.91 a 0.95
- Punto de Fusión	31 a 36°C
- Punto de solidificación	25 a 30°C
- Índice de yodo (De Hübl)	25 a 45
- Índice de saponificación (de Koettstörfer).....	218 a 235
- Índice de ác. volátiles solubles (Polenske)	1.5 a 3
- Índice de ác. volátiles solubles (Reichert)	26 a 30
- Índice de refracción	1.453 a 1.462

Donde:

- El índice de yodo es el número de gramos de yodo que pueden ser fijados por cada 100 g de grasa.

- El índice de saponificación es el número de miligramos de potasa necesarios para la saponificación de 1 g de grasa.

- Los índices de Reichert y de Potenske expresan, en ml de solución 0.1 N, la cantidad de sosa necesaria para neutralizar los ácidos grasos solubles e insolubles obtenidos a partir de 5 g de grasa en condiciones definidas.

- Otras propiedades importantes de la grasa de leche son: absorbe fácilmente olores; es insoluble en agua, pero absorbe cerca de 0.2% del agua. Es soluble en éter, disulfuro de carbono (C_2S), nitrobenzeno ($C_6H_5NO_2$) y acetona ($CH_3-CO-CH_3$). Es poco soluble en alcohol etílico y amílico, es bastante soluble en alcohol amílico caliente y en glicerol.

- SUSTANCIAS NITROGENADAS.

Las sustancias nitrogenadas contenidas en un litro de leche se distribuyen de la siguiente manera:

Prótidos 33.5 g aprox.	Protéidos	Caseína bruta	27.0 g
		Proteínas del lactosuero	6.2 g
		lactoglobulina 3.0 lactoalbumina 1.2 albúmina sérica 0.4 inmunoglobulinas 0.7 proteosas-peptonas 0.6 proteínas menores 0.3	
	Aminoácidos, oligopéptidos ...		
Sustancias nitrogenadas no protéicas ..		Nitrógeno no proteico	1.6 g
(urea, ácido úrico, creatina, etc.)			

Tabla No. 3

Cuando se examina leche desnatada al microscopio electrónico, se puede observar la caseína bajo la forma de gránulos esféricos, cuyo diámetro varía de 40 a 200 m μ . Por ultracentrifugación, se reúnen estos gránulos formando un sedimento blanquecino gelatinoso netamente separado de un líquido verdoso y transparente que constituye el suero lácteo.

Todas las caseínas son moléculas de gran tamaño que contienen fósforo y un gran número de aminoácidos, entre los cuales, los más abundantes son el ácido glutámico y en menor grado la leucina y la prolina.

- PROTEÍNAS DEL SUERO LACTEO

Reciben este nombre el conjunto de sustancias nitrogenadas que no precipitan cuando el pH de la leche se lleva a 4.6, pH que corresponde al punto isoeléctrico de la caseína bruta. Por esta razón, se les denomina también proteínas solubles. Se encuentran en el suero que se separa del coágulo obtenido por la adición del cuajo. Representan aproximadamente el 20% del total de las proteínas de la leche. Los diversos métodos de fraccionamiento permiten distinguir cuatro grandes fracciones.

- Albúminas.
- Globulinas.
- Fracción proteosa-peptosa.
- Proteínas menores.

La siguiente tabla nos muestra la distribución media de estas fracciones:

Proteínas (95% de las sustancias nitrogenadas totales de la leche)	Distribución		Origen
	En % de Proteínas totales	En gramos por litro de leche	
Caseínas	80	26	mamario
Proteínas del suero lácteo:			
Inmunoglobulinas	2	0.7	sanguíneo
(Euglobulina y pseudoglobulina)			
Albúminas	15	4.5	--
β -lactoglobulina	--	--	mamario
α -lactoalbúmina	--	--	mamario
seroalbúmina	--	--	sanguíneo
Proteosas-peptonas	2	0.5	--
Proteínas menores	1	0.3	--
(lactotransferrina, lactolina, proteína de la membrana del glóbulo graso)			

TABLA No. 4

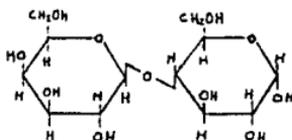
- LACTOSA

La lactosa es el componente mayoritario de la materia seca de la leche. Su contenido se eleva, por término medio, a 50 g por litro de leche. Otros azúcares están también presentes, pero en cantidades vestigiales. Se trata principalmente de poliosidos que contienen fucosa y glúcidos nitrogenados, como la N-acetil glucosamina.

La lactosa es un glúcido reductor que pertenece al grupo de los diholosidos. Está formada por la unión de una molécula de α δ β -glucosa y otra de β -galactosa.

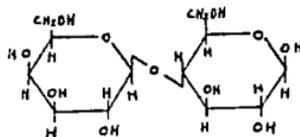
Su fórmula estructural implica la existencia de 2 isómeros: α y β . Estas dos formas se distinguen por sus propiedades físicas y en particular por su poder rotatorio y sus caracteres de solubilidad y cristalización.

A continuación se muestran las estructuras de los dos isómeros.



Lactosa α

(β -galactósido - 4 - α -glucosa)



Lactosa β

(β -galactósido - 4 - β -glucosa)

- SALES

Es preciso distinguir entre las sustancias salinas (9 a 9.5 g/l) y las materias minerales (7 a 7.5 g/l), que frecuentemente se identifican con las cenizas. En efecto, en el curso de la incineración de la leche se destruyen o modifican cierto número de sales. Así, los cloruros se volatilizan a temperaturas superiores a 600°C, los citratos desaparecen y el gas carbónico forma carbonatos. Pero por otra parte, el azufre y el fósforo orgánicos se transforman en sulfatos y fosfatos. En estas condiciones, si las cenizas dan una idea del contenido en materias minerales, no pueden, en ningún caso, identificarse con las materias salinas.

Es difícil determinar con precisión el contenido de sales de una leche. El análisis químico determina las cantidades de aniones y cationes presentes, pero no precisa las uniones que existen entre ellos en la fracción no disociada de las sales. Por otra parte, el contenido en cenizas de la leche es relativamente constante en contraposición con

la gran variabilidad de concentración de sales con la raza, el individuo, época de lactancia, estado sanitario de la mama, estación y el estado de la leche.

A continuación se muestra una tabla con los componentes salinos mayoritarios de la leche:

Componentes	Contenidos medios (g/l)	Variaciones habituales (g/l)
Potasio	1.5	1.35-1.7
Calcio	1.25	1.00-1.4
Sodio	0.5	0.35-0.6
Magnesio	0.13	0.10-0.15
Cloro	1.0	0.80-1.4
Fósforo total	0.95	0.75-1.1
Acido Cítrico	1.75	1.20-2.0

Tabla No. 5

El ácido cítrico presente como citrato, es específico en el organismo animal de la secreción láctea y del tejido óseo. Es el ácido tricarbóxico con un radical alcohol terciario. Su papel es importante en el desarrollo del aroma de la mantequilla.

- VITAMINAS.

Las vitaminas son sustancias orgánicas que en cantidades vestigiales se encuentran en la leche y permiten el crecimiento, el mantenimiento y funcionamiento del organismo. Este es, generalmente incapaz de sintetizarlas. La carencia de vitaminas en la alimentación ocasiona enfermedades características: la avitaminosis.

Tradicionalmente, la leche figura entre los alimentos que contienen la variedad más completa de vitaminas, sin embargo, éstas se encuentran en pequeñas cantidades.

Las vitaminas se clasifican en dos grupos según su solubilidad en el agua o en las grasas. Así, las vitaminas A, D, E, K son liposolubles encontrándose en su totalidad en la crema y mantequilla; mientras que las vitaminas B y C son hidrosolubles y por tanto, permanecen en la leche descremada y la mazada.

La siguiente tabla muestra las principales vitaminas en la leche. Las propiedades alimenticias de cada una de las vitaminas se discutirá más adelante.

Contenido medio por litro	Valor Nutritivo de la Leche	Porcentaje de necesidades diarias cubiertas por un litro de leche	
		Adulto	Niño (1-3 años)
Vitaminas Liposolubles			
Vitamina A 500-1000 U.I. (invierno)	aceptable	10-20	45-70
Vitamina A 2000-3000 U.I. (verano)	bueno	40-50	130-200
Vitamina D 15-20 U.I.	mediocre	-	4-5
Vitamina E 1-2 mg	mediocre	-	-
Vitaminas Hidrosolubles			
Vitaminas B ₁ 0.3-1mg	excelente	20-30	100-160
Vitamina B ₂ 0.3-3 mg	muy bueno	80-100	400
Vitamina PP 1-2 mg	mediocre	5	25-30
Acido pantoténico 2-5 mg	bueno	-	-
Vitamina B ₆ 0.3-1 mg	bueno	-	-
Vitamina B ₁₂ 1-8 mg	excelente	-	-
Vitamina C 10-20 mg	aceptable	25	65

Tabla No. 6

- ENZIMAS

La leche, verdadero tejido vivo, contiene numerosas enzimas, pero su estudio es difícil pues no es posible siempre separar fácilmente las enzimas naturales de la leche de las que son producidas por los microorganismos presentes en ella. Además, unos y otros tienen interés industrial.

En la siguiente tabla se muestran las principales enzimas, así como algunas de sus características de importancia.

Enzima	Reacción catalizada	Tratamiento Térmico que la inactiva	Interés Tecnológico
<u>Enzimas Hidrolíticas</u>			
Lipasa	$R-COOR' + H_2 \rightarrow$ $R-COOH + R'-OH$	63°C, 8 min	Factor de rancidez
Fosfatasa alcalina	$R-O-PO_3H_2 + H_2O \rightarrow$ $R-OH + PO_4H_3$	62°C, 20 min	Control del grado de calentamiento
Proteasa	$R-CO-NH-R' + H_2O \rightarrow$ $R-COOH + R'-NH_2$	70°C, 15 min 80°C, 1 min	Factor de cuajado
<u>Enzimas de óxido reducción</u>			
Xantino-oxidasa	$R-CHO + A + H_2O \rightarrow$ $R-COOH + AH_2$	75°C, 3 min 80°C, 10 seg	Control del grado de calentamiento
Lactoperoxidasa	$H_2O_2 + AH_2 \rightarrow$ $2H_2O + A$	75°C, 19 min 82°C, 20 seg	Control del grado de calentamiento

TABLA No. 7

VALOR ALIMENTICIO DE LA LECHE FRESCA.

A la leche se le describe frecuentemente como "el alimento perfecto", lo que no deja de ser un calificativo excesivo.

La leche de un animal lechero es un excelente alimento para el adulto de su misma especie o de otra, pero no puede cubrir todas las necesidades, con las cantidades que normalmente se ingieren.

La leche de vaca es un alimento de gran valor nutritivo para el hombre, al que suministra más sustancias alimenticias esenciales que cualquier otro alimento natural; sin embargo, existen factores limitantes. Se sabe, por ejemplo, que la prolongación de un régimen exclusivamente lácteo, tras la primera edad, tiene efectos anémicos (carencia de hierro). La cobertura de las necesidades energéticas en el adolescente, o en el adulto exigiría la ingestión de cantidades excesivas de leche, intolerables para la mayor parte de los individuos. Sin embargo, es necesario indicar que un litro de leche de vaca aporta 650 calorías y cubre más de la mitad de las necesidades energéticas del niño de 5 años, y más de un cuarto en el caso del adulto.

La leche de vaca es uno de los alimentos más económicos para el hombre. Por ejemplo, la leche suministra proteínas de alto valor biológico que son cinco veces más baratas que la de la carne, y tres veces más baratas que las de los huevos y pescados.

La importancia alimenticia de la leche reside principalmente en las proteínas, el calcio y las vitaminas A, B₁ y B₂.

Considerando nuestros hábitos alimenticios, la leche puede considerarse como un "alimento de seguridad" o como un "alimento protector".

A continuación se muestra una tabla con los principales componentes de la leche y su respectivo aporte nutricional. (tabla No. 8)

- VITAMINAS.

- Vitamina A (una I.U. de vitamina A equivale a 0.3 μ g de retinol o axeroftol). Llamada aún retinol, la vitamina A es un factor antixeroftálmico (evita la disminución de la transparencia de la córnea) que permite igualmente el crecimiento del individuo joven. La vitamina A es muy resistente al calor, pero muy sensible a la oxidación.

- Vitamina D (Una I.U. de vitamina D equivale a 0.025 μ g de calciferol). Es el grupo de factores antiraquíticos de los que el más importante es el calciferol o vitamina D₂. La carencia de vitamina D determina una mala asimilación del calcio y del fósforo por el organismo, elementos esenciales del tejido óseo.

- Vitamina K. Vitamina antihemorrágica, su ausencia provoca trastornos en la coagulación sanguínea debido a la insuficiencia de protrombina. Su concentración es de 0.02 a 0.2 mg por litro.

- Vitamina E. (1-2 mg por litro). Su ausencia en la alimentación provoca esterilidad. La vitamina E juega también un papel antioxidante.

NUTRIENTE	Contenido promedio en 1 litro de leche	Contenido energético en % Kcal	Requerimiento diario		Consumo diario de leche necesario para satisfacer los requerimientos	
			Adultos	Niños	Adultos	Niños
					Valor Nutritivo	Valor Nutritivo
Energía	650 Kcal.		3000 Kcal.	2500 Kcal.	4.6	3.8
Proteína	33 g.	5.0 g	70 g.	70 g.	2.1	2.1
Calcio	1.12 g.	0.17 g.	0.8 g.	1.2 g.	0.71	1.1
Fosforo	0.94 g.	0.14 g.	0.9 g.	1.2 g.	1.0	1.3
Hierro	2.26 mg.	0.35 mg.	12 mg.	12 mg.	5.3	5.3
Cobre	0.26 mg.	0.04 mg.	1.0 mg.	1.0 mg.	4.0	4.0
Yodo	0.04-0.07 mg.		0.05 mg.	0.15 mg.		
Vitamina A	500-1000 I.U.	75-460 I.U.	5000 I.U.	5000 I.U.	1.7-10.0	1.7-10
	2000-3000 I.U.					
Vitamina D	5-15 I.U.	0.75-2.25 I.U.		400-500 I.U.		30-90
Tiamina	0.35-0.40 mg.	0.06 mg.	2.0 mg.	1.2 mg.	5.0	3.0
Riboflavina	1.5 mg.	0.23 mg.	2.5 mg.	1.8 mg.	1.7	1.2
Niacina	0.2-1.2 mg.	0.03-1.8 mg.	20 mg.	12 mg.	15-100	10-60
Acido Pentotenico	2.9 mg.					
Acido Ascórbico	20 mg. (leche fresca) 5 mg. (leche almacenada)	0.75 mg.	75 mg.	75 mg.	3.7-15	3.7-15

TABLA No. 8

- Vitamina B₁ (300 a 1000 µg por litro). Factor antineurético, su ausencia es responsable del beriberi humano, grave enfermedad neviosa.

- Vitamina B₂ (800 a 3000 µg por litro). Se indentifica esta vitamina con la lactoflavina o riboflavina, pigmento amarillo señalado por primera vez en la leche. Constituye un grupo activo de un siste-
ma diastásico, el fermento amarillo respiratorio, que interviene en el proceso de oxidación celular de donde proviene la energía necesaria para el mantenimiento de la vida.

- Vitamina PP (1-2 mg por litro). Vitamina antipelagrosa (previene la pelagra que consiste en inflamación de la piel y transtorno digestivo), está constituida por ácido nicotínico o niacina.

- Acido pantoténico (2-5 mg por litro). Toma parte en la sinte-
sis de ácidos grasos y el metabolismo de los glúcidos.

- Vitamina B₆ (0.3-1.5 mg por litro). Se encuentra sobre todo en forma de piridoxal. Esta vitamina toma parte del metabolismo de las proteínas y de los lípidos. En el hombre, la carencia de vitamina B₆ provoca alteraciones del sistema nervioso y anemias.

- Vitamina B₁₂ (1-8 µg por litro). Interviene en la síntesis de proteínas. Su carencia provoca la anemia perniciosa.

- Acido fólico (0.25 a 6 µg por litro). Interviene en la formación de los ácidos nucleicos y de las nucleoproteínas y son indispensables en la hematopoyesis (formación de los glóbulos rojos de la sangre). La leche es un alimento escaso en ácido fólico.

- Otras vitaminas del grupo B. La leche contiene ácido paraamino-benzoico, factor de crecimiento para numerosos microorganismos.

- Vitamina C (10 a 20 mg por litro). Es el ácido ascórbico. Su ausencia provoca el escorbuto, interviene en las reacciones biológicas de óxido-reducción. La leche es pobre en vitamina C, los tratamientos térmicos y la oxidación contribuyen a empobrecerla más aún.

A continuación se muestra una tabla comparativa de los componentes nutritivos de la leche fresca entera y la leche condensada azucarada.

	AGUA %	ENERGIA Cal	PROTEINAS g	GRASA g	CARBOHIDRATOS g	MINERALES g	CALCIO mg	FOSFORO mg	HIERRO mg	VIT. A U.I.	VIT. B ₁ mg	VIT. B ₂ mg	NIACINA mg	VIT. C mg
L. FRESCA	87.0	68	3.5	3.9	4.9	0.7	118	93	0.1	(160)	0.04	0.17	0.1	1
L. CONDEN.	27.0	320	8.1	8.4	54.8	1.7	273	228	0.2	(430)	0.05	0.39	0.2	1

Los valores anteriores están referidos a muestras de 100 gramos.

Los parentesis indican valores supuestos.

Tabla No. 9

FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICION DE LA LECHE FRESCA.

- ALIMENTACION

La producción lechera está condicionada a una alimentación racional de los animales. Consideremos que una vaca de 600 Kg que produce 5 000 kg anuales de leche, sustrae de su cuerpo una cantidad de extracto seco igual a dos veces y media el peso de la materia seca del mismo. En un animal insuficientemente alimentado, la producción de leche disminuye rápidamente

y su organismo se debilita, mientras que un animal sobrealimentado engordará y sufrirá alteraciones digestivas, con efecto negativo sobre la secreción láctea.

Se han efectuado numerosos estudios con el fin de determinar la influencia de los diversos componentes de la alimentación, sobre la composición de la leche, de los cuales se ha podido concluir que NO es posible modificar notablemente el contenido de la leche en sus constituyentes, actuando sobre la alimentación. Sin embargo, se ha demostrado que el contenido en glúcidos en la alimentación influye en la riqueza grasa de la leche.

La alimentación constituida a base de hierba tierna y alimentos concentrados, disminuyen sensiblemente la cantidad de grasa en la leche, esto se atribuye al contenido insuficiente de celulosa y sobre todo a la falta de una estructura gruesa. Ello determinaría una modificación de la población bacteriana del rumen y como consecuencia, el desarrollo de fermentaciones anormales que provocarían un desequilibrio entre los ácidos grasos volátiles puestos a disposición de la glándula mamaria con miras a la síntesis de la materia grasa de la leche.

Así, los forrajes verdes, las tortas de lino y de colza, aumentan el contenido de grasa en ácidos no saturados y disminuyen la proporción de glicéridos trisaturados, lo que determina que el punto de fusión de la mantquilla sea bajo. Las remolachas, las tortas de copra, de palmera real y de algodón, tienen una acción opuesta y permi-

ten la producción de mantequilla de punto de fusión más elevado y por tanto, más consistente. Ciertos alimentos pueden transmitir a la leche, defectos organolépticos. Este es el caso de la mostaza, las berzas, los nabos, el ajo, etc. Los residuos industriales, pulpas o residuos fermentados pueden incluso ocasionar la producción de una leche que provoque alteraciones digestivas en los niños.

- EPOCA DE LACTACION.

