

19 300627  
2ef



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUIMICA**

Incorporada a la U.N.A.M.

**OBTENCION DE CONCENTRADOS PROTEICOS POR  
ULTRAFILTRACION DE LECHE DESCREMADA  
Y SUERO DE LECHE**

# **TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A N

**Laura Elena Panero Aguilar  
Gustavo Rodolfo Bustillo Armendariz**

MEXICO, D. F.

1986



## **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

	Pag.
CAPITULO I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	7
CAPITULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Importancia y función de las proteínas en la nutrición humana	8
2.2 Definición, usos e importancia de los concentrados proteicos	15
CAPITULO III. MATERIAS PRIMAS	19
3.1 Composición de la leche	26
3.2 Propiedades físicas de la leche	35
3.3 Microbiología de la leche	59
3.4 Cambios producidos en la leche por almacenamiento y por tratamiento térmico	69
3.5 Suero de leche	73
CAPITULO IV. METODOLOGIA	77
4.1 Equipo	77
a) Ultrafiltración	77
b) Secado	88
CAPITULO V. MATERIAL Y METODOS DE ANALISIS	93
5.1 Descripción de la materia prima	93
5.2 Métodos de análisis	94
5.3 Diseño experimental	99
5.4 Diagramas de flujo	100
CAPITULO VI. RESULTADOS	102
6.1 Análisis bromatológico	102
6.2 Análisis bacteriológico	106
6.3 Balance de materia	107
6.4 Costos	110
6.5 Discusión de resultados	112
CAPITULO VII. CONCLUSIONES	114
ANEXO	115
BIBLIOGRAFIA	119

CAPITULO I  
INTRODUCCION

## I.-INTRODUCCION:

La desnutrición es uno de los más importantes problemas que se le presentan a los gobiernos de todo el mundo, así como a las organizaciones médicas y de la salud públicas, en virtud de las graves implicaciones biológicas y sociales que la desnutrición implica. Datos recientes estiman que más de la mitad de la población mundial sufre de desnutrición crónica a consecuencia de una alimentación que no satisface las necesidades del organismo. (76)

Actualmente la población mundial es de 5 mil millones, pero se estima que en el año 2000 será el doble. (50) De la población actual del globo dos terceras partes, se encuentran en diferentes grados de desnutrición. (10) La carencia más importante está constituida por las proteínas, sobre todo las de origen animal y, como se sabe, la disponibilidad mundial de proteínas de origen animal no está repartida equitativamente. Como se puede ver en la figura 1, los países desarrollados disponen de más proteínas de origen animal que los países en desarrollo.

Aunque el costo de las proteínas de origen animal es más alto que el de las proteínas de origen vegetal, la población de los países desarrollados da cada vez más preferencia a estos productos en su alimentación diaria y eso se debe al aumento general del poder adquisitivo. Observando la figura 2, sobre el aumento general del producto interno bruto (PIB) resulta claro que, en los países desarrollados esta curva es ascendente, mientras que en los países en desarrollo casi no hay cambio en el intervalo entre los años 1950 a 2000.

Esta situación puede ser explicada a la luz de varias investigaciones que plantean el mecanismo siguiente: "La desnutrición crónica de las clases trabajadoras estimula el subdesarrollo económico a través de causar una limitación de la actividad física y mental, o sea de la eficiencia de la productividad, lo que disminuye a la producción y el ingreso, y a su vez condicionan incapacidad para consumir una dieta adecuada, en esta forma, que es un círculo vicioso, se regresa a la desnutrición crónica". (64)

Los países subdesarrollados, o en desarrollo, cuentan con dos terceras partes de la población humana y un 70% de la población mundial de ganado vacuno y búfalos, sólo que estos no son aprovechados en su totalidad; mientras que más del 75% de la producción mundial de carne y leche provienen de los países desarrollados, o sea, de aquellos países cuya población representa una tercera parte de la población mundial. (35) Esto demuestra cla-

Figura 1.-DISPONIBILIDADES DIARIAS POR HABITANTE DE PROTEINAS ANIMALES Y VEGETALES DEL ABASTECIMIENTO ORDINARIO DE ALIMENTOS EN DETERMINADOS PAISES: ( 50 )

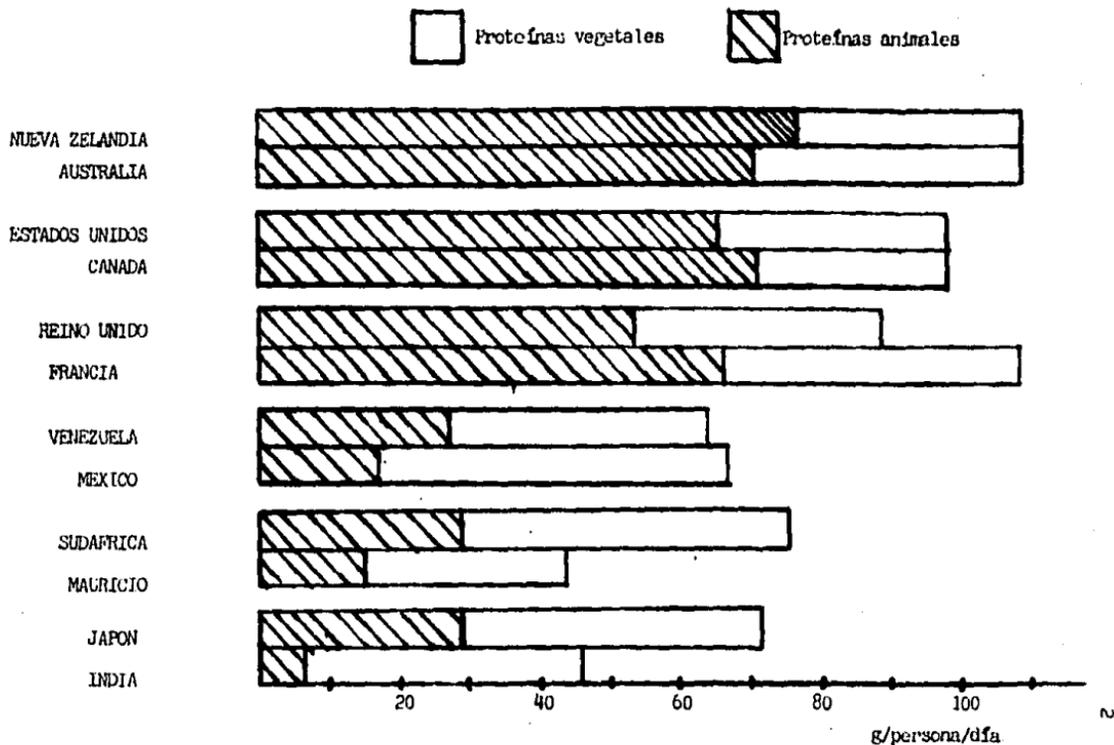