Durante los 3 ó 4 días que preceden al parto y los 5 ó 7 días que le siguen, la mama segrega un líquido viscoso, amarillento y amargo, el calostro, muy rico en sales (9 a 10 g/l), riqueza normal en grasa, aunque ésta contiene menor cantidad de ácidos grasos volátiles, más rico en peroxidasa y catalasa, acidez elevada (25 a 30 °D) y presencia de grandes mononucleares lipófilos. La pobreza en caseína del calostro explica su dificultad de coagulación por el cuajo. Gradualmente el calostro pierde sus caracteres específicos para ser reemplazado por la leche una semana después del parto aproximadamente.

Después del período calostrado, la secreción de la leche aumenta durante alrededor de un mes; después se mantiene constante durante los dos meses siguientes, para disminuir progresivamente más tarde hasta el final del período de lactación, que dura unos 10 meses. De modo paralelo se observa un aumento del extracto seco de la leche, motivado sobre todo, por un aumento de la grasa y de las materias nitrogenadas.

El momento del parto tiene también importancia. El otoño parece favorable a una mayor producción.

La tabla siguiente muestra una comparación entre la composición de la leche fresca y el calostro.

	DENSIDAD	MATERIA SECA	GRASAS	SUST. NITROG. TOTALES	CASEINAS	ALBUMINAS	GLOBULINAS	LACTOSA	MINERALES
CALOSTRO (Primer ordeño)	1.060	252	50	160	30	40.0	80.0	30	12.0
LECHE	1.032	130	39	35	27	4.5	0.7	49	7.5

Tabla No. 10

- RAZA.

El rendimiento anual de unas razas con respecto a otras puede ser doble o triple; también las variaciones en extracto seco de la leche producida son considerables. El elemento cuyo porcentaje es menos constante es la grasa, siendo la lactosa el componente más estable.

Las razas del oeste (Partenesa, Jersey, Bretona, Normanda) son consideradas como razas mantequeras, ya que la grasa alcanza siempre una cifra superior a 40 g/l. En el caso de la raza Jersey, la tasa butírica sobrepasa generalmente los 50 g/l.

La Frisona Francesa Pie-Noire (ex-holandesa Pie-noire), produce un contenido de materia grasa de 33 a 38 g/l.

- INDIVIDUO..

Todas las vacas de una misma raza no proporcionan el mismo rendimiento lechero y la leche que producen no tiene la misma composición, aún siendo idénticas las condiciones de la explotación.

Debido a que la aptitud para la producción de gran cantidad de leche o leche rica en materia grasa, por ejemplo, son caracteres individuales que se transmiten por herencia, es deber del control lechero crear familias de animales seleccionadas por sus cualidades lecheras.

Los principales caracteres externos de un buen animal lechero son: finura y delicadeza de formas, amplitud de pelvis, piel muy flexible, ubres voluminosas y bien formadas, venas mamarias bien marcadas.

- NUMERO DE PARTOS.

La cantidad de leche producida aumenta generalmente del primer al quinto o sexto parto, disminuyendo sensiblemente a partir del séptimo parto. Las modificaciones en la composición de la leche no son significativas.

- NUMERO DE ORDENOS.

Al aumentar el número de ordeños, aumenta la leche producida y su contenido en grasa, como consecuencia de la excitación de la mama. A veces, el número de ordeños está limitado por los gastos que ello lleva consigo y es corriente la práctica de dos o tres ordeños diarios.

Cuando se ordeña dos veces, la leche de la mañana es, por lo gene-

ral, más abundante, aunque más pobre en grasa que la de la tarde. En el caso de los tres ordeños, el de mediodía es el que da una leche más rica en grasa. En realidad, es necesario, sobre todo, tener en cuenta el período de reposo que precede al ordeño. La leche es tanto más rica en grasa, cuanto este período es más corto.

En el curso del ordeño la riqueza en grasa aumenta hasta el final. Por ello, es preciso vaciar completamente la mama, ya que de otro modo se produce un verdadero desnatado de la leche.

Cada uno de los cuatro cuartos de la mama da una leche que puede ser diferente de la del vecino. Cuando no se verifica el ordeño o éste ha sido incompleto, se produce el fenómeno de la retención láctea, caracterizado por una disminución de la producción cuando se continúan los ordeños normales y, sobre todo, por modificaciones apreciables de la composición de la leche: aumento de los cloruros (sabor salado) y disminución de la lactosa, de la grasa y de las cenizas. El extracto seco no graso puede descender hasta por debajo de 90 g/l. La acidez, siempre baja, no pasa de los 10°D.

De aquí la gran importancia que tiene el ordeño a fondo y la vigilancia de los terneros cuando están mamando con el fin de asegurar la eliminación regular de la totalidad de la leche segregada.

- TRABAJO.

Está contraindicado someter a las vacas lecheras a un trabajo duro. El rendimiento lechero disminuye rápidamente, ya que los

elementos de la alimentación se gastan en la producción del trabajo muscular o se pierden por el sudor.

- LECHE PATOLÓGICAS.

Son las leches que proceden de ubres enfermas.

Se agrupan con el nombre de *mamitis* las afecciones de la mama. Su origen es siempre una invasión microbiana del tejido mamario. El germen más frecuente responsable de esta invasión es *Streptococcus agalactiae* y otros como: colibacilos, estafilococos, el bacilo tuberculoso, el piobacilo y los micrococos.

Desde que se emplean antibióticos se presentan con mayor frecuencia las *mamitis* producidas por estafilococos por su mayor antibiostencia.

Según la evolución de la *mamitis* se distinguen dos formas:

a) Agudas. Se manifiestan por la secreción de un líquido amarillento, a veces sanguinolento, de olor desagradable. Su composición está muy alterada: hay disminución de todos los elementos específicos (lactosa, caseína, grasa).

b) Crónicas. Sus repercusiones sobre la calidad de la leche son menores. Además de la disminución en el contenido de los elementos específicos, se observa un aumento en la tasa de cloruros, un descenso de la acidez y una multiplicación de los polinucleares.

El empleo generalizado de antibióticos (penicilina, tetraciclina,

estreptomycin) ha permitido una lucha eficaz contra la mamitis, sin embargo, el empleo indiscriminado de antibióticos, presenta serios inconvenientes, tales como la degradación del rumen.

CONTROL DE CALIDAD DE LA LECHE FRESCA.

- PREPARACION DE LA MUESTRA.

La preparación de la muestra tiende a ponerla a la temperatura adecuada y hacerla homogénea.

El material de recogida está graduado para una temperatura de 20°C, por lo que conviene que el local, los reactivos y la propia leche, estén a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- DETERMINACION DE LA ACIDEZ.

Introducir en un vaso de precipitados de 100 ml, 10 ml de leche y 1 ml de fenolftaleína al 2%. Valorar con solución de sosa 0.025 N, hasta que empiece a virar a rosa. Una vez logrado el tinte, el color rosa desaparece progresivamente. Se considera una lectura correcta cuando la coloración rosa persiste durante unos diez segundos.

Los resultados se expresan como:

$^{\circ}\text{SH}$ ($^{\circ}\text{Soxhlet-Henkel}$) = ml de NaOH 0.25 N para neutralizar 100 ml de leche. Como usamos 10 ml. entonces es 0.025N.

Es importante determinar la acidez, puesto que a mayor acidez, mayor desarrollo bacteriano y por tanto, se evidencia un manejo antihigiénico y descomposición de la leche.

- PRUEBA DEL AZUL DE METILENO (REDUCTASA MICROBIANA).

- La mayoría de los microbios de la leche (fermentos lácticos y gérmenes saprofiticos) modifican en el curso de su desarrollo el potencial de óxido-reducción de la misma. Esta modificación se puede demostrar añadiendo a la leche una sustancia coloreada (azul de metileno), que, por reducción de derivados de un color diferente.

La rapidez del cambio de coloración del azul de metileno está en función del número de microbios presentes. La medida del tiempo que tarda en suceder el cambio de coloración, permite hacerse una idea del grado de contaminación de la leche.

Introducir asépticamente en un tubo de ensayo esterilizado: 10 ml de leche, 1 ml de azul de metileno recién preparado (no más de una semana). Mézclese, invirtiendo 2-3 veces cada tubo. Llévese los tubos a un baño maría a 38°C. Obsérvese el tiempo de decoloración según:

A los 15 min. ----- leche extraordinariamente contaminada.

Al cabo de 1 hora ----- leche intensamente contaminada.

Entre 1 hora y 3 hr. ----- leche ligeramente contaminada.

Más de 3 horas ----- leche con calidad satisfactoria.

Se deben tomar las reservas siguientes:

a) Algunos microorganismos, como el estreptococo de la mamitis contagiosa, no decoloran el azul de metileno.

b) Si se ha añadido formol a la leche con objeto de facilitar su conservación, se observa una decoloración más rápida del azul de metileno,

debido a la enzima de Schardinger.

- PESO ESPECIFICO (Determinación de la densidad).

La densidad de la leche se expresa en $D \frac{20}{20}$ mediante la relación de las masas, de un mismo volumen de leche y de agua a 20°C.

El método de referencia para determinar la densidad de la leche es el del picnómetro de unos 100 ml de capacidad. En la práctica se emplea un lactodensímetro, con termómetro incorporado (un termolactodensímetro).

Se homogeneiza la muestra a 37-40°C (para disolver la grasa), enfriar a 20°C. Vertir la leche en una probeta, procurando que halla derramamiento para librar la superficie de la leche de restos de espuma. Introducir con cuidado el lactodensímetro en la leche, imprimiéndole un ligero movimiento de rotación. Esperar 30 seg. y tomar la lectura.

- DETERMINACION DE LA MATERIA GRASA.

Anteriormente se empleaba el método ácido-butirométrico (llamado Método de Gerber), el cual consistía en la disolución de los elementos de la leche, excepto la materia grasa, con ácido sulfúrico. Por acción de la fuerza centrífuga, y gracias a la adición de una pequeña cantidad de alcohol amílico, la materia grasa se separa en una capa clara y transparente.

Actualmente se determina la cantidad de grasa en la leche, mediante el empleo de un aparato llamado Milko-Tester, el cual automáticamente

realiza una mezcla de EDTA con leche (en cantidades medidas por el aparato) y después de homogeneizar la muestra, la manda a una cubeta en la que intercepta un rayo de luz recibido en una fotocelda, emitiendo una señal electrónica que es leída en la pantalla. Se lee directamente en % de grasa.

Una vez determinado el % de grasa mediante el aparato Milko-Tester, se pasa la muestra a la determinación de grasa por el método MOLLONIER, el cual se denomina "Método exacto", y consiste en:

Preparar las cápsulas, introduciendo en horno a 150 Torr 100°C, 5 min. 1a. extracción: pesar 10 gr de muestra y añadir 1.5 ml de hidróxido de amonio. Mezclar sin sacudir 30 seg. Añadir 10 ml de alcohol, sacudir y añadir dos gotas de rojo congo (0.2%). Sacudir 30 seg. Añadir y sacudir sucesivamente, 25 ml de éter etílico, 25 ml de éter de petróleo. Después centrifugar 30 seg. 2a. extracción: Después de decantar la fase orgánica (grasa + disolventes) sobre la cápsula y someterla a evaporación, a la fase acuosa (coloreada), se le añaden 5 ml de alcohol, 25 ml de éter etílico y 25 ml de éter de petróleo, sacudiendo entre cada adición 20 seg. Posteriormente centrifugar. Decantar y evaporar. El % de grasa se obtiene por diferencia de pesos. Es decir:

$$\frac{P_{\text{inic.}} - P_{\text{final}}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 = \% \text{ de grasa}$$

- DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE CONGELACION (CRIOSCOPIA).

Actualmente se determina por el método Advanced (el aparato empleado es el Mod. 4D 11), el cual enfría la muestra hasta su punto de congelación

y después descongela hasta su punto de fusión por agitación. Posteriormente determina el punto de fusión / congelación en milésimas de °C.

El punto de congelación de la leche fresca normal es sensiblemente constante y puede admitirse que oscila alrededor de -0.55°C . Aunque se acerca a 0°C cuando aumenta el contenido de agua añadida.

La lectura que da el aparato se convierte en % de agua añadida, usando una tabla. Si la lectura es menor de 539, aumenta el % de agua añadida. Si la lectura es de 539, significa que la muestra contiene 0.1% de agua añadida.

- DETERMINACION DE SÓLIDOS NO GRASOS Y SÓLIDOS TOTALES (TABLA RICHMOND)

Como vimos anteriormente, todos los componentes, exceptuando el agua se denomina sólidos totales o extracto seco (TC) y si a éste se le elimina la grasa, se denomina extracto seco no graso (SNG).

Es importante conocer estas dos especificaciones, por dos motivos: a) Nos ayuda a verificar que la leche no ha sido descremada. b) Poder estandarizar la masa de leche que se va a mandar a proceso, ya sea añadiendo sólidos no grasos (leche descremada en polvo), o bien, añadiendo grasa (aceite butírico "Buter-Oil").

Actualmente, se determinan el TC y el SNG por medio de una tabla elaborada empíricamente por Richmond y está basada en las determinaciones anteriores de la densidad y el % de grasa. Esquemáticamente el procedimiento es como sigue:

S gr	-----Tabla----->	Valor "A"
% Grasa	-----Tabla----->	Valor "B"
		<u>A + B = SNG</u>

TC= % GRASA + SNG

DETERMINACIÓN DE LAS ADULTERACIONES DE LA LECHE FRESCA.

- DETERMINACION DE ADICION DE AZUCAR.

A un tubo de ensayo de 12 X 75 mm se agregan: 2 gotas de la muestra de leche, 1 gota de α -naftol al 20%, 3 ml de HCl conc. Se somete a baño maría hirviente durante 10 seg. Se enfría y se comparan colores. Si se observa una coloración rosa violeta, indica adición de azúcar.

- DETERMINACION DE ADICION DE HARINA Y ALMIDONES.

Para no alterar la gravedad específica de la leche, con la adición de agua, hay quienes agregan harina o almidón a ésta, afortunadamente, estas adulteraciones son de fácil detección.

En un vidrio de reloj se colocan: 1 ml de leche muestra, 1 gota de yodo 0.1 N. Se homogeneiza por rotación de muñeca, se deja reposar 1 min. La aparición de granulos azul marino o negros, hace la prueba positiva.

- DETERMINACION DE ADICION DE BORATOS

Se adiciona borato como preservativo de la leche. Para detectar su

presencia, se sigue el siguiente procedimiento:

En un vidrio de reloj se colocan: 10 gotas de leche muestra, 1 gota de HCL al 20%. Se mezcla y se somete a baño maría, hasta residuo húmedo. Se observa coloración después de 3 min. según:

3 PPM	Color amarillo vivo	⊖
33 PPM	Color amarillo naranja	⊕
100 PPM	Color naranja	⊕
333 PPM	Color rojo vivo	⊕
1 000 PPM	Color rojo granate	⊕

- DETERMINACION DE ADICION DE FORMOL (FORMALDEHIDO).

En un tubo de ensayo de 18 X 180 mm adicionar : 2 ml de muestra de leche, 5 ml de HCL-Cloruro Férrico al 2.6%. Pasar a baño maría a 40 °C durante 10 min. La aparición de coloración azul violeta hace la prueba positiva.

- DETERMINACION DE NEUTRALIZANTES (SUSTANCIAS ALCALINAS TALES COMO NaOH, KOH y CARBONATOS).

A mayor cantidad de neutralizantes, menor acidez y mayor punto crioscópico.

En un tubo de ensayo de 10 X 100 mm adicionar: 20 ml de muestra de

Leche, 0.5 ml de azul de bromotimol al 1%. Mezclar invirtiendo el tubo 3-4 veces. La aparición de un color azul indica la presencia de sustancias alcalinas. La presencia de coloración amarilla, indica una acidez alta y por tanto, un desarrollo bacteriano considerable.

CAP. II DESCRIPCION DEL PROCESO

CAP. II. DESCRIPCION DEL PROCESO

RECEPCION.

La leche que llega a la planta industrializadora se recibe por dos vías:

- a) Por parte de los grandes distritos lecheros, quienes entregan la leche en pipas, cuya capacidad varía desde 6,000 hasta 20,000 litros.
- b) Por medio de pequeños productores, quienes realizan la entrega en bidones (cántaros).

Tanto a la leche de pipas, como la proveniente de cántaros, se les debe aplicar la prueba de alcohol, al recibirlas en la planta, con el objeto de determinar la facilidad con que la leche se coagula al exponerla al calor. Esta prueba indica si la leche puede ser sometida a altas temperaturas, y de este modo, iniciar el proceso de evaporación o pasteurización (esterilización).

También se puede usar esta prueba para detectar leches anormales tales como calostro, leche obtenida de lactaciones avanzadas y cualquier leche cuyo contenido en sales no este balanceado.

Normalmente existe una correlación entre la acidez de la leche y la prueba del alcohol, pero algunas veces ésta es interferida por el contenido de sales en la leche de prueba.

La prueba consiste en mezclar 5 ml de leche con 5 ml de alcohol etílico del 68 al 70% de concentración (que se prepara mezclando 72 ml de alcohol al 95% con 28 ml de agua destilada) en un tubo de ensayo.

Si la leche se coagula o hay formación de pequeñas partículas de cuajada, la prueba es positiva y por tanto, la acidez puede ser alta, o existe un desbalance de sales, o bien la leche no resistirá altas temperaturas y entonces la leche se rechaza.

Una vez llegada a la fábrica, el industrial verifica las cantidades de leche recibida y obtiene muestras para control de calidad y se hace cargo del producto.

La leche al salir de los bidones, o de las pipas, según sea el caso, es sometida a una depuración física destinada a eliminar las impurezas que el líquido contiene en suspensión, tales como pajas, pelos, moscas, etc.

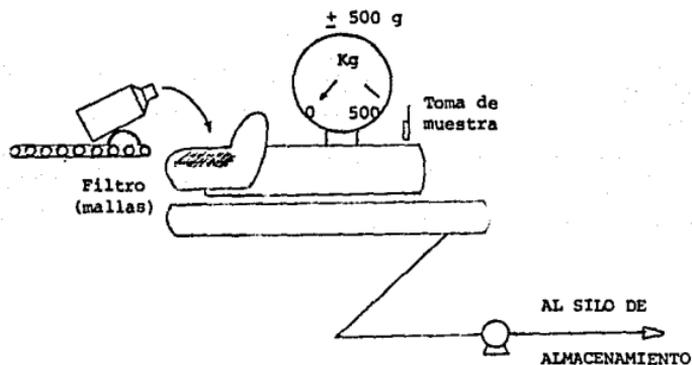
Esta operación física, denominada limpieza de la leche, se lleva a cabo en dos fases. Se separan primero todas las impurezas de mayor tamaño por medio de un prefiltrado a través de una tela metálica, en el momento del vaciado y después las impurezas finas se eliminan por filtración o centrifugación; a este último procedimiento, nos referiremos más adelante.

En el filtrado con tejido, se hace pasar la leche a través de un filtro dispuesto de distintas maneras, según el tipo.

En el curso de la operación, el filtro se tuye y hay que cambiarlo periódicamente para evitar una reducción importante del débito.

Los filtros se disponen generalmente en parejas y la leche pasa siempre por el no obstruido; gracias a una llave de doble paso, la leche pasa a través de uno de ellos, mientras que el otro se limpia.

Esquemáticamente, la recepción de la leche en cántaros puede ilustrarse como sigue:

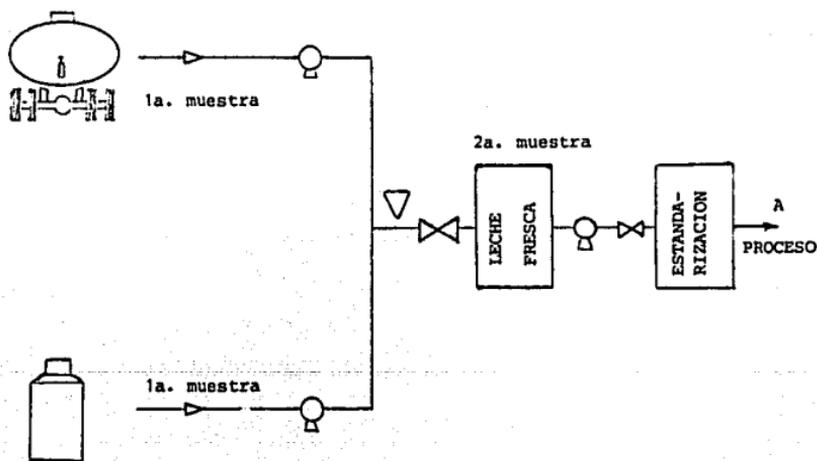


Una vez que se ha pesado, la leche pasa a los silos de almacenamiento, los cuales poseen un dispositivo de enfriamiento consistente en una doble cubierta refrigerante (expansión directa o agua helada) y un agitador, el cual permite remover la leche de manera continua, para evitar la posible formación de glóbulos grasos.

La utilización de un equipo costoso sólo se justifica cuando la recogida se lleva a cabo por medio de un camión cisterna o cuando se recolectan grandes volúmenes de distintas zonas.

Cuando se cuenta con una recogida diaria, no hay por que enfriar la leche a una temperatura inferior a 8°C. Por el contrario, si se previene la refrigeración y conservación de la leche procedente de cuatro ordeños, como cuando la recogida tiene lugar cada dos días, con viene enfriar la leche hasta una temperatura de 2 a 4°C. Por encima de 4°C todavía puede desarrollarse la flora psicrotrofa.

Esquemáticamente, la recepción de leche se efectúa según:



LIMPIEZA DE EQUIPO.

Se utilizan productos detergentes, además de agua caliente, capaces de emulsionar la materia grasa, desfloccular las materias nitrogenadas y, eventualmente, disolver los depósitos minerales.

Los procesos de emulsión y desfloculación pueden efectuarse con detergentes alcalinos, entre los cuales figuran la sosa caústica, los silicatos y, en particular el metasilicato de sodio, cuyo poder emulsionante es muy elevado; el fosfato trisódico, el hexametafosfato de sodio, y el carbonato sódico.

Es importante conocer la acción de estos detergentes sobre los metales que entran en la constitución del material. Así, por ejemplo, la sosa caústica tiene una acción corrosiva pronunciada sobre el aluminio. El carbonato y los fosfatos de sodio atacan mucho menos las superficies estañadas, pero intensamente el aluminio. Sólo los silicatos tienen una acción corrosiva atenuada sobre los metales estañados y prácticamente nula sobre el aluminio. Por lo demás, para limpiar este metal con sosa, carbonato o fosfato sin riesgo de corrosión basta añadir a los detergentes ortosilicato de sodio. Así mismo, para proteger las superficies estañadas contra los álcalis, hay que añadir a éstos sulfito de sodio o incluso bicromato de sodio. Los detergentes sintéticos son, por lo general, poco corrosivos.

Es recomendable no utilizar nunca soluciones detergentes demasia

do concentradas o demasiado calientes (60 a 80°C máximo).

La eliminación de residuos minerales (fundamentalmente la caseína la cual forma la llamada "piedra de leche"), por ejemplo en los pasteurizadores, se facilita mediante el empleo de soluciones ácidas, generalmente a base de ácido nítrico. Este método sólo es adecuado para el material de acero inoxidable, ya que todos los demás metales son inmediatamente atacados. El acero inoxidable también tiene la ventaja de resistir la acción de los detergentes alcalinos.

No es necesario insistir en la importancia que tiene la limpieza y desinfección del material de lechería, tanto en la granja, como en la fábrica. La leche y los productos lácteos constituyen excelentes medios de cultivo para la mayoría de los gérmenes de polución, que producen alteraciones graves.

Cuando la leche entra en contacto con las superficies de un recipiente o de un aparato, deposita en estos elementos una película de composición variable según las condiciones en que se encuentre (temperatura, acidez, etc.). Sin embargo, existen siempre materias grasas y sustancias nitrogenadas, por lo general más o menos coaguladas, y sales minerales en cantidad tanto mayor cuanto más alta sea la temperatura a la que se le somete. Este revestimiento orgánico se convierte rápidamente en asiento de una intensa proliferación de mohos, levaduras y bacterias, además de incrustaciones producidas por la precipitación de la caseína.

La limpieza elimina esta película de materia orgánica. Sin embargo, la operación ha de completarse a menudo con una desinfección encajinada a liberar la pared de los gérmenes que aún pudieran quedar.

La desinfección sólo es eficaz, aplicada sobre una superficie limpia.

Los procedimientos de desinfección pueden ser físicos o químicos.

Los primeros aplican la acción esterilizante del calor. Se utiliza generalmente el vapor, pero conviene tomar precauciones si se quiere estar seguro de que la esterilización ha sido efectiva, se debe prolongar la acción del vapor por lo menos diez minutos.

Los procedimientos químicos utilizan, sobre todo, los compuestos del cloro y más recientemente, productos de síntesis muy activos, los compuestos de amonio cuaternario.

Entre los compuestos de cloro, tenemos el hipoclorito de sodio o agua de Javel, que es uno de los más empleados. Por desgracia, este antiséptico ataca a los metales, incluso el acero inoxidable. Para evitar la corrosión conviene añadir a la solución de agua de Javel silicato de sodio, aunque esta adición aumenta el pH y disminuye la eficacia.

Para el caso de los bidones (cántaros) existen aparatos automáticos o semiautomáticos que realizan una limpieza y una desinfección en excelentes condiciones, economizando al máximo el tiempo y la mano de obra.

Las máquinas de lavar los bidones, generalmente son circulares,

aunque existen rectilíneas en forma de túnel. Los recipientes, al desplazarse, son sometidos sucesivamente a un enjuague en agua fría, un lavado por inyección de solución detergente caliente, un enjuague con agua caliente y una esterilización por inyección de vapor, seguida de un secado con aire caliente (100-110°C). Algunas máquinas no utilizan detergente ni antiséptico alguno, sino sólo la acción del agua caliente y el vapor.

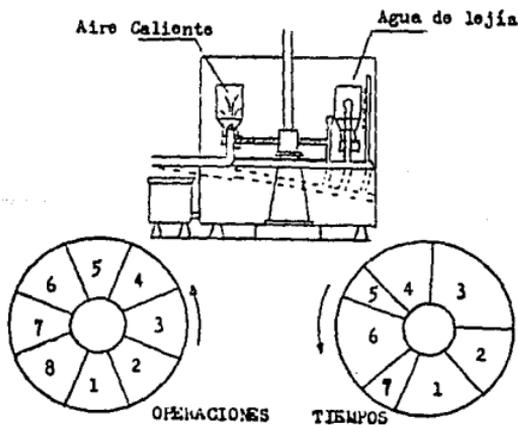
El siguiente dibujo muestra el funcionamiento de una máquina circular automática para el lavado de bidones.

OPERACIONES:

1. Introducción-Extracción
2. 1er lavado con agua fría
3. 1er lavado con agua de lejía
4. 2do. lavado con agua de lejía
5. Enjuague con agua caliente
6. Esterilización
7. Secado con aire caliente a 110°C
8. Refrigeración

TIEMPOS:

1. Colocación de bidones sucios 16 seg.
2. Agua fría 12 seg.
3. Lejía 70°C 22 seg.
4. Agua 45°C 12 seg.
5. Vapor 6 seg.
6. Agua fría 16 seg.
7. Extracción de bidones limpios 6 seg.



Los grandes recipientes tales como las cubas y los tanques, se limpian a mano y con cepillo, utilizando soluciones detergentes calientes. Se consigue la asepsia pulverizando soluciones bactericidas. Sin embargo, cada día es más frecuente el uso de grupos de limpieza automática provistos de un programador.

Con los pasteurizadores de acero inoxidable se practica la limpieza en circuito cerrado sin necesidad de desmontar diariamente los aparatos. Se procede de la siguiente forma:

Se enjuagan haciendo circular agua fría, después durante 25 ó 30 minutos se inyecta una solución detergente hirviendo. A continuación se enjuaga de nuevo el circuito y se hace circular durante otros 15 minutos, una solución de 60-70°C de ácido nítrico o ácido fosfórico a razón de 5 gramos por litro de solución. Con un último enjuague, termina la operación. Las diferencias de pH a que se somete a los microorganismos con este doble tratamiento, alcalino y ácido, garantiza su destrucción.

Antes de utilizar el pasteurizador se recomienda hacer circular por el aparato, durante 15 minutos, agua hirviendo o javelizada.

ESTANDARIZACION Y ADICION DE AZUCAR

Para la fabricación de leche condensada azucarada, es necesario partir de una leche fresca de excelente calidad, que se selecciona cuidadosamente en el momento de la recepción. Una vez analizadas las muestras en el laboratorio, se conocen especificaciones tales como: $\frac{1}{2}$ de grasa y $\frac{1}{2}$ de extracto seco magro (sólidos no grasos), acidez inferior a 20°C, prueba de alcohol negativa, ensayo al fosfato satisfactorio, es decir, no debe aparecer floculación cuando se añaden a 5 ml de leche,

1 ml de una solución de fosfato monopotásico ($\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$) al 68.1%, dejando la mezcla en ebullición durante 5 minutos. Estas pruebas permiten comprobar la aptitud de la leche para la concentración.

Después de la selección física por filtración, la leche debe ser estandarizada. Esta operación consiste en regular o compensar su composición, teniendo en cuenta el extracto seco y su contenido en grasa, de manera que la leche concentrada tenga una composición constante. Esta regulación se lleva a cabo añadiendo "Buter-Oil" (aceite butírico vegetal), o leche descremada, según que la leche fresca presente un exceso de extracto seco magro o por el contrario, un exceso de materia grasa. Para poder comprender el procedimiento, veamos un ejemplo:

Se desean estandarizar 8,000 litros de leche fresca, la cual, según datos obtenidos en el laboratorio, posee una gravedad específica de 0.296 g/ml y contiene 3.2% de grasa, la densidad de la leche puede considerarse como 1.03 g/ml.

Para la estandarización se cuenta con leche en polvo descremada con las siguientes especificaciones obtenidas en el laboratorio: 0.68% de grasa y 95.72% de sólidos no grasos. Así mismo se cuenta con Buter-Oil el cual es, para fines prácticos, 100% grasa.

Calcular la cantidad de leche en polvo descremada, o buter-oil, que hay que agregar, según sea el caso, para estandarizar la leche proporcionada.

SOLUCION:

Partimos de (8,000 litros) x (1.03 Kg/lt) = 8,240 kg de leche.

Con la ayuda de la tabla Richmond y con los datos conocidos de gravedad específica y % de grasa, encontramos un valor de sólidos totales = 8.76.

Posteriormente, con los valores de % de grasa y % de sólidos no grasos de la leche descremada en polvo, calculamos los sólidos útiles, según fórmula:

$$S.U. = \frac{\%Grasa}{R_c} - SNG$$

Donde el R_c es la relación:

$$R_c = \frac{\% Grasa}{SNG}$$

Y el R_c promedio para la leche condensada es 0.2025.

Entonces:

$$S.U. = \frac{0.68}{0.2025} - 95.72 = 92.36\%$$

Ahora bien, tenemos que:

De 8 240 Kg de leche fresca,

(8 240) (0.0320 % de grasa) = 236.7 Kg son de grasa

(8 240) (0.0876 % de SNG) = 721.8 Kg son SNG

Sabemos que:

$$Grasa = (SNG) (R_c)$$

Entonces:

Grasa = $(721.8) (0.2025) = 146.1645$ es la grasa que sobra, por tanto, es necesario adicionar leche en polvo descremada. Entonces, restando, tenemos:

$263.7 \text{ kg} - 146.1645 \text{ Kg} = 117.5355 \text{ Kg}$ de grasa que tenemos que compensar.

$117.5355 \div 0.2025 = 628.4 \text{ Kg}$ de leche descremada que hay que adicionar, la cual contiene:

$$(628.4 \text{ Kg}) (0.68 \% \text{ Grasa}) = 4.3 \text{ Kg de grasa}$$

$$(628.4 \text{ Kg}) (95.72 \% \text{ SNG}) = 601.53 \text{ Kg de SNG}$$

Para adicionar el azúcar, se emplea un factor de 11.11, el cual resulta del cociente % de sacarosa/% grasa, en donde, por norma de la Cla. NESTLE, el % de grasa = 4.3 y el % de sacarosa = 47.7, por tanto:

$$47.7/4.3 = 11.11$$

Entonces, con los Kg totales de grasa, podemos conocer la cantidad de sacarosa a adicionar:

$$263.7 + 4.3 = 268 \text{ Kg de grasa}$$

$$(268) (11.11) = 2,997 \text{ Kg de azúcar que hay que añadir.}$$

Por último, para comprobar que los resultados obtenidos son correctos, utilizamos el R_c :

$$R_c = \frac{268}{1323.3} = 0.2025 \text{ por lo tanto, los cálculos son correctos.}$$

Los resultados anteriores podemos tabularlos, de la siguiente manera, para facilitar la comprensión del ejemplo.

	CANTIDAD	GRASA	SNG
LECHE FRESCA	8 240 Kg	263.7 Kg	721.8 Kg
LECHE DESCREMADA	628.4	4.3	601.53
BUTER OIL	(No requiere)	(No requiere)	(No contiene)
AZUCAR	2 977	---	---
TOTAL	2977	268.0	1 323.3

Tabla No. 11

PRIMER PRECALENTAMIENTO Y CLARIFICACION.

Con el objeto de eliminar de la leche cualquier impureza que persista después del filtrado en caliente, se le somete al proceso llamado "clarificación".

El filtrado es más rápido en caliente que en frío, ya que la leche caliente es menos viscosa. Por ello, la operación se realiza habitualmente después de un precalentado a 40-50°C en un calentador o en el recuperador del pasteurizador.

La depuración centrífuga permite un trabajo regular y continuo. La eliminación de las impurezas es más completa y alcanza hasta los leucocitos. Finalmente, realizando la centrifugación en caliente, en algunos casos realiza también la desodorización de la leche.

Las clarificadoras consisten de un tambor que gira a gran velocidad (1800 RPM) y las impurezas son proyectadas contra las paredes del tambor, formando un residuo grisáceo. Para evitar la separación de los glóbulos grasos, el tambor es diferente al de las desnatadoras. Los platillos son menos numerosos y están más separados. Por otra parte,

la velocidad de rotación es inferior. Las depuradoras centrífugas (igual que las desnatadoras) son de tres tipos: abiertas, semicerradas y herméticas; debido a que la clarificadora abierta es la de mayor empleo, nos referimos a ella más adelante con mayor detalle.

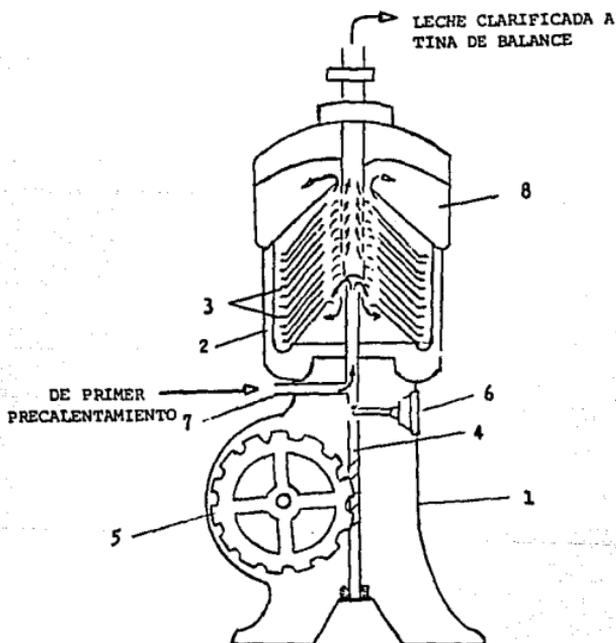
Se ha acusado a la separación centrífuga de disgregar los acumulos microbianos y favorecer la dispersión de los gérmenes. Por otra parte, cuando se aplica a leches un poco ácidas, puede hacer bajar la cantidad de extracto seco, ya que la caseína coagulada puede quedar incluida entre las impurezas.

Recientemente se ha planteado otro problema: la irregularidad y la heterogeneidad de las impurezas puede provocar atascos y obstrucciones en la cámara de residuos, con lo que pueden provocarse siembras esporádicas, pero masivas de la leche depurada. El control de estos accidentes es difícil a causa de la irregularidad con que se producen y sólo la obtención de numerosas muestras ofrece un cierto margen de seguridad.

La clarificadora generalmente adopta una forma más o menos cilíndrica. El aparato se compone de un bol o tambor rotatorio, donde se lleva a cabo la separación de las impurezas. Un tubo central conduce la leche proveniente del precalentamiento, a la base del bol, el cual está provisto de platillos ensartados en el tubo central y separados entre sí unos 2 milímetros por pequeños salientes de su cara superior. La leche estandarizada penetra en el bol por los orificios situados

en la base del tubo central de alimentación. A continuación se muestra esquemáticamente las partes que componen una clarificadora, donde las partes principales son:

1. Bastidor
2. Bol
3. Platinos
4. Eje impulsor del bol
5. Rueda helicoidal que impulsa al eje
6. Tacómetro
7. Alimentador
8. Colector de impurezas



TINA DE BALANCE

El objetivo de la tina de balance es mantener un nivel de leche constante, para de este modo, procurar que exista un flujo constante y de esta forma, evitar variaciones que puedan alterar el buen curso del proceso.

SEGUNDO PRECALENTAMIENTO

Se utiliza como bomba de calor, un termocompresor. La reutilización del vapor procedente del evaporador se lleva a cabo por inyección de vapor vivo a través de una tobera que permite la aspiración y, posteriormente la eyección y calentamiento del vapor procedente del líquido a concentrar. La operación se realiza en un eyector convergente que permite utilizar la energía liberada por la expansión del vapor vivo para comprimir y calentar los vapores que proceden del evaporador. Así cuando en un eyector se envía por unidad de tiempo, M kg de vapor vivo a una presión P , se pueden llevar M' Kg de vapor a una presión p . A la salida del eyector se obtiene $M + M'$ Kg de vapor a la presión media p' ($P > p' > p$). La relación M'/M es el coeficiente de ascenso que caracteriza el rendimiento del termocompresor. Esta relación disminuye cuando hay que calentar el vapor procedente del evaporador y aumenta con la presión del vapor vivo. Por último, disminuye ligeramente, para un calentamiento dado, a medida que asciende la presión del vapor a calentar.

Al elegir las características de un termostato hay que tener en cuenta estos datos. En principio, no se trata de calentar mucho el vapor, para evitar la formación de costras en las superficies y disminuir la diferencia entre la temperatura de la leche y la del fluido calefactor en el curso de la evaporación. Sin embargo, hay que considerar que una diferencia demasiado pequeña entre la temperatura de la leche y la del fluido calefactor, exige aumentar la extensión de la superficie de calentamiento y eleva, por tanto, el costo de instalación.

En la industria láctea se utilizan generalmente termostatos de rendimiento próximo a 1. En estos aparatos, 1 kg de vapor vivo a 20 Kg/cm^2 puede recuperar, por ejemplo, 1 Kg de vapores a 70°C y obtener 2 Kg de vapor de calentamiento a 85°C . Los rendimientos del termostato están en función del diámetro en la parte más estrecha del eyector, de su longitud y del diámetro del orificio de salida de la sección divergente.

El termostato equivale prácticamente a un efecto suplementario. La instalación del doble efecto con termostato funciona como una instalación de triple efecto sin termostato.

PREPASTEURIZADOR Y PASTEURIZADOR (NAS).

En el prepasteurizador se eleva la temperatura a 108°C y de ahí pasa al pasteurizador, en el cual se eleva la temperatura hasta 120°C .

Se realizan precalentamientos sucesivos para que los incrementos de temperatura sean pequeños y de este modo evitar incrustaciones por precipitación de la caseína ("piedra de leche"); así mismo, se evita el sobrecalentamiento del equipo.

Mediante la pasteurización se eliminan los gérmenes patógenos a 85°C.

Se prefiere la pasteurización alta, la cual prácticamente es una esterilización, pues se eleva la temperatura a 120°C, eliminando además de los gérmenes patógenos, los no patógenos.

La pasteurización alta consiste en elevar la temperatura en un tiempo mínimo, evitando también la degradación del valor alimenticio de la leche, pues por la acción de un calentamiento lento, se desnaturaliza la caseína (proteína) y las vitaminas.

Por otra parte, la adición de azúcar a la leche para su concentración garantiza la conservación del producto acabado sin necesidad de la esterilización. El azúcar crea en el medio una presión osmótica muy elevada que impide el desarrollo de los microorganismos.

La leche seleccionada, depurada y estandarizada, se somete a pasteurización fundamentalmente con objeto de:

- a) Inactivar las enzimas como las lipasas que podrían dar lugar a la aparición de un gusto a rancio.
- b) Eliminar la mayor parte de la flora bacteriana de la leche.
- c) Facilitar la disolución del azúcar añadido antes del paso al

evaporador.

d) Alimentar al evaporador con leche ya caliente y de este modo ahorrar energía.

e) Evitar el espesamiento del producto y la precipitación del citrato cálcico acompañado de fosfato de calcio y de magnesio en los botes durante su almacenamiento.

LÍNEA PRESURIZADA. TINA DE EXPANSIÓN. ELEMENTOS DE ESPERA.

Después de salir del pasteurizador, la leche pasa a través de una tubería presurizada, denominada línea de espera (o holding time line), cuya finalidad es manejar tiempos largos y someter a la leche a una presión de 1.1 Kg/cm^2 y una temperatura de 120°C durante 96 seg. con el objeto de asegurar una temperatura uniforme, evitar que exista flasheo y de este modo, evitar incrustaciones en el equipo.

Posteriormente la leche pasa a un tanque flash, el cual se denomina tina de expansión, en la cual se eliminan vapores disueltos en el producto, eliminando olores desagradables del fluido. Aquí, la temperatura baja a $100-110^\circ\text{C}$, aumentando la viscosidad y en este paso se evaporan un promedio de 400 Kg de agua por hora.

A partir de aquí, la línea se somete a vacío mediante un sistema de eyectores por medio de un condensador indirecto, el cual condensa vapores del equipo (pasa de mayor a menor volumen) provocando vacío.

Después se pasa el producto por los elementos de espera (3) cuyo tiempo de espera es de 96 seg c/u. Su finalidad es favorecer una semigelificación para aumentar la viscosidad de la leche.

EVAPORADOR SCHEFFERS DE DOBLE EFECTO CON TERMINADOR.

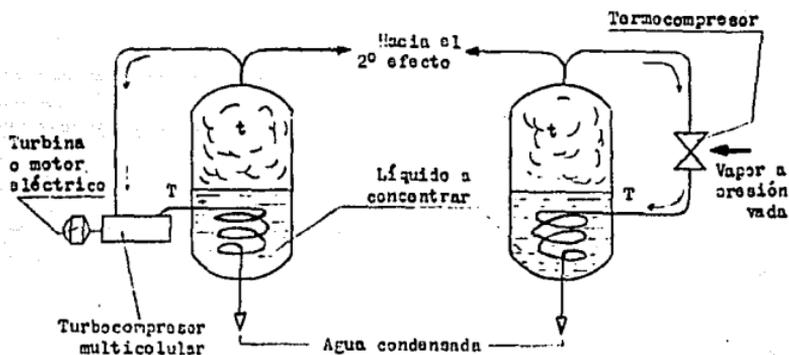
La concentración de la leche se realiza siempre por ebullición. Se utilizan evaporadores que funcionan a un vacío parcial para reducir la temperatura de ebullición. Este método tiene la ventaja de evitar modificaciones profundas de la estructura de la leche, que inevitablemente se producirían si la evaporación tuviera lugar a 100°C. Se impide, sobre todo, la transformación de la lactosa y sus consecuencias sobre el aspecto y el gusto del producto acabado.

El principio de evaporación de doble efecto es el más empleado en la fabricación de leche condensada azucarada. Recordemos brevemente su funcionamiento.

En el primer evaporador se hace hervir una fracción de líquido a concentrar. Los vapores que salen de él sirven para calentar y evaporar otra fracción del líquido contenida en un segundo evaporador, en el que se mantiene una presión inferior a la que aún reina en el primero. Prácticamente, el líquido circula en continuo y, sucesivamente, a través de los dos evaporadores sin dejar de hervir. La economía de vapor de calentamiento es de alrededor de 50%.

El calentamiento del vapor procedente del evaporador puede realizarse por compresión mecánica o térmica. Esta técnica, correctamente aplicada, permite realizar una economía de vapor del mismo orden que la conseguida con el efecto suplementario.

A continuación se muestra esquemáticamente, el principio de la evaporación por turbocompresión y termocompresión, en donde t es la temperatura de ebullición y T es la temperatura del vapor comprimido.



Actualmente en la industria, se emplean evaporadores continuos de doble efecto con terminador; estos aparatos, tienen la ventaja de reducir el tiempo de contacto entre la leche y el fluido calefactor.

Generalmente se emplean evaporadores de circulación natural como el que se muestra más adelante, el cual consta de un haz tubular de calentamiento unido a una cámara de separación. La leche entra en ebullición mientras progresa por el haz tubular y el vapor se separa de la cámara hasta la parte más alta del haz, es impulsada por la vaporización parcial del líquido en la parte alta de los tubos de calentamiento. Se pueden alcanzar grandes velocidades de circulación, lo que disminuye considerablemente el tiempo de permanencia de la leche en el aparato.

En los evaporadores de doble efecto se ha adicionado los evaporadores de película ascendente y descendente, los cuales permiten acelerar aún más la velocidad de evaporación.

Para la concentración de un producto tan delicado como la leche, se utilizan los evaporadores descendentes, en los cuales la leche es enviada a la parte superior de un haz tubular calentador de grandes dimensiones (de 4 a 8 m) y escurre de arriba a abajo en capa fina por la pared interna de los tubos. El líquido se evapora al ser sometido a un movimiento muy rápido, en muy poco tiempo, de modo que en menos de un minuto, el volumen de la leche puede reducirse a un tercio o un cuarto del inicial. A la salida del haz, el líquido y el vapor se separan en un separador tipo ciclón con entrada tangencial de la mezcla.

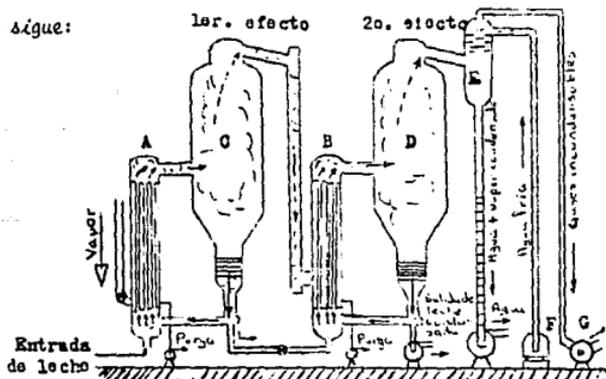
La regularidad de la distribución de la leche por las paredes inte

rios de los tubos, es esencial para evitar fenómenos de obstrucción y sobrecalentamiento. El problema puede resolverse por diversos sistemas de alimentación: placas perforadas sobrepuestas sobre el haz tubular o distribuidores individuales en cada tubo.

Hay otro sistema que permite mejorar el funcionamiento de los evaporadores de película descendente al disminuir el tiempo de permanencia de la leche en el haz. Consiste en precalentar el líquido a una temperatura ligeramente superior a la temperatura prevista para la evaporación. De este modo, la leche comienza a evaporarse en cuanto entra al evaporador, con lo que se distribuye de manera más regular en las paredes de los tubos y la circulación se acelera.

Los evaporadores de película descendente se emplean en doble o cuadruple efecto, con recompresión de vapor o sin ella. Los modelos utilizados actualmente en la industria de la leche, permiten tratar hasta 25 000 litros de leche por hora y evaporar un promedio de 7 500 litros de agua por hora.

Esquemáticamente y a grandes rasgos, el proceso puede ilustrarse como sigue:



En el diagrama anterior, A y B son calentadores, C y D son evaporadores. E es un condensador por corriente de agua fría. F es la bomba de alimentación de agua del condensador y G es la bomba de aire seco (vapor).

El terminador posee alimentación independiente de vapor. Su finalidad es favorecer una concentración fina del producto para realizar ajustes finos.

TINA DE ESPERA.

Después de pasar por el terminador, el producto pasa por una válvula en la cual, si las condiciones del producto son las óptimas (dentro de especificaciones), pasa a la tina de espera, de lo contrario, se manda a enjuague y reproceso.

La finalidad de la tina de espera es formar un nivel para favorecer la gelificación y aumentar la viscosidad.

De ahí se pasa por una bomba positiva (de lóbulos), la cual envía el producto a un enfriador de placas.

ENFRIADOR DE PLACAS.

Consiste de 10 placas alimentado con agua helada a 0°C , la cual baja la temperatura del producto hasta 20°C .

El enfriamiento se efectúa para evitar que el calor espese demasia

do el producto y acentúe el color pardo. Esta es la fase más delicada de la operación porque hay que evitar a toda costa, la obtención de una leche arenosa que no es aceptada por los consumidores. En efecto, después de la concentración, la lactosa se encuentra en la leche en solución sobresaturada (el agua de la leche concentrada contiene alrededor de un 40% de lactosa). En el curso del enfriamiento, el estado de sobresaturación cesa y cristaliza el azúcar. Si la operación se lleva a cabo lentamente, se forman sólo unos pocos cristales, entre 40 y 50°C; estos cristales crecen luego a medida que avanza el enfriamiento. Finalmente, se obtienen cristales muy gruesos de lactosa que confieren a la leche su textura arenosa.

Para evitar este fenómeno, hay que orientar la cristalización hacia la obtención de multitud de pequeños cristales que pasen desapercibidos en el producto terminado. Para ello, deben alcanzar un número de alrededor de 300 000 por milímetro cúbico de leche. Este resultado se obtiene refrigerando bruscamente la leche hasta 20°C. A esta temperatura la velocidad de cristalización es máxima porque la viscosidad del producto no es suficiente para retrasar el fenómeno. Por otra parte, la cristalización se acelera añadiendo lactosa anhidra.

INOCULADOR (PREPARACIÓN DE LACTOSA).

El inoculador tiene como finalidad adicionar lactosa mediante un tornillo sinfin. La cantidad de lactosa anhidra que se añade es de

150 a 200 g por cada 1000 kg de producto.

La lactosa anhidra se prepara secando 10 hr como mínimo en horno rotatorio a 70°C. Se colocan 4 Kg de lactosa con 300 g de fosfato tricálcico. Se mezclan y se vierten en charola de aluminio, esparciendo la mezcla uniformemente.

Posteriormente se pasa a un molino de bolas durante 10 hr. Después se descarga a un tamiz (micrométrico), con el objeto de orientar la cristalización hacia la obtención de multitud de pequeños cristales que pasen desapercibidos en el producto terminado; para ello, deben alcanzar un número de alrededor de 300 000 por milímetro cúbico de leche.

La leche fresca coagula tras un calentamiento durante una hora a 130°C, la misma leche, evaporada hasta un contenido en materia seca del 26%, se desestabiliza tras un calentamiento a la misma temperatura durante 10 minutos. Para paliar esa tendencia a la desestabilización térmica se recurre a la adición de sales estabilizantes, en este caso, se emplea el fosfato tricálcico, las cuales secuestran los iones Ca^{++} . Por otra parte, tienden a elevar el pH de la leche que contribuye a elevar la estabilidad térmica de la leche concentrada.

ESTANDARIZACION Y ALMACENAMIENTO.

Una vez que el producto ha pasado por el inoculador se debe ajustar a las siguientes especificaciones, para posteriormente pasar a los tanques de almacenamiento.

- Sólidos totales : 72.6-72.8%
- Grasa: 4.35%
- Sólidos no grasos: 21.23%
- Concentración de azúcar (lactosa + sacarosa): 47%

Se cuenta con cuatro tanques de almacenamiento, cuya capacidad es: 2 tanques de 20 Ton. cada uno y 2 de 40 Ton. cada uno.

Estos tanques poseen agitación continua del producto terminado.

CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO.

Durante el proceso se efectúan los siguientes controles de calidad:

1. Justa utilización de materia prima de acuerdo a estandarización por masa.
2. Control de la concentración inicial de la leche sin evaporar en proceso.
3. Control de filtros a la salida del terminador, lo cual determina la correcta operación de clarificación.
4. Verificación de la concentración de sólidos.
5. Análisis del contenido de grasa.
6. Prueba de cristalización.
7. Determinación de la viscosidad.
8. Operación correcta del evaporador, bacteriológicamente hablando tales como: entradas de aire, fugas de leche, etc.

9. Esterilización óptima de tanques de almacenamiento de producto terminado.

10. Correcta operación del personal y equipo.

11. Limpieza de equipo, instalaciones y personal.

La toma de muestras se realiza según:

2 muestras al principio del proceso, 2 a la mitad y 2 al final para efectuar pruebas de levaduras y bacteriológicas (contenido de cocos).

También a la mitad del tanque de almacenamiento se toman 2 muestras para análisis de producto terminado (azúcar), además de 10 muestras para conservación.

Así mismo, al final una muestra especial para degustación, en la cual se reporta: sabor, olor, consistencia, separación de fases, puntos extraños (impurezas).

Las 10 muestras a conservación se distribuyen como sigue:

1 muestra 4 días a 37°C

1 muestra 30 días a 30°C

1 muestra 7 días a 37°C

1 muestra 90 días a 30°C

1 muestra 15 días a 37°C

1 muestra 90 días

1 muestra 21 días a 37°C

1 muestra 180 días

2 muestras 360 días

} A temperatura normal

ENVASADO

Se cuenta con dos tipos de llenadoras:

a) Una marca FMC para latas de 397 g, la cual contiene una capacidad de 380 latas por minuto.

b) Dos marca KREBER para latas de 113 g, cuya capacidad de cada una es de 180 latas por minuto.

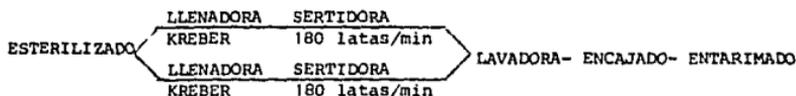
También existe una sertidora, la cual se encarga de imprimir en la tapa la clave, conteniendo datos tales como: fecha de elaboración, la planta, el tanque de almacenamiento del cual se efectuó el llenaje. Y la misma sertidora coloca la tapa a la lata llena con producto.

Posteriormente se pasa por una lavadora de botes (cerrados) efectuando el lavado primero con agua caliente por aspersion y después se ca la lata con aire caliente. Este lavado se hace con el fin de eliminar residuos de las latas al momento del llenaje.

Después pasa por la etiquetadora, sólo en el caso de latas de 397g pues las de 113g vienen litografiadas.

De ahí pasa por la encajadora, la engomadora y al entarimado.

Esquemáticamente el proceso de llenaje para latas de 113 g es:

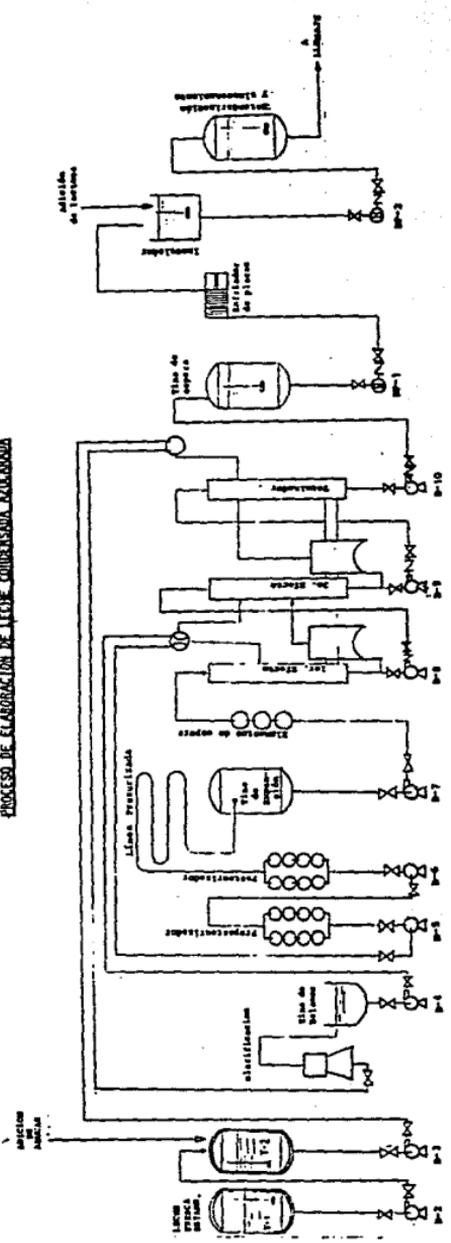


Y para el caso de latas de 397 g:

ESTERILIZADO - LLENADORA - SERTIDORA - LAVADORA - ETIQUETADORA - ENTARIMADO
FMC 380 latas/
min. Y ENCAJADORA

El esterilizado de latas (vacías) y tapas se efectúa en flama directa (gas) a 125-150°C.

PROCESO DE ELABORACION DE LECHE CONDENSADA AZUCARADA



CAP. III . EQUIPO Y MAQUINARIA

CAPITULO III. EQUIPO Y MAQUINARIA

BOMBAS

B-1 Es la bomba que impulsa la leche de la pipa o de la bás
cula (según sea el caso), al tanque de recibo (T-1)

Se realizarán los cálculos en base a una alimentación de le
che fresca de 15000 l/hr., entonces el gasto es:

$$Q = 15000 \frac{\text{l}}{\text{hr.}} = 0.148 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

y la densidad de la leche es:

$$\rho \left/ \begin{array}{l} 20^\circ\text{C} \\ \text{grasa}=35 \text{ g/l} \end{array} \right. = 64.2 \text{ lb} / \text{ft}^3$$

entonces, el flujo másico será:

$$W = (Q) (\rho) = (0.148 \frac{\text{ft}^3}{\text{seg}}) (64.2 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3})$$

$$W = 9.5 \frac{\text{lb}}{\text{seg.}}$$

y la viscosidad promedio de la leche fresca es:

$$\mu = 1.64 \text{ Cp.}$$

Contamos con una tubería de acero comercial ced. 40 con un diámetro nominal de tubo de 2.5 pulgadas.

De la pag. B-16 de CRANE (FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES, FITTINGS AND PIPE), encontramos el diámetro interno (d_i), así como el área (s).

$$d_i = 2.469 \text{ pulg.} = 0.2057 \text{ ft}$$

$$s = 0.03322 \text{ ft}^2$$

Sabemos que la velocidad es $V = \frac{Q}{S}$

$$\text{entonces, } V = \frac{0.148}{0.03322} = 4.45 \frac{\text{ft}}{\text{seg.}}$$

y de la pag A-23 (CRANE)

$$\text{RUGOSIDAD } = \epsilon = 0.00015$$

$$\text{FACTOR } \epsilon/D = 0.00073$$

$$N_{Re} = \frac{d_i V \rho}{\mu}$$

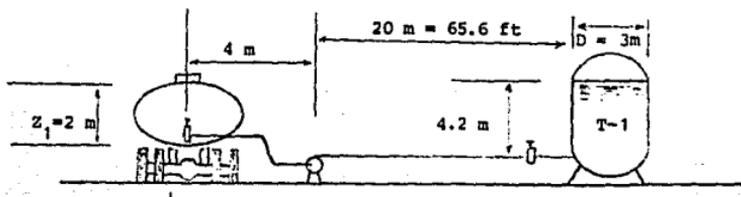
$$N_{Re} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (4.45 \text{ ft/seg}) (64.2 \text{ lb/ft}^3)}{(1.64 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ftseg}}{\text{cp}})}$$

$$N_{Re} = 53 \text{ 3000}$$

De la pag. A-24 CRANE con N_{Re} y ϵ/D , obtenemos el factor de fricción

$$f = 0.023$$

Para efectuar el balance, utilizamos la siguiente ilustración.



$$z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{P_2}{\rho_2} + H_f$$

Sustituyendo valores

$$\frac{6.56 (32.2)}{32.17} + \frac{6.56 (64.2)}{64.2} + W_0 = \frac{13.8 (32.2)}{32.17} + \frac{13.8 (64.2)}{64.2} + H_f$$

Para calcular H_f , debemos primero conocer el valor de la longitud equivalente total (LET) del CRANE pag. A-30 A-31

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	78.7
CODO 90°	1	30	6.2
VALVULA DE GLOBO	1	450	92.0
LET=			177.0

Sabemos que:

$$H_f = \frac{f}{2} \frac{v^2}{gc} \frac{LET}{di}$$
$$= \frac{(0.023) (4.45)^2 (177)}{(2) (32.17) (0.2057)}$$
$$= 6.1 \text{ ft}$$

Simplificando, el balance queda:

$$6.56 + 6.56 + W_0 = 13.8 + 13.8 + 6.1$$

despejando

$$W_0 = 20.6 \text{ ft}$$

La potencia teórica está dada por:

$$P_t = (W_0) (W)$$
$$= (20.6) (9.5) = 196$$

Considerando la eficiencia de la bomba $\eta = 70\%$, tenemos:

$$\text{Potencia Real} = P_R = \frac{P_t}{\eta} = \frac{196}{550 (0.7)} =$$

$$P_R = 0.51 \text{ Hp}$$

∴ SELECCIONAMOS UNA BOMBA DE 1 HP.

B-2 Es la bomba que alimenta de leche fresca estandarizada del tanque 1 al tanque 2 (ver diagrama de proceso).

El gasto continúa siendo el mismo, por tanto el flujo másico:

$$W = 9.5 \text{ lb/seg}$$

$$P_1 = 14.7 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^2} = 2120 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$P_2 = \text{caída de presión} = 113.6 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^2} = 16360 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

La longitud de la tubería es:

$$L = 8 \text{ m} = 26.24 \text{ ft}$$

El diámetro del tubo es igual al anterior, 2.5 pulgadas, por tanto la velocidad, factor de fricción, N_{Re} , es el mismo.

Entonces, el balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{v^2}{2 \times gc} + \frac{P_2}{\rho_2} + H_f$$

sustituyendo valores:

$$\frac{2120}{64.2} + W_0 = \frac{(4.45)^2}{2(1)32.17} + \frac{16360}{64.2} + H_f$$

simplificando:

$$33 + W_0 = 0.308 + 255 + H_f$$

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D _{tot}	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	26.24
CODOS 90°	3	30	90	19.00
VALVULA GLOBO	2	450	900	190.00
LET=				235.24

Entonces:

$$H_f = \frac{(0.023) (4.45)^2 (235.24)}{(64.34) (0.2057)} = 8.1$$

Sustituyendo en el balance:

$$33 + W_0 = 0.308 + 255 + 8.1$$

$$\therefore W_0 = 230.4$$

y la potencia teórica:

$$P_t = (W_0) (W) = (230.4) (9.5) = 2190$$

la eficiencia de la bomba:

$$\eta = 70\%$$

Entonces la potencia real:

$$P_R = \frac{P_t}{\eta} = \frac{2190}{0.7(550)} = 5.69$$

\therefore Se elige una bomba de 6 HP

B-3 Es la bomba que alimenta leche con azúcar a las clarificadoras, pasando antes por un precalentamiento.

El diámetro nominal de la tubería continúa constante (2.5 pulg). Debido a la adición de azúcar, la densidad y la viscosidad varían según:

$$\rho_1 / 25^\circ\text{C} = 67.34 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_2 / 50^\circ\text{C} = 122^\circ\text{F} = 66.79 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{\rho} = 67.0 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu / 37.5^\circ\text{C} = 2.28 \text{ cps.}$$

Entonces el flujo másico es:

$$W = (Q) (\bar{\rho}) = (0.148 \frac{\text{ft}^3}{\text{seg}}) (67.0 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3})$$

$$\therefore W = 9.92 \text{ lb/seg.}$$

y los datos obtenidos con anterioridad:

$$d_i = 2.469 \text{ pulg} = 0.2057 \text{ ft}$$

$$S = 0.03322 \text{ ft}^2$$

$$V = 4.45 \text{ ft/seg}$$

$$\epsilon = 0.00015$$

$$\epsilon/d = 0.00073$$

$$N_{Re} = \frac{d_i V \bar{\rho}}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (4.45 \text{ ft/seg}) (67.0 \text{ lb/ft}^3)}{(2.28 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft seg}}{\text{Cp}})}$$

$$N_{Re} = 40\,000$$

De la página A-24 CRANE con N_{Re} y ϵ/D , obtenemos el factor de fricción:

$$f = 0.024$$

y el balance queda:

$$Z_1 \frac{g}{gc} + \frac{P_1}{\rho_1} + W_o = Z_2 \frac{g}{gc} + \frac{P_2}{\rho_2} + H_f$$

$$P_1 = 16360 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 20448 \text{ lb/ft}^2$$

sustituyendo valores:

$$\frac{26.2 (32.2)}{32.17} + \frac{16360}{67.34} + W_o = \frac{19.7 (32.2)}{32.17} + \frac{20448}{66.79} + H_f$$

simplificando:

$$26.2 + 242.9 + W_o = 19.7 + 306.1 + H_f$$

Para determinar H_f , debemos calcular primero la longitud equivalente total:

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D Total	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	158
VALVULA DE GLOBO	3	450	1350	250
CODO 90°	10	30	300	62
LET =				470

Entonces:

$$H_f = \frac{0.024 (4.45)^2 (470)}{(64.34) (0.2057)} = 16.88$$

sustituyendo en el balance:

$$26.2 + 242.9 + W_0 = 19.7 + 306.1 + 16.88$$

$$\therefore W_0 = 73.58$$

Y la potencia teórica:

$$P_t = (W_0) (W) = (73.58) (9.92) = 730$$

La eficiencia de la bomba

$$\eta = 70\%$$

Por tanto, la potencia real es:

$$P_R = \frac{730}{(0.7) (550)} = 1.896 \text{ HP}$$

\(\therefore\) Se elige una bomba de 2 HP

B-4 Es la bomba que alimenta la leche de la tina de balance a la bomba B-5 pasando por un precalentamiento.

$$P_1 / 50^\circ\text{C} = 66.79 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_2 / 85^\circ\text{C} = 65.85 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{P} = 66.32 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu / 67.5^\circ\text{C} = 1.5 \text{ Cps.}$$

$$W = (Q) (\bar{P}) = (0.148 \frac{\text{ft}^3}{\text{seg}}) (66.32 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}) = 9.81 \text{ lb/seg}$$

$$N_{Re} = \frac{dV P}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (4.45 \text{ ft/seg}) (66.32 \text{ lb/ft}^3)}{(1.5 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft seg}}{\text{Cp}})}$$

$$N_{Re} = 60200$$

De la página A-24 del CRANE, obtenemos el factor de fricción:

$$f = 0.0225$$

$$P_1 = 20\,448 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 21\,470 \text{ lb/ft}^2$$

y el balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v^2}{2 \times gc} + H_f$$

sustituyendo valores:

$$\frac{20\,448}{66.79} + W_0 = \frac{21\,470}{65.85} + \frac{(4.45)^2}{2(1)(32.17)} + H_f$$

Simplificando:

$$306.1 + W_0 = 326.0 + 0.308 + H_f$$

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D Total	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	105
VALVULA DE GLOBO	3	450	1350	250
CODO 90°	6	30	180	38
MEDIDOR DE FLUJO	1	340	340	70
LET =				463

$$H_f = \frac{f v^2 \text{LET}}{2 gc \text{ di}} = \frac{0.0225 (4.45)^2 (463)}{(64.34) (0.2057)} = 15.59$$

Sustituyendo el valor de H_f en el balance:

$$306.1 + W_0 = 326.0 + 0.308 + 15.59$$

$$\therefore W_0 = 35.79$$

y la potencia teórica:

$$P_t = (W_0) (W) = (35.79) (9.81) = 351.1$$

La eficiencia de la bomba es:

$$\eta = 0.7$$

entonces la potencia real:

$$P_R = \frac{351.1}{(0.7) (550)} = 0.912 \text{ HP}$$

\therefore Elegimos una bomba de 1 HP

B-5 Es la bomba que alimenta la leche caliente al prepasteurizador.

$$\rho_1 / 85^\circ\text{C} = 185^\circ\text{F} = 81.91 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_2 / 108.3^\circ\text{C} = 81.89 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{\rho} = 81.9 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 30 \text{ Cps.}$$

$$P_1 = 20\,448 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 21\,470 \text{ lb/ft}^2$$

$$Q = 13000 \text{ l/hr.} = 0.1275 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$w = (Q) (\bar{\rho}) = (0.1275 \text{ ft}^3/\text{seg}) (81.9 \text{ lb/ft}^3)$$

$$w = 10.44 \text{ lb/seg.}$$

$$V = Q/S = 0.1275/0.03322 = 3.838 \text{ ft/seg.}$$

$$N_{Re} = \frac{d_i V \bar{P}}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (3.838 \text{ ft/seg}) (81.9 \text{ lb/ft}^3)}{(30 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft seg}}{\text{Cp}})}$$

$$N_{Re} = 3210$$

Con N_{Re} y ϵ/D de la pag. A-24 del CRANE, obtenemos el factor de fricción.

$$f = 0.0405$$

El balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_o = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V^2}{2 \alpha g_c} + H_f$$

sustituyendo valores:

$$\frac{20448}{81.91} + W_o = \frac{21470}{81.89} + \frac{(3.838)^2}{2(1)(32.17)} + H_f$$

simplificando:

$$249.64 + W_o = 262.18 + 0.2289 + H_f$$

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D total	LEQ(ft)
TUBO RECTO	-	-	-	59
CODO 90°	3	30	90	19
VALVULAS DE GLOBO	2	450	900	190
LET=				268

$$H_f = \frac{0.0405 (3.838)^2}{(64.34) (0.2057)} + 268 = 12.08$$

Sustituyendo el valor de H_f en el balance, tenemos

$$249.64 + W_0 = 262.18 + 0.2289 + 12.08$$

$$\therefore W_0 = 24.85$$

y la potencia teórica:

$$P_t = (W_0) (w) = (24.85) (10.44) = 259.42$$

La eficiencia de la bomba es:

$$\eta = 70\%$$

por tanto, la potencia real:

$$P_R = \frac{259.42}{(0.7)(550)} = 0.67$$

\therefore Se elige una bomba de 1 HP

B-6 Es la bomba que alimenta de leche caliente al pasteurizador.

$$P_1 / 108.3^\circ\text{C} = 81.89 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_2 / 120^\circ\text{C} = 81.88 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{P} = 81.885 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = 12000 \text{ l/hr} = 0.1177 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$w = (Q) (\bar{P}) = (0.1177 \text{ ft}^3/\text{seg}) (81.885 \text{ lb/ft}^3)$$

$$w = 9.64 \text{ lb/seg}$$

$$\mu = 35 \text{ Cps}$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0.1177}{0.03322} = 3.543 \text{ ft/seg}$$

$$P_1 = 8180 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 8355 \text{ lb/ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{d_i V \bar{\rho}}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (3.543 \text{ ft/seg}) (81.885 \text{ lb/ft}^3)}{(35 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft seg}}{\text{Cp}})}$$

$$N_{Re} = 2540$$

De la pag. A-24 CRANE:

$$f = 0.046$$

el balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_o = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v^2}{2 \rho \text{ gc}} + H_f$$

Sustituyendo valores:

$$\frac{8180}{81.89} + W_o = \frac{8355}{81.88} + \frac{(3.543)^2}{2(1)(32.17)} + H_f$$

simplificando:

$$99.89 + W_o = 102.04 + 0.1951 + H_f$$

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D Total	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	72
VALVULA DE GLOBO	2	450	900	190
CODO 90°	3	30	90	19
LET =				281

$$H_f = \frac{f v^2 \text{ LET}}{2 \text{ gc } d_i} = \frac{0.046 (3.543)^2 (281)}{(64.34) (0.2057)} = 12.26$$

sustituyendo H_f en el balance:

$$99.89 + W_o = 102.04 + 0.1951 + 12.26$$

$$\therefore W_o = 14.61$$

Pero:

$$P_t = (W_o) (w) = (14.61) (9.64) = 140.84$$

y como la eficiencia de la bomba es:

$$\eta = 70\%$$

Entonces

$$P_R = \frac{140.84}{(0.7)(550)} = 0.37 \text{ HP}$$

Para este caso elegimos una bomba de 0.5 HP

B-7 Esta bomba alimenta la leche caliente a los elementos de espera y al primer efecto del evaporador

$$P_1 / 120^\circ\text{C} = 81.88 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_2 / 80^\circ\text{C} = 81.92 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{P} = 81.9 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = 12\,000 \text{ L/hr} = 0.1177 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$w = (Q) (\bar{P}) = (0.1177 \text{ ft}^3/\text{seg})(81.9 \text{ lb/ft}^3)$$

$$w = 9.64 \text{ lb/seg}$$

$$\mu / 100^\circ\text{C} = 35 \text{ Cps.}$$

$$P_1 = 1671 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 2230 \text{ lb/ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{d_i v \bar{P}}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (3.543 \text{ ft/seg}) (81.9 \text{ lb/ft}^3)}{(35 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft} \cdot \text{seg}}{\text{cp}})} = 2540$$

ESTA TESTS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

De pag. A-24 CRANE:

$$f = 0.046$$

El balance queda como sigue:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v^2}{2 \text{ oc gc}} + H_f$$

Sustituyendo valores:

$$\frac{1671}{81.88} + W_0 = \frac{2230}{81.92} + \frac{(3.543)^2}{2(7)(132.17)} + H_f$$

$$20.41 + W_0 = 27.22 + 0.1951 + H_f$$

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D total	Leg (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	59.0
VALVULA DE GLOBO	1	450	450	92.0
CODO 90°	3	30	90	19.0
LET =				170 ft

$$H_f = f \frac{v^2}{2gc} \frac{LET}{di} = \frac{0.046}{(64.34)} \frac{(3.543)^2 (170)}{(0.2057)} = 7.42$$

Sustituyendo el valor de H_f en el balance:

$$20.41 + W_0 = 27.22 + 0.1951 + 7.42$$

$$\therefore W_0 = 14.42$$

Pero:

$$P_c = (W_0) (w) = (14.42) (9.64) = 139.01$$

y como la eficiencia de la bomba es:

$$\eta = 70\%$$

Entonces:

$$P_R = \frac{139.01}{(0.7)(550)} = 0.36 \text{ HP}$$

∴ Se elige una bomba de 0.5 HP

B- 8 Esta bomba suministra leche caliente al 2° efecto del evaporador.

$$P_{1/80^\circ\text{C}} = 81.92 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_{2/50^\circ\text{C}} = 82.04 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{P} = 81.98 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu / 65^\circ\text{C} = 225 \text{ Cp.}$$

$$Q = 10\,000 \text{ l/hr} = 0.0981 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$w = (Q)(\bar{P}) = (0.0981 \text{ ft}^3/\text{seg})(81.98)$$

$$w = 8.04 \text{ lb/seg}$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0.0981 \text{ ft}^3/\text{seg}}{0.03322 \text{ ft}^2} = 2.95 \frac{\text{ft}}{\text{seg}}$$

$$P_1 = 2230 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 2510 \text{ lb/ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{d_i v \bar{P}}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft})(2.95 \text{ ft/seg})(81.98 \text{ lb/ft}^3)}{(225 \text{ Cp})(6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft} \cdot \text{seg}}{\text{Cp}})} = 329$$

De pag. A-24 CRANE

$$f = 0.1945$$

entonces, el balance queda

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v^2}{2 \rho \text{ gc}} + H_f$$

sustituyendo valores:

$$\frac{2330}{81.92} + W_0 = \frac{2510}{82.04} + \frac{(2.95)^2}{2(1)(32.17)} + H_f$$

Simplificando:

$$27.22 + W_0 = 30.59 + 0.1353 + H_f$$

Para calcular H_f , tabulamos:

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D total	Leg (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	65.6
VALVULA DE GLOBO	1	450	450	92.0
VALVULA DE RETENCION	1	135	135	30.0
CODO 90°	3	30	90	19.0
LET =				206.6

$$H_f = f \frac{v^2}{2 \text{ gc di}} \text{ LET} = \frac{(0.1945) (2.95 \text{ ft/seg})^2 (206.6)}{(64.34) (0.2057)} = 26.42$$

Sustituyendo el valor de H_f en el balance:

$$27.22 + W_0 = 30.59 + 0.1353 + 26.42$$

$$\therefore W_0 = 29.93$$

Pero:

$$P_t = (W_0) (W) = (29.93) (8.04) = 240.60$$

Consideramos la eficiencia de la bomba:

$$\eta = 70\%$$

Entonces

$$P_R = \frac{240.60}{(0.7)(550)} = 0.62 \text{ HP}$$

∴ Seleccionamos una bomba de 1.0 HP

B-9 Esta bomba alimenta de leche al terminador

$$\rho_{1/50^\circ\text{C}} = 82.04 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{2/55^\circ\text{C}} = 82.01 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{\rho} = 82.025 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 360 \text{ Cp}$$

$$Q = 8000 \text{ l/hr} = 0.0785 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$w = (Q)(\bar{\rho}) = (0.0785)(82.025)$$

$$w = 6.44 \text{ lb/seg}$$

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0.0785 \text{ ft}^3/\text{seg}}{0.03322 \text{ ft}^2} = 2.36 \text{ ft/seg}$$

$$P_1 = 2510 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 2789 \text{ lb/ft}^2$$

$$NRe = \frac{d_i v \bar{\rho}}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft})(2.36 \text{ ft/seg})(82.025 \text{ lb/ft}^3)}{(360 \text{ Cp})(6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft}^2\text{seg}}{\text{Cp}})} = 170$$

De la pag. A-24 CRANE

$$f = 0.3765$$

Entonces, el balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v^2}{2 \times gc} + H_f$$

Para calcular H_f , construimos la siguiente tabla:

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D Total	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	69.0
VALVULA DE GLOBO	2	450	900	190.0
VALVULA DE RETEN.	1	135	135	30.0
CODO 90°	3	30	90	19.0
LET =				308.0

$$H_f = \frac{f v^2}{2gc} \frac{LET}{di} = \frac{(0.3765 \text{ ft}) (2.36 \text{ ft/seg})^2 (308.0 \text{ ft})}{(64.34) (1.2057)} = 48.8$$

Sustituyendo valores en el balance:

$$\frac{2510}{82.04} + W_0 = \frac{2789}{82.01} + \frac{(2.36)^2}{2 (1) (32.17)} + 48.8$$

$$30.59 + W_0 = 34.01 + 0.0866 + 48.8$$

$$\therefore W_0 = 52.31$$

Pero:

$$P_t = (W_0) (W) = (52.31) (6.44) = 336.88$$

Consideramos la eficiencia de la bomba

$$\eta = 70\%$$

Entonces:

$$P_R = \frac{336.88}{(0.7)(550)} = 0.88 \text{ HP}$$

∴ Seleccionamos una bomba de 1.0 HP

B-10 Esta bomba provee de leche a la tina de espera.

$$\rho_1 = \rho_2 / 55^\circ\text{C} = 82.01 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 320 \text{ Cp}$$

El flujo y la velocidad no varían.

$$Q = 0.0785 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$V = 2.36 \text{ ft/seg}$$

$$w = (Q)(\rho) = (0.0785)(82.01)$$

$$w = 6.44 \text{ lb/seg}$$

$$P_1 = 2789 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 3068 \text{ lb/ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{d_i v \rho}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft})(2.36)(82.01 \text{ lb/ft}^3)}{(320 \text{ Cp})(6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft}^2\text{seg}}{\text{Cp}})} = 185$$

De la pag. A-24 CRANE

$$f = 0.3459$$

y el balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + w_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{v^2}{2 \alpha gc} + H_f$$

Para calcular H_f , tabulamos:

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D total	LEQ (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	72.16
VALVULA DE GLOBO	2	450	900	190.00
VALVULA DE RETEN.	1	135	135	30.00
CODO 90°	3	30	90	19.0
LET=				311.16

$$H_f = \frac{f v^2}{2 g c d} \text{ LET} = \frac{(0.3459 \text{ ft}) (2.36 \text{ ft/seg})^2 (311.16)}{(64.34) (0.2057 \text{ ft})} = 45.29$$

Sustituyendo valores en el balance:

$$\frac{2789}{82.01} + W_0 = \frac{3068}{82.01} + \frac{(2.36)^2}{2(1)(32.17)} + 45.29$$

$$34.01 + W_0 = 37.41 + 0.0866 + 45.29$$

$$\therefore W_0 = 48.78$$

Pero:

$$P_t = (W_0) (W) = (48.78) (6.44) = 314.14$$

La eficiencia de la bomba:

$$\eta = 70\%$$

Entonces:

$$P_R = \frac{314.14}{(0.7)(550)} = 0.82 \text{ HP}$$

\(\therefore\) Elegimos una bomba de 1.0 HP

BP-1 A partir de aquí se emplean bombas de desplazamiento positivo puesto que, al pasar por el enfriador de placas y disminuir la temperatura, la leche aumenta considerablemente su densidad y viscosidad.

$$\rho_1 / 55^\circ\text{C} = 82.01 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_2 / 20^\circ\text{C} = 82.73 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{\rho} = 82.37 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu / 37.5^\circ\text{C} = 585 \text{ Cp}$$

El flujo y la velocidad permanecen constantes

$$Q = 0.0785 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$V = 2.36 \text{ ft/seg}$$

$$w = (Q) (\bar{\rho}) = (0.0785) (82.37)$$

$$w = 6.47 \text{ lb/seg}$$

$$P_1 = 3068 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 3347 \text{ lb/ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{d_i V \bar{\rho}}{\mu} = \frac{(0.2057) (2.36 \text{ ft/seg}) (82.37 \text{ lb/ft}^3)}{(585 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ftseg}}{\text{Cp}})} = 100$$

De la pag. A-24 CRANE

$$f = 0.64$$

El balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V^2}{2 \rho \text{ gc}} + H_f$$

Para calcular H_f , tabulamos:

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D Total	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	65.6
VALVULA DE GLOBO	2	450	900	190.0
VALVULA DE RETEN.	1	135	135	30.0
CODO 90°	3	30	90	19.0
LET =				304.6 ft

$$HF = \frac{f}{2} \frac{v^2}{gc} \frac{LET}{d} = \frac{(0.64)}{(64.34)} \frac{(2.36)^2}{(0.2057)} (304.6 \text{ ft}) = 82.04$$

Sustituyendo valores en el balance:

$$\frac{3068}{82.01} + W_o = \frac{3347}{82.73} + \frac{(2.36)^2}{(2)(1)(32.17)} + 82.04$$

$$37.41 + W_o = 40.46 + 0.0866 + 82.04$$

$$\therefore W_o = 85.18$$

Pero:

$$Pt = (W_o) (W) = (85.18) (6.47) = 551.11$$

Y la eficiencia de la bomba:

$$\eta = 70\%$$

Entonces:

$$P_R = \frac{551.11}{(0.7) (550)} = 1.43 \text{ HP}$$

\therefore Seleccionamos una bomba de 1.5 HP

BP-2 Esta bomba suministra producto terminado a los tanques de almacenamiento.

$$\rho_1 = \rho_2 / 20^\circ\text{C} = 82.73 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu / 20^\circ\text{C} = 850 \text{ Cp}$$

El flujo y la velocidad no varían:

$$Q = 0.0785 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$V = 2.36 \text{ ft/seg}$$

$$w = (Q) (\rho) = (0.0785) (82.73)$$

$$w = 6.49 \text{ lb/seg}$$

$$P_1 = 3347 \text{ lb/ft}^2$$

$$P_2 = 3626 \text{ lb/ft}^2$$

$$N_{Re} = \frac{d_i v \rho}{\mu} = \frac{(0.2057 \text{ ft}) (2.36 \text{ ft/seg}) (82.73 \text{ lb/ft}^3)}{(850 \text{ Cp}) (6.72 \times 10^{-4} \frac{\text{lb/ft}^2\text{seg}}{\text{Cp}})} = 70$$

De la pag. A-24 CRANE

$$f = 0.9143$$

El balance queda:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + W_0 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V^2}{2 \alpha g_c} + H_f$$

Para calcular H_f construimos la siguiente tabla:

CONCEPTO	CANTIDAD	L/D	L/D total	Leq (ft)
TUBO RECTO	-	-	-	65.6
VALVULA DE GLOBO	2	450	900	190.0
VALVULA DE RETEN.	1	135	135	30.0
CODO 90°	3	30	90	19.0

$$\text{LET} = 304.6 \text{ ft}$$

$$H_f = \frac{f V^2 L E T}{2 g c d^5} = \frac{(0.9143) (2.36)^2 (304.6 \text{ ft})}{(64.34) (0.2057)} = 117.2$$

Sustituyendo valores en el balance

$$40.46 + W_o = 43.83 + 0.0866 + 117.20$$

$$\therefore W_o = 120.66$$

Pero:

$$P_t = (W_o) (W) = (120.66) (6.49) = 783.08$$

Considerando la eficiencia de la bomba:

$$\eta = 70\%$$

Entonces:

$$P_R = \frac{783.08}{(0.7)(550)} = 2.03 \text{ HP}$$

\therefore Elegimos una bomba de 2.5 HP

PREPASTEURIZADOR - PASTEURIZADOR

A) PREPASTEURIZADOR

Se diseñará en base a valores promedio de la leche azucarada a la entrada y salida del prepasteurizador.

$$\bar{\rho} = 81.9 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{\mu} = 30 \text{ centipoises}$$

El gasto másico está dado por:

$$W = (Q) (\bar{\rho})$$

$$Q = 13\,000 \text{ L/hr} = 459.14 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

Entonces:

$$W = (459.14) (81.9)$$

$$W = 37\,604 \text{ lb/hr}$$

Para calcular el coeficiente total de transferencia de calor contamos con un pasteurizador de 8 pasos con una superficie de calefacción de $2.2 \text{ m}^2 \text{ c/u} = 23.7 \text{ ft}^2 \text{ c/u}$.

Como son 8 pasos, entonces la superficie total de calentamiento será:

$$A = (23.7 \text{ ft}^2) (8) = 189.6 \text{ ft}^2$$

El Cp. de la leche azucarada es:

$$0.94 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F}$$

Leche estandarizada azucarada (precalentada)

$$T_{\text{ent.}} = T_1 = 85^\circ\text{C} = 185^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{sal.}} = T_2 = 108.3^\circ\text{C} = 227^\circ\text{F}$$

Agua de calentamiento

$$T_{\text{sal.}} = t_1 = 106.1^\circ\text{C} = 223^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{ent.}} = t_2 = 112.2^\circ\text{C} = 234^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_1 = t_1 - T_1 = 223 - 185 = 38^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = t_2 - T_2 = 234 - 227 = 7^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2.3 \log \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{38 - 7}{2.3 \log 38/7} = 18.34^\circ\text{F}$$

La cantidad de calor q es:

$$q = m C_p \Delta t$$

$$q = (37\,604 \frac{\text{lb}}{\text{hr.}}) (0.94 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}) (227 - 185)^\circ\text{F} = 1\,484\,606 \frac{\text{BTU}}{\text{hr.}}$$

Finalmente, el coeficiente total de transferencia de calor U , es:

$$U = \frac{q}{A \Delta T_{ML}} = \frac{1\,484\,606 \text{ BTU/hr}}{189.6 \text{ ft}^2 (18.34^\circ\text{F})}$$

$$U = 426.95 \frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}}$$

B) PASTEURIZADOR

Leche estandarizada azucarada (proveniente del prepasteurizador.)

$$T \text{ ent.} = T_1 = 108.3^\circ\text{C} = 227^\circ\text{F}$$

$$T \text{ sal.} = T_2 = 120^\circ\text{C} = 248^\circ\text{F}$$

Agua de calentamiento

$$T \text{ sal.} = t_1 = 118.9^\circ\text{C} = 246^\circ\text{F}$$

$$T \text{ ent.} = t_2 = 122.8^\circ\text{C} = 253^\circ\text{F}$$

Y la superficie de transferencia de calor es la misma que la calculada con anterioridad

$$A = 189.6 \text{ ft}^2$$

Para calcular el ΔT_{ML} :

$$\Delta t_1 = t_1 - T_1 = 246 - 227 = 19^\circ\text{F}$$

$$\Delta t_2 = t_2 - T_2 = 253 - 248 = 5^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2.3 \log \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{19 - 5}{2.3 \log \frac{19}{5}} = 10.5^\circ\text{F}$$

La cantidad de calor q , es:

$$q = m C_p \Delta t$$

$$q = (37\,604 \text{ lb/hr}) (0.94 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}) (21^\circ\text{F}) =$$

$$q = 742\,303 \text{ BTU/hr}$$

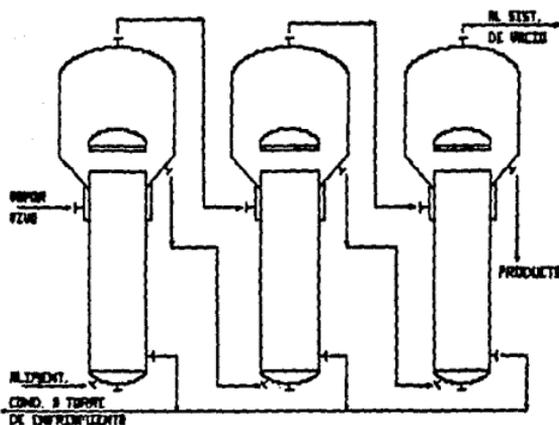
Por tanto, el coeficiente total de transferencia de calor U , es:

$$U = \frac{Q}{A \Delta T_{ML}} = \frac{742\,303 \text{ BTU/hr}}{(189.6 \text{ ft}^2) (10.5^\circ\text{F})} =$$

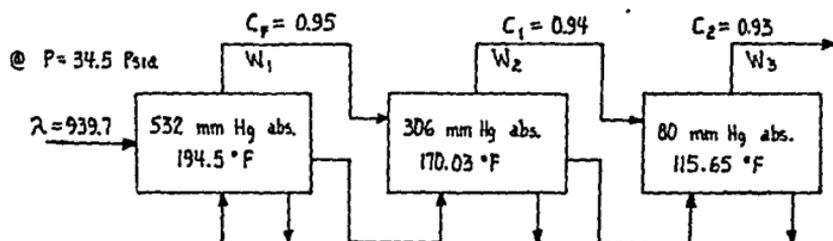
$$U = 373 \frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}}$$

EVAPORADOR DOBLE EFECTO CON TERMINADOR.

Para proceder al dimensionamiento del evaporador, contamos con la siguiente ilustración:



Simplejicando las entradas y salidas, tenemos:



P (psia)	T (°F)	(BTU/lb)
10.29	194.5	981.29
5.91	170.03	996.2
1.547	115.65	1028.0

Partiendo de las siguientes ecuaciones:

- $w_1 + w_2 + w_3 = 12\,789 \text{ lb/hr}$
- $w_S S + w_F C_F (T_F - T_1) = w_1 \quad 1$
- $w_1 \quad 1 + (w_F - w_1) C_1 (T_1 - T_2) = w_2 \quad 2$
- $w_2 \quad 2 + (w_F - w_1 - w_2) C_2 (T_2 - T_3) = w_3 \quad 3$

Sustituyendo valores:

- $939.7 w_S + (34703 \times 0.95) (174 - 194.5) = 981.3 w_1$
- $981.3 w_1 + (34703 - w_1) (0.94) (194.5 - 170.03) = 996.2 w_2$
- $996.2 w_2 + (34703 - w_1 - w_2) (0.93) (170.03 - 115.65) = 1028 w_3$

De la ec. 1.:

$$8. \quad w_3 = 12789 - w_1 - w_2$$

Sustituyendo 8 en 7 y simplificando:

$$996.2 w_2 + (34703 - w_1 - w_2) (0.93) (170.03 - 115.65) = 1028 (12789 - w_1 - w_2)$$

$$996.2 w_2 + 1755048.7 - 50.5734 w_1 - 50.5734 w_2 = 13147092 - 1028 w_1 - 1028 w_2$$

$$1973.6266 w_2 + 977.4266 w_1 = 11\,392\,043.3$$

$$9. \quad w_2 = 5772.13709 - 0.495244 w_1$$

Sustituyendo " w_2 " en 6.:

$$981.3 w_1 + (34703 - w_1) (0.94) (194.5 - 170.03) = 996.2 (5772.13709 - 0.495244 w_1)$$

$$981.3 w_1 + 798231.4654 - 23.0018 w_1 = 5750 202.969 - 493.362 w_1$$

$$1451.6602 w_1 = 4951 971.504$$

$$\underline{w_1 = 3411.247 \text{ lb/hr}}$$

Con el valor de w_1 y la ec. 5.:

$$939.7 w_S - 675840.925 = 3 347 456.682$$

$$937,7 w_S = 4 023 297.607$$

$$w_S = 4290.6 \text{ lb/hr}$$

Para obtener el valor de w_2 , de la ec. 9.:

$$w_2 = 5772.13709 - 0.495244 (3411.247)$$

$$\underline{w_2 = 4082.737 \text{ lb/hr}}$$

Y para obtener el valor de w_3 , de la ec. 8.:

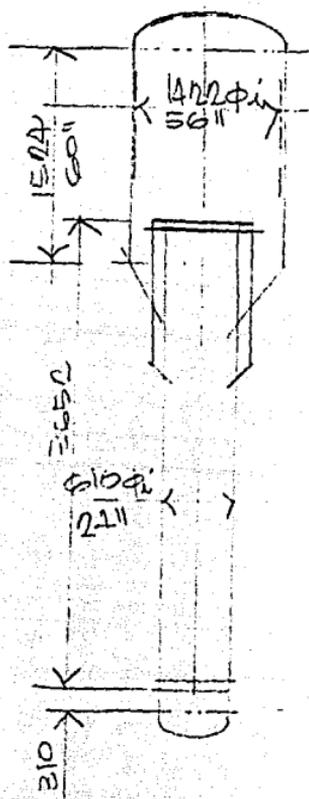
$$w_3 = 12 789 - w_1 - w_2$$

$$w_3 = 12 789 - 3 411.247 - 4082.737$$

$$\underline{w_3 = 5 295.016}$$

Tabulando los resultados:

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA				
		PRIMER EFECTO	SEGUNDO EFECTO	TERCER EFECTO
LACTEO ALIMENTADO	(KG/H)	15741	14194	12342
VAPOR PRODUCIDO	(KG/H)	1547	1852	2402
LACTEO CONCENTRADO	(KG/H)	14194	12352	9940
CONC. INICIAL	(%PESO)	30.12	32.58	37.69
CONC. FINAL	(%PESO)	32.58	37.69	47.70
TEMPERATURA	(°CENT.)	90.3	77.0	46.50
PRESION	(mm HG ABS)	532	306	80.0
λ	BTU/lb	981.29	996.2	1028.0



Para calcular los espesores de pared, contamos con el diagrama adjunto y las siguientes formulas, según código ASME.

- PARA LA CALANDRIA.

$$T = \frac{P R}{S E - 0.6 P} + C$$

- PARA LAS TAPAS (TORIESFERICAS).

$$T = \frac{0.885 P R_C}{S E - 0.1 P} + C$$

Donde:

P = presión manométrica de trabajo, lb/pul²

R = radio interior de la cubierta, pul.

R_C = radio hasta la concavidad del cabezal, - medido desde la línea de centros hasta la placa combada, pul.

S = esfuerzo admisible de trabajo, lb/pul²

E = eficiencia de junta longitudinal

C = tolerancia por corrosión, pul.

A) Para la Calandria contamos con los siguientes datos:

$$P = 3.2 \text{ KG/CM}^2 \quad 45.5 \text{ Psi}$$

$$S = 17 \text{ 500 Psi}$$

$$E = 0.85$$

$$R = 12 \text{ pul}$$

$$C = 0.0625 \text{ pul}$$

Sustituyendo:

$$T = \frac{P R}{SE - 0.6 P} + C = \frac{(45.5) (12)}{(177500) (0.85) - (0.6) (45.5)} + 0.0625$$

$$T = 0.099 \text{ pul.}$$

Por práctica $T = 5/16 \text{ pul} = \underline{0.3125 \text{ pul.}}$

B) Para la tapa superior:

Datos:

$$P = 45.5 \text{ Psi}$$

$$S = 16\,600 \text{ Psi}$$

$$E = 1$$

$$R_C = 56 \text{ pul}$$

$$C = 0.0625 \text{ pul}$$

Entonces:

$$T = \frac{0.885 P R_C}{SE - 0.1 P} + C = \frac{(0.885) (45.5) (56)}{(16\,600) (1) - (0.1) (45.5)} + 0.0625$$

$$T = 0.1984 \text{ pul.}$$

Por práctica $T = \underline{5/16 \text{ pul.}}$

C) Para la tapa inferior:

Datos:

$$P = 45.5 \text{ Psi}$$

$$S = 16\ 600 \text{ Psi}$$

$$E = 1$$

$$R_C = 24 \text{ pul.}$$

$$C = 0.0625$$

Sustituyendo valores:

$$T = \frac{0.885 P R_C}{SE - 0.1 P} + C = \frac{(0.885) (45.5) (24)}{(16\ 600) (1) - (0.1) (45.5)} + 0.0625$$

$$T = 0.1207$$

Por práctica $T = \underline{1/4 \text{ pul.}}$

SISTEMA DE REFRIGERACION

El gasto másico a través del enfriador de placas, está dado por:

$$W = (Q) (\rho)$$

$$Q = 8000 \text{ l/hr} = 282.5 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

$$\bar{\rho} = 82.73 \text{ lb/ft}^3$$

Entonces:

$$W = (282.5 \text{ ft}^3/\text{hr}) (82.73 \text{ lb/ft}^3)$$

$$W = 23\,371 \text{ lb/hr}$$

y el C_p medio de la leche es:

$$C_p = 0.94 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

y el C_p medio del agua es:

$$C_p = 1.008 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

y la densidad del agua de enfriamiento es:

$$\rho = 62.4 \text{ lb/ft}^3$$

Los datos para la leche condensada azucarada son:

$$T_{\text{ent.}} = t_e = 57.7^\circ\text{C} = 136^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{sal.}} = t_s = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$$

para el agua de enfriamiento:

$$T_{\text{ent.}} = t_e = 2.2^\circ\text{C} = 36^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{sal.}} = t_s = 11.7^\circ\text{C} = 53^\circ\text{F}$$

a) Ahora bien, tomando como base 1 hora de proceso por masa alimentada, calculamos el calor extraído (Q_I)

$$Q_I = m C_p \Delta t = 23\,371 \text{ lb} \left(0.94 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \right) (136 - 68)^\circ\text{F}$$

$$Q_I = \underline{\underline{1\,493\,874 \text{ BTU}}}$$

Este calor será transmitido al agua de enfriamiento, sabemos que:

$$q_I = m_I C_p \Delta t \implies m_I = \frac{Q_I}{C_p \Delta T}$$

$$m_I = \frac{1\,493\,874 \text{ BTU}}{1.008 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} (53 - 36)^\circ\text{F}} =$$

$$m_I = 87\,178 \text{ lb de agua fría}$$

y la capacidad en volumen de enfriamiento es:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{87\,178 \text{ lb}}{62.4 \text{ lb/ft}^3} = 1397 \text{ ft}^3$$

b) Para calcular el calor perdido en el banco de agua fría (Q_{II}) contamos con los siguientes datos:

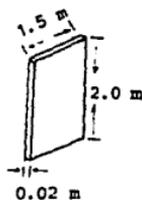
Dimensiones por cada placa:

$$\text{Altura: } 2.0 \text{ m} = 6.56 \text{ ft}$$

$$\text{Longitud: } 1.5 \text{ m} = 4.92 \text{ ft}$$

$$\text{Espesor: } 0.02 \text{ m} = 0.0656 \text{ ft}$$

El área de transferencia de calor por cada placa será:



$$\text{Espesor} \times \text{Longitud} = 0.02 \times 1.5 = 0.03 \times 1 = 0.03$$

$$\text{Longitud} \times \text{altura} = 1.5 \times 2.0 = 3.0 \times 2 = 6.00$$

$$\text{Espesor} \times \text{altura} = 0.02 \times 2.0 = 0.04 \times 2 = 0.08$$

$$6.11 \text{ m}^2$$

Tenemos $S = 6.11 \text{ m}^2$ por cada placa, contamos con un enfriador de

10 placas, entonces,

$$S = 6.11 \text{ m}^2 \times 10 = 61.1 \text{ m}^2 = 657.3 \text{ ft}^2$$

Entonces, con la fórmula:

$$Q_{TT} = \frac{(K) (24 \text{ hr}) (S) (\Delta T)}{e}$$

donde:

K = Conductividad térmica del aislante, BTU pulg/hr $\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

S = Area de transferencia de calor, ft^2

e = Espesor del aislamiento, pulg.

Se cuenta con un aislamiento de corcho con un espesor $e = 4$ pulg, consultando con el STUMBO (Thermobacteriology of Food Processing), K para el corcho.

$$K = 0.3 \text{ BTU pulg/hr ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$\text{La temperatura ambiente promedio} = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$$

$$\text{La temperatura interior} = 2.2^\circ\text{C} = 36.0^\circ\text{F}$$

\therefore El calor perdido (Q_{TT}):

$$Q_{II} = \frac{(0.3) (24) (657.3 \text{ ft}^2) (68-36.0)^\circ\text{F}}{4}$$

$$Q_{II} = \underline{\underline{37860.0 \text{ BTU}}}$$

c) Para calcular el calor perdido en la tubería (Q_{III})

Datos:

L = longitud de la tubería = 40 m = 131 ft

La tubería con que se cuenta es de 2.5 pulg. de diámetro nominal Ced. 40, entonces en el CRANE (Flow of fluids through valves, fittings and pipe pag. B-16), el diámetro interno es:

$$2.469 \text{ pulg} = 0.2057 \text{ ft}$$

Para calcular el área:

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi \frac{(0.2057 \text{ ft})^2}{2} = 0.03322 \text{ ft}^2$$

Para aislar la tubería se cuenta con lana de vidrio con un espesor $e = 2$ pulg. Consultando en el STUMBO, para lana de vidrio.

$$K = 0.27 \frac{\text{BTU pulg}}{\text{hr}^\circ\text{F ft}^2}$$

Temperatura ambiente media = $20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$

Temperatura interna = $2.2^\circ\text{C} = 36^\circ\text{F}$

Calculamos el perímetro $P = \pi D$

$$P = \pi (0.2057) = 0.6462$$

∴ El área A = PL

$$A = (0.6462) (131) = 84.65 \text{ ft}^2$$

Y entonces, el calor perdido en la tubería (Q_{III}), está dado por:

$$Q_{III} = \frac{K (15 \text{ hr}) (s) (\Delta T)}{e}$$

$$Q_{III} = \frac{0.27 (15) (84.65) (68-36.0 \text{ } ^\circ\text{F})}{2}$$

$$Q_{III} = 5485 \text{ BTU}$$

Por último, para calcular la capacidad:

Con los datos obtenidos en los incisos a, b y c.

$$Q_T = \text{Calor Extraído} \quad 1\,493\,874 \text{ BTU}$$

$$Q_{II} = \text{Calor Perdido en el banco de agua fría} \quad 37\,860 \text{ BTU}$$

$$Q_{III} = \text{Calor perdido en la tubería} \quad 5\,485 \text{ BTU}$$

Considerando una eficiencia $\eta = 0.75$ y sabiendo que 1 Ton de refrigeración = $T_r = 12\,000 \text{ BTU/hr} = 3.5 \text{ HP}$, calculamos el calor total, según:

$$Q_T = Q_I + Q_{II} + Q_{III}$$

$$\therefore Q_T = 1\,537\,219 \text{ BTU}$$

y la capacidad está dada por:

$$C = \frac{1\,537\,219}{24(12000)} = 5.34 \text{ Tr}$$

Y la potencia de los compresores (P) :

$$P = (5.34) (3.5) = 18.69$$

Considerando la eficiencia del motor $\eta = 0.7$, obtenemos la potencia REAL.

$$P_R = \frac{18.69}{0.7} = \underline{\underline{26.7 \text{ HP}}}$$

\therefore Elegimos un compresor de 30 HP.

CALDERA

La cantidad de calor total requerida por masa alimentada (el proceso es de aproximadamente una hora), es:

Prepasteurizador	= Q_I	= 1 484 606
Pasteurizador	= Q_{II}	= 742 303
1er Efecto del evaporador	= Q_{III}	= 1 402 683
2° Efecto del Evaporador	= Q_{IV}	= 353 561
Terminador	= Q_V	= 196 105
		<hr/>
		4 179 258 BTU/hr

Considerando la eficiencia de la caldera = 85%

Entonces, el calor REAL:

$$Q_R = \frac{4\ 179\ 258}{0.85} = 4\ 916\ 774\ \text{BTU/hr}$$

Contamos con un vapor de las siguientes características:

$$\text{Presión} = 2.1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 30 \frac{\text{lb}}{\text{pul}^2}$$

Calidad 95%

Condensación dejada a 75°C = 167°F

- El calor obtenido por libra de vapor (Ls):

De la pag. A-13 del CRANE con la presión absoluta:

$$\text{Pabs.} = 30 + 14.7 = 44.7 \text{ lb/pul}^2, \text{ leemos:}$$

$$\text{Calor total del vapor} = 1\ 171.8 \text{ BTU/lb}$$

Calor total del líquido = 242.8 BTU/lb

Calor latente del vapor = 929 BTU/lb

Y para una calidad del 95% de vapor, el calor total es = 929 (0.95)
+ 242.8 = 1125.4 BTU/lb

Y el calor total de condensado a 167°F = 167-32 = 135 BTU/lb

$L_s = 1125.4 - 135 = 990.4 \text{ BTU/lb}$

- Peso del vapor (M_s):

$$M_s = \frac{4\,916\,774 \text{ BTU/hr}}{990.4 \text{ BTU/lb}} = 4\,964.4 \text{ lb/hr}$$

- El vapor total que se consume comprende: el vapor necesario para efectuar los precalentamientos, la prepasteurización, pasteurización, evaporación, el lavado de latas cerradas llenas de producto, esterilización (equipo, pipas y cántaros), pérdidas de calor por radiación.

Tomando como dato práctico un 200% del necesario, tenemos:

$$\begin{aligned} M_s(\text{práctico}) &= 4\,964.4 + 4\,964.4 (2) \\ &= 14\,893.2 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hr}} \end{aligned}$$

- Caldera:

Eficiencia = 70%

$$\text{HP de Caldera} = 34.5 \frac{\text{lb de vapor}}{\text{hr}}$$

Convertimos a caballos de caldera la cantidad de vapor necesaria

por proceso.

$$\text{HP de C.} = \frac{14\ 893.2}{(24)(34.5)(0.7)} = 25.7$$

Por tanto, se eligen dos calderas de 30 HP de C., cada una con quemador automático.

En la planta se instalarán dos calderas, las cuales utilizarán como combustible una mezcla diesel-petróleo.

$$\text{Valor de calentamiento} = 2\ 380 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Y la cantidad de combustible necesario para efectuar el proceso (m)

$$m = \frac{4\ 916\ 774}{2\ 380} = 2\ 066 \text{ lb}$$

CAP. IV CONSIDERACIONES ECONOMICAS

CAP. IV. CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

INVERSION (miles de pesos).

A) ACTIVOS FIJOS.

Terreno	210 000
Obra Civil (construcción y Acondicionamiento)	477 500
Equipo de Proceso:	
- 4 Tanques de almacenamiento de leche fresca estandarizada , con agitación y refrigeración a 4 - 6 °C. Con capacidad de 20 000 Litros cada uno.	93 338
- 2 Tanques de almacenamiento para la adición de azúcar a la leche estandarizada , provistos de agitación a 8 - 9 °C , de 20 000 litros cada uno.	42 000
- 3 Clarificadoras con capacidad de 6 000 l/hr cada una.	19 800
- 1 Tina de balance cuya capacidad es de 600 litros.	640
- 1 Prepasteurizador totalmente equipado con capacidad de 13 000 l/hr.	52 500
- 1 Pasteurizador totalmente equipado con capacidad de 12 000 l/hr.	52 500
- 1 Línea presurizada de espera , cuya capacidad puede variarse quitando o agregando tramos de tubo según se requiera.	146
- 1 Tina de expansión con capacidad de 15 000 litros.	16 800

- 3 Elementos de espera , cada uno con capacidad de 170 l/min.	15 840
- 1 Evaporador doble efecto con terminador , con termocompresor y turbocompresor.	205 800
- 1 Tina de espera con capacidad para 3 000 litros.	3 360
- 1 Sistema refrigerante a placas modelo ALFA LAVAL.	63 000
- 1 Inoculador continuo de lactosa (30g/1 000 Kg)	1 688
- 2 Tanques de almacenamiento de producto terminado , de 20 000 litros cada uno.	36 335
- 2 Tanques de almacenamiento de producto terminado , de 40 000 litros cada uno.	58 869
- 2 Llenadoras de 8 cabezas } - 1 Sertidora de 4 cabezas } para latas de 113 g.	56 800
- 3 Llenadoras de 2 cabezas } - 1 Sertidora de 1 cabeza } para latas de 397 g.	64 326
- 1 Esterilizador de gas para botes y tapas por flameado directo a 115 °C cada 5 segundos.	17 440
EQUIPO } DE } - 10 Bombas Centrífugas	64 216
BOMBEO } - 2 Bombas de desplazamiento positivo	11 987
- 2 Calderas de vapor de 30 HP de caldera cada una (similares a la marca Clayton).	43 200
- 1 Equipo de control automático y tablero de control de flujo (similar al modelo Taylor).	26 250
- 1 Lavador automático de bidones.	36 750
- 2 Montacargas.	60 000

TOTAL de Equipo de proceso = 1 043 585

Refacciones	125 230
Montaje y Estructura	236 500
Tuberías , Válvulas y Conexiones	240 135
Aislamiento y Pintura	122 081
Equipo completo de Laboratorio	70 000
Mobiliario y Equipo de Oficinas	28 000
TOTAL DE ACTIVOS FIJOS	2 553 031

B) GASTOS PREOPERATIVOS.

Licencia e Ingeniería	42 125
Gastos de Prueba y Arranque	117 235
Honorarios a Contratistas	535 600
	<hr/>
	694 960

C) ACTIVO CIRCULANTE.

Se estima en el costo de 1 mes de materias primas , para cubrir eventualidades.

Latas y Tapas para embalaje	459 500
Varios	321 650
	<hr/>
Total de Materias Primas =	781 150

Efectivo en Caja y Bancos. Se estima en el costo de 10 días de la leche fresca suministrada en la planta. 900 000

- SERVICIOS

Energía Eléctrica	414 900
Combustible (Diesel)	228 195
Agua	316 140
Vapor	94 842
Refrigeración (agua helada)	76 822
Detergentes (CIP) y Bactericidas	46 526
Agua de Caldera	99 353
	<hr/>
	1 276 778

- MANO DE OBRA Y SUPERVISION

4 Ingenieros Químicos (Ingenieros de Turno)	40 800
2 Químicos Farmacobiólogos (Jefes de Lab.)	14 400
4 Técnicos Laboratoristas	19 200
8 Jefes de Departamento	34 560
1 Superintendente de Producción	14 400
1 Gerente de Planta	30 000
1 Administrador	13 200
30 Obreros	126 000
20 Ayudantes de Distribución y Tráfico	88 800
	<hr/>
	381 360

- MANTENIMIENTO

Se calcula al 3% de la inversión en Equipo	31 308
--	--------

TOTAL DE ACTIVO CIRCULANTE 1 681 150

D) ACTIVO DIFERIDO.

Cuentas pagadas anticipadamente (seguros) , se calcula al 3% del activo fijo 76 591

Por tanto , la INVERSION TOTAL = 5 005 732

COSTO DE PRODUCCION ANUAL (miles de pesos).

A) COSTOS DIRECTOS.

- MATERIA PRIMA

Leche Fresca (55'125,000 litros)	22 050 000
Leche Descremada en polvo (MSK)	6 615 000
Aceite Butírico ("Buter-Oil")	4 410 000
Fosfato Tricálcico	1 102 500
Lactosa	551 250
Latas y Tapas para embalaje	5 514 000
Varios	3 859 800
	<hr/>
	44 102 550

- DEPRECIACION	Tasa de Depreciación (%)	Monto
Obra Civil (Construcción)	5	23 875
Equipo de proceso	10	104 359
Refacciones	10	12 523
Montaje y Estructura	10	23 650
Tubería , válvulas y conexiones	10	24 014
Aislamiento y Pintura	10	12 208
Equipo de Laboratorio	10	7 000
Mobiliario y Equipo de Oficinas	10	2 800
		<u>210 429</u>

- AMORTIZACION

Se calcula al 5% del activo diferido 3 830

- SEGUROS

Se calcula al 0.8% de la inversión en Equipo 8 349

Por tanto , los COSTOS DIRECTOS 46 014 604

B) COSTOS INDIRECTOS.

- GASTOS ADMINISTRATIVOS

2 Contadores Públicos Titulados	18 000
2 Ayudantes de Contador	14 400
8 Secretarias	43 200
4 Telefonistas (Recepcionistas)	18 240
	<u>93 840</u>

- GASTOS DE VENTA Y DISTRIBUCION

30 Choferes	140 400
40 Repartidores	158 400
4 Encargados de la distribución , Promoción y Publicidad	22 560
	<u>321 360</u>

Por tanto , los COSTOS INDIRECTOS 415 200

COSTO DE PRODUCCION	=	COSTOS DIRECTOS	+	COSTOS INDIRECTOS	=	
COSTO DE PRODUCCION	=	46 014 604	+	415 200	=	46 429 804

El costo del proceso de condensación y adición de azúcar , de enlatado , administración y venta de la leche condensada , es el costo de producción , menos el costo de la leche fresca.

V el costo de producción por litro es:

$$\begin{array}{l} \text{COSTO DE} \\ \text{PRODUCCION} \end{array} = \frac{46\,429\,804}{55\,125\,000} = 842.26 \text{ \$ / litro}$$

$$\text{COSTO} = 842.26 - 400.00 = 442.26 \text{ \$ / litro}$$

VENTAS BRUTAS (miles de pesos).

Considerando 245 días laborables de 15 horas cada uno y una producción promedio de 7 500 l/hr, la producción es: 27 562 500 litros de leche condensada azucarada al año, a un precio de \$ 2 243.36 el litro, al año será: 61 832 610.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS (miles de pesos).

Ventas Brutas	61 832 610
- 15% de Impuestos sobre Ingresos	9 274 892
▪ Ventas Netas	52 557 718
- Costos Directos	46 014 604
▪ Utilidad Bruta	6 543 114
- Costos Indirectos	415 200
▪ Utilidad antes de Impuesto	6 127 914
- Impuesto sobre la Renta (40%)	2 451 166
▪ UTILIDAD NETA	<u>3 676 748</u>

RENTABILIDAD.

Utilidad Contable = 3 676 748

Inversión Total = 5 005 732

$$\text{RENTABILIDAD} = \frac{3\ 676\ 748}{5\ 005\ 732} (100) = 73.45\%$$

CAP. V CONCLUSIONES

CAPITULO V. CONCLUSIONES.

A través de la realización del presente trabajo monográfico, hemos podido comprender la importancia del proceso de elaboración de leche condensada azucarada dentro de la industria alimenticia, puesto que si de por sí la leche es una emulsión de materia grasa en una solución acuosa, conteniendo numerosos elementos altamente nutritivos, unos en disolución y otros en estado coloidal, al someterla al proceso de evaporación, enriquecemos aún más estas propiedades alimenticias.

A grandes razgos, la leche condensada azucarada contiene respecto a la leche fresca: 3 veces menos agua, casi 5 veces más de energía en calorías, más del doble de proteínas, 2 veces más de grasa, más de 10 veces de carbohidratos, el doble de vitaminas, minerales, calcio, fósforo y hierro.

La leche de vaca es un alimento de gran valor nutritivo, pues contiene más sustancias alimenticias que cualquier otro alimento natural, sin embargo, no puede cubrir todas las necesidades con las cantidades que normalmente se ingieren. Por otra parte, la leche de vaca es de los alimentos más económicos para el hombre; podemos mencionar que las proteínas que suministra la leche son cinco veces más baratas que las de los huevos y pescados.

Así mismo, al adicionar azúcar a la leche, se garantiza la conservación del producto sin necesidad de efectuar una esterilización (lo que provocaría una degradación de las vitaminas y desnaturalización de las proteínas), ya que el azúcar crea en el medio una presión osmótica muy elevada que impide el desarrollo de los microorganismos y mantiene el producto en óptimas condiciones organolépticas.

También hemos comprendido la influencia en la composición de la leche, de factores tales como: alimentación, época de lactación, raza, individuo, número de partos, número de ordeños y el trabajo.

Aunque aún queda mucho por conocer acerca de la leche, pues es una sustancia extraordinariamente compleja puesto que los procesos celulares por los que se produce leche en el tejido mamario son muy complicados.

La leche es el resultado del funcionamiento de una célula fascinante, que puede ser descrita como una fábrica que tiene la especial propiedad de transformarse en cierto modo, en un producto.

En realidad, la célula mamaria lactante es la segunda en importancia después de la célula fotosintética, como factor sustentador de la vida.

Comprendimos la importancia del laboratorio de control de calidad

de la leche fresca, al verificar características tales como: acidez, peso específico, materia grasa, punto de congelación, sólidos no grasos y sólidos totales. De igual modo detectar adulteraciones de algunos productores e intermediarios, siendo las más comunes: adición de agua, azúcar, harina y almidones, boratos, formol y neutralizantes.

Conocimos también el modo en que se efectúa la recepción de la leche fresca y las pruebas que se realizan para verificar su aptitud para ser sometida al proceso de pasteurización y evaporación; la depuración física y la forma de almacenamiento en espera de entrar en proceso.

Analizamos la importancia que tiene la limpieza regular y profunda del equipo pues la leche y los productos lácteos constituyen excelentes medios de cultivo para la mayoría de los gérmenes de polución, así mismo, tiende a formar una película de grasa, sustancias nitrogenadas y sales minerales, favoreciendo la proliferación de mohos, levaduras y bacterias, además de incrustaciones producidas por la caseína.

Para lograr que la leche condensada tenga una composición constante, debe regularse o compensarse la composición de la leche fresca teniendo en cuenta el extracto seco y su contenido en grasa, esto es, la leche debe estandarizarse. Posteriormente se somete a la leche a un precalentamiento y clarificación, que consiste en eliminar las impu-

rezas que persistan después del filtrado.

Por otra parte, comprendimos la importancia de realizar precalentamientos sucesivos con incrementos de temperatura pequeños para evitar incrustaciones y sobrecalentamiento en el equipo.

El termocompresor en el sistema de evaporación equivale prácticamente a un efecto suplementario. La instalación de doble efecto con termocompresión equivale a una instalación triple efecto sin termocompresión. La economía de vapor de calentamiento es de aproximadamente 50%, pues con los vapores del líquido a concentrar del 1er. efecto, se calienta y evapora otra fracción de líquido del 2º efecto y de este modo, el líquido circula en continuo sin dejar de hervir.

Finalmente, el producto pasa por el enfriador de placas para evitar que el calor espese el producto formando cristales muy gruesos de lactosa que provocarían una consistencia arenosa ocasionando rechazo por parte de los consumidores.

Mediante el inoculador se adiciona lactosa anhidra con el fin de orientar la cristalización hacia la obtención de multitud de pequeños cristales (300 000 por milímetro cúbico de leche) que pasen desapercibidos en el producto terminado.

Dada la carencia de alimentos, es necesario que se apoyen e inten

sifiquen las investigaciones interdisciplinarias relacionadas con la producción y preservación de los alimentos; este esfuerzo permitirá no solamente contar con mayores cantidades disponibles de alimento, sino que también permitirá contar con alimentos de más alta calidad.

CAP: VI BIBLIOGRAFIA

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA

- AMADUCCI, Louis. May 1969. *Norda Gains 5-ways from CIP System.* --
Food Engineering. (U.S.A.)
- ANON. 1977. *Evaporated milk, sweetened condensed milk, evaporated skimmed milk and sweetened condensed skimmed milk. Proposed rule making based on recommended international standards.* Fed. Regist. 19 Jul. 1977, 42 (138), 37013-18 (Eng)
- ANON. 1978. *Evaporated milk, sweetened condensed milk, evaporated skimmed milk and sweetened condensed skimmed milk; standards of identity.* Food Drug Admin. Washington, D.C. Fed. Regist. 19 May 1978. 43 (98), 21668-71 (Eng)
- ARMANDOLA, Paolo. 1968. *Refractometric determination of protein - in milk.* Boll. Lab. Chim. Prov. 1968, 19(5), 731-41 (Italy)
- ATHERTON, Henry V.
Chemistry and testing of dairy products
Westport, Conn.: Avi (1977).
- AUBREV, P. Stewart. Oct. 24, 1967. *Stabilizing sterilized milk.* -
Nodaway Valley Foods, Inc. 3,348,955. (U.S.)
- AUSLANDS, J. 1977. *Technology of sugar-free sterilized evaporated milk production at the Rezeknen dairy.* Latv. Lavksaimn. Akad. Raksti 1977, 126, 19-23 (RUSS).
- BLANC, B. 1979. *Effect of thermal treatment of milk on its physiological nutrition value.* Probl. Ernähr. Lebensmittelwiss. - 1978, 5, 13-68 (Ger).
- BOHREN, Hans. 1979. *Sweetened condensed milk product.* Societe des Produits Nestlé, S.A. 1547196. 6 Jun 1979 Brit.
- BRUSENTESEV, A. A. 1982. *Determination of the optimum concentration temperature and time for addition of the glucose-fructose - - syrup in the manufacture of sweetened condensed milk.* Izv. -- Vyssh. Uchebn. Zaved., Pishch. Tekhnol. 1982, (2), 127-8 - (Russ).

- CARL, Michael, 1979. Metal Contaminants in milk and milk products. Tin. Int. Dairy Fed. 1978, 105, 36-8. (Eng)
- CASTELLANOS ALVAREZ, Juan. 1987. Mathematical model for the operational analysis of an evaporator system. Tecnol. Quím. 1986, 7 (3), 28-32. (Spain).
- CASTELLANOS ALVAREZ, Juan. 1987. Exergetic efficiency distribution in evaporator stations. Cent. Azúcar. 1986, 13 (2), 11-13. (Spain).
- CHALVAN, V.G. 1971. Change in the chemical composition of the milk of Holstein cows according to lactation periods. DOKI. TSKHA. 1970, No. 164, 84-7 (Russ)
- CHECVLAeva, L.V. 1978. Tin salts in sterilized condensed milk. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pishch. Tekhnol. 1978 (2), 87-90 ---- (Russ)
- CHKHAIDZE, G.K. 1968. Chemical composition, physical properties, - and microbiological state of commercial milk. Prom. 1966, 2, 348-91. (URSS)
- CHO, J.N. 1973. Influence of heating on constituents of raw milk. 1970, 16 (1), 89-92. Korea.
- CHRISTOPHERSEN, J. 1976. Food Technology. Milk and milk products ErnæhrungsL. Diæt, 1974, 3, 284-98. (Ger).
- CIBOIT, Jaques Jean. 1983. Installation and methods of evaporation with mechanical vapor compression using a compressor with several stages. Fr. Demande FR 2505667. 19 Nov. 1982.
- CIMIANO, Pedro Casado. 1979. Modern Instrumental Methods for milk analysis. Rev. Inst. Laticinios Candido Tostes. 1978, 33 - - (195), 21-3, 35 (Port).
- CIRILLI, Giovanni. 1970. Milk Analysis. Tec. Molitoria 1969. 20 - (14), 399-401. (Ital).
- CIRILLI, Giovanni. 1970. Chemical-biological Analysis of milk. Tec. Molitoria 1969. 20 (14), 410-11, 410-14. (Ital).

- FINKELSTEIN, Ehud. J. 1983. Optimal design of evaporation systems. Multi-effects vs. thermocompressors. J. Heat Recovery Syst. - 1982, 2 (4), 311-15. (Eng).
- FOX P.F. 1979. Milk and dairy products as food materials. Proc. -- Nutr. Soc. 1978, 37 (3), 247 - 57 (Eng).
- GOLD SEAL FOODS INC. June 1975. Ist. Aseptic Low-Sodium milk for hospitals. Food Engineering New Brunswick, N.J. U.S.A.
- GONZALEZ M. Angel. 1973. Production of plain condensed milk and - sweetened condensed milk. Ton (Madrid). 1973, 33 (382), - 246-50, 252-7. (Spain)
- GRAPPIN, R. 1984. Assesment and optimization of indirect instrumental methods for testing major constituents in milk and dairy products. Grappin, R. Spec. Publ. R. Soc. Chem. 1984, (49), 77-90. (Eng).
- GRIGOROV, Kharalampi. 1969. Biochemical and Technological characteristics of cow milk. Sofia, Bulg. 1968, 5 (8), 59-65 (Bulg)
- GUTCHO, Marcia
Dairy Products and eggs
 Noyes: N.J. 1978
- HARDY, Edith E. 1984. Changes of calcium phosphate partition and - heat stability during manufacture of sterilized concentrated milk. J. Dairy Sci. 1984, 67 (8), 1666-73 (Eng).
- HARPER, James W.; HALL, Carl W.
Dairy Technology and Engineering
 Westport: U.S.A. 1984
- HELLMUTH, Herbert. 1975. Control of an evaporation plant. Ger Offen 2350627, 24 Abr. 1975. (Ger).
- HERMAN, Alojzy. 1985. Apparatus for boiling-down sugar solutions. PL 121, 362. 28 Feb. 1975. (Pol).
- HOEKSTRA, R.G. 1981. A. computer program for simulating and evaluating multiple effect evaporators in the sugar industry. Proc. Annu. Congr.-S. Afr. Sugar Technol. Assoc. 1981, 55, 43, 50 (Eng)

- HOLSINGER, V.H. March 1978. *Lactose-Modified Milk and Whey*. Food - Technology. U.S.A.
- I.B.M., White Plains. April 1975. *Process/Package/Pallet System moves milk direct to consumers*. Food Engineering. N.Y. U.S.A.
- ILYUKHINA, N.A. 1971. *Quality of sweetened condensed milk produced by a continuous process*. 1970, No. 27, 121-5 (Russ).
- IWAIDA, Mashairo. 1974. *Determination of protein-reducing substance of milk by ferricyanide reduction method*. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*. 1973, 14 (3), 258-63 (Japan)
- JARCHOVSKA, H. 1983. *Physicochemical changes in raw cow milk*. *Veterinarstvi*. 1983, 33 (9), 406-7. (Czech).
- JAWORSKI, Jan. 1982. *Tentative detection of addition of mlekomix - and mlekopan preparation to cow milk*. *Technol. Zyw.* 1981, -- (16), 174-59. (Pol).
- JENNESS, Robert
Principles of Dairy Chemistry
 J. Wiley: N.Y. 1975.
- JUDSKINS, Henry Forest
La leche, su producción y procesos industriales
 Continental: México 1962
- KANIECKI, Thaddeus J. 1979. *Hard Surface cleaning composition*. -- Stauffer Chemical Co. 7705615, 23 Jun. 1978. S. African.
- KASPEREK, Marian. 1976. *Testing and evaluation of milk and dairy products*. *Badanie Ocena Jakosci. Prod. Spozyw.* 1974, 535-92 (Pol).
- KERN, Donald Q.
Procesos de Transferencia de Calor
 Mc. Graw-Hill Book Company Inc.: N.Y. 1971
- KNOPF, F. Carl. 1984. *Design of regenerative noncontinuous processes via simulation*. *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.* 1984, 23 (3), 522-8. (Eng).

- KODOMA, Masanobu. 1979. Deterioration of condensed milk for coffee-dispensing machines during high temperature storage. *Ehimeken Kohyo Shi. Kenjo Kenkyu Hokoku*. 1978, 16, 6-10. (Japan).
- KOLDENHOF, Teunis J. 1971. Apparatus for concentrating liquids, especially solutions and dispersions in multistage evaporators. 4, Mar. 1971. (Ger).
- KOOPS, J. 1970. Heat stability of concentrated milk. II. Effect of hydrogen peroxide. *Ned Melk-Zuiveltijdschr*. 1970, 24 (1), - 52-60 (Russ).
- KOZIN, N.I. 1970. Effect of heat treatment of an evaporated-milk--type emulsion before freezing on stability during storage. - *Mosk. Inst. Nar. Khoz*. 1969, (5), 64-7 (Russ).
- LEBEDEV, P.T. 1973. Biochemical indexes of blood serum and milk of cows of the red steppe breed in relation to the time of calving and the period of lactation. *Vet. Inst*. 1970, No. 18, - 232-9. (Russ).
- LINDELL, Ronald H. July 12, 1967. Vapor-liquid separators. A.P.V. Co. Ltd.
- LUDWIG, Ernest E.
Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants
 Vol. I Gulf: Houston, Tex. 1977
- LYLE, Oliver
Technology for Sugar Refinery Workers
 Chapman & Hall; London 1977
- MACHATA, Vaclav. 1976. Plate evaporator with descending film. Czech 159850. 15 Sep. 1975. (Russ)
- MARGARET, E. Gregory. 1967. Reviews of the progress of dairy Science. IV. Nutritive value of milk and milk products. *J. Dairy Res.* 34 (2), 169-81. (Eng)
- Mc. CABE, w; SMITH, J.
Unit Operations of Chemical Engineering
 Mc. Graw-Hill Company Inc.: N.Y. 1972.

Mc. KENZIE, Hugh A.

Milk Proteins

Academic Press: N.Y. 1971

MEHRA, Davinder K. 1986. Selecting Evaporators Chem. Eng. (N.Y.).
1986, 93 (3), 56-72 (Eng.)

MOLOCHNIKOV, V.V. 1975. Factors affecting the efficiency of washing
vacuum apparatus with caustic soda solutions. Inst. Molochn.
1975, (1), 25-8. (Russ.)

MORGUNOVA, T.S. 1983. Composition of detergents for dissolving - -
milk stones. Molochn. Prom-std. 1983, (4), 24-5 (Russ)

MORR, C.V. 1985. Functionality of heated milk proteins in dairy and
related foods. J. Dairy Sci. 1985, 68 (10), 2773-81 (Eng)

MUENCH, S. 1970. Detection of milk adulterated to obtain prolonged
reduction times. Milchwissenschaft. 1970, 25 (8), 468-73. -
(Ger.)

MUNRO, Golda L. 1975. Protein content of cows milk. Variation - -
through lactation and its significance for protein testing --
services. Aust. J. Dairy Technol. 1974, 29 (3), 118-19 (Eng)

MUTO, Shizuko. 1969. Nutritional study on skimmed and dehydrated -
milk used for nursery school lunch. Eiyo to Shokuryo. 22 (1)
37-42. (Japan).

NECATI OZISIK, M.

Transferencia de Calor

Mc. Graw-Hill: México 1979

NEHNTZ, Guenter. 1978. Technology of milk by-products. Landwirtsch
Forsch. Sonderh. 1976, 33 (2), 300-15 (Ger.)

NEVOLIN, F.V. 1969. A washing agent (Dezmol) for milking appa-
rus, milk equipment and milk cans. NevoIm, F.V. (All-Union
Scientific-Research Institute of Fats. Ago 6, 1968. USSR.

NICKERSON, T.A. January, 1978. Why use lactose and its derivatives
in Food, Food Technology. U.S.A.

- NIELSEN, V.W. 1974. *Effect of processing and handling procedures on the quality and nutritional value of milk by-products.* - *Eff. Process. Nutr. Value Feeds, Proc. Symp.* 1972 (Pub. - - 1973) 236-51. (Eng.) Washington, D.C.
- NODA, Katsuhiko, 1977. *Studies on the physico-chemical changes of sweetened condensed milk in storage.* *Nippon Chikusan Gakkai-Ho* 1976, 47 (12), 719-24. (Japan).
- NODA, Katsuhiko. 1979. *Manufacture and quality of concentrated milk.* *Jpn. Food Sci.* 1979, 18 (6), 49-54 (Japan).
- NODA, Katsuhiko. 1987. *Effect of calcium on the viscosity of sweetened condensed milk.* *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.* - 1986, 33 (8), 572-8. (Japan).
- OKONOGI, Shigeo. 1987. *Condensed milk substitutes.* *Jpn. Kokai - Tokkyo Koho.* JP 61274660. 4 Dec. 1986. (Japan).
- PALUMBO, Mary S. 1972. *Milk and milk products.* *Food Theory Appl.* 1972, 563-611 (Eng.) New York, N.Y.
- PERRY and CHILTON
Chemical Engineers Handbook
 5th Edition
 Mc. Graw-Hill Book Company Inc. : N.Y. 1973
- PILLSBURY, Co. Brit. 1976. *Evaporating method and apparatus.* 1436777 26 May 1976. (Eng.).
- POLYANSKII, K.K. 1980. *Criteria of evaluating the crystallization of lactose in condensed milk containing sugar.* *Izv. Vyssh. -- Uchebn. Zaved., Pishch. Tekhnol.* 1979. (4), 103-6 (Russ.)
- POLYANSKII, K.K. 1984. *Mathematical modeling of lactose crystallization in dairy product technology.* *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pishch. Tekhnol.* 1984, (4), 50-4. (Russ.).
- PORAN, Josef. 1983. *Evaporating Apparatus.* Ger offen. DE 3136476,- 31 Mar. 1983.
- PROKOP, Ludwig. 1973. *Medical view of milk and milk products.* 1973, No. 34, 77-81. Viena, Austria..

- RADAEVA, I.A. 1974. Effect of glucose oxidase, sorbic acid, and potassium sorbate on microorganisms found in evaporated milk with sugar. 1973, No. 32, 57-60 (Russ).
- RADAEVA, I.A. 1977. Ways of improving the quality of canned milk.-
Molochn. Prom.-st. 1977, (4), 24-6. (Russ.).
- RASMUSSEN, H.L. (Miles Laboratories). October 1972. Techniques -
and Equipment Improve cheese processors probe new milk-quality
test. Food Engineering. U.S.A.
- RENNER, E. 1987. Nutritional Aspects (of pasteurized milk). Part
I. Biochemical composition. Bull. Int. Dairy Fed. (Bel.). -
1986, 200, 27-9. (Eng).
- ROY J. Dossat
Principios de Refrigeración
C.E.C.S.A.: México 1977
- SHIKOV, I. Ya. 1969. Composition of milk from cows of varying pro-
ductivity. Tr. Vses. Nauch-Issled. 1966, 29, 56-61 (Russ).
- SHILLER, G.G. 1973. Factors increasing the output factor of pasteu-
rization and cooling units for milk. Omsk. Selis-Kokhoz. Inst.
1971, 82, 68-72 (Russ).
- SIEWERT, R. 1972. Range of effectiveness of chemical desinfectants
R. Lebensm-Ind. 1972, 19 (3), 97-100. (Ger).
- SLATER, Lloyd E. September 1975. Aseptic milk makes a Bold N. Ame-
rican Debut. Food Engineering. Quebec City - Canada.
- SMITH, I.A. 1981. Some data on heat transfer in multiple effect -
evaporators. Proc. Annu. Congr. - S. Afr. Sugar Technol. Assoc.
1981, 55, 51-5 (Eng).
- STARIKOVA, L.P. 1968. Rapid method for determinig acidity of milk
used commercially. Inst. Sov. Torg. Prod. 1966, 60-5 (Russ)
- STUMBO, Charles Raymond
Thermobacteriology in food processing
New York Academic: New York 1968.

- SUKHAN-LIN, K.G. 1977. Bionenergetic characteristics of agricultural animals. *Inst. Fiziol. Biokhim. Pitan.* 1975, 14, 138-46. (Russ).
- SUMSTOV, B.M. 1975. Effect of age and season of the year on vitamin C and the activity of esterase enzymes of cow milk. *Nov. Biokhim. Fisiol. Vitam. Fermentov* 1972, 94-105 (Russ).
- TEIXEIRA, A.A. October 1981. Process Sugar with 50% less energy. - *Food Engineering.* Cambridge, Mass. U.S.A.
- TSUKISHIMA, Kikai Co. 1983. Concentrating-evaporating apparatus. - *Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 57156001.* 27 Sep. 82.
- UBE INDUSTRIES LTD. 1984. Evaporation concentration of liquids *Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 5916, 501.* 27, Jan 1984.
- VEISSEVRE, Roger
Lactología Técnica
 Acribia: Zaragoza, España 1980
- VIJAVAKHADER, Patel 1984. Composition and packaging of pedha. *Indian J. Dairy Sci.* 1983, 36 (2), 187-91. (Eng).
- WEBB, B.H. 1971. Condensed Products. *Byproducts Milk*, 2nd. Ed. - - 1970, 83-123. (Eng).
- WERRA, Bruno. 1976. Metallurgy and processing of stainless steel - from milk to finished product. *J. Milk Food Technol.* 1974, 37 (12), 612-17 (Eng).
- WORRAL, G.F.P. May 1982. Mechanical vapor recompression conserves energy in citrus juice concentration. *Food Technology U.S.A.*
- VUZVYAK, A.G. 1967. Use of synthetic cleansing agent in the milk - Industry. *Moloch. Prom* 28 (8), 28-30. (Eng).
- ZARKH, S.M. 1970. Effect. of the ration composition during summer feeding of cows on the chemical composition of milk. *Zh., -- Biol.* 1969, 16, 45-9 (Russ).
- ZHIZHIN, V.I. 1971. Intensity of the crystallization of lactose in sweetened condensed milk. *Lenigr. Tekhnol. Inst. Kholod.* 1971, (2), 130-2. (Russ).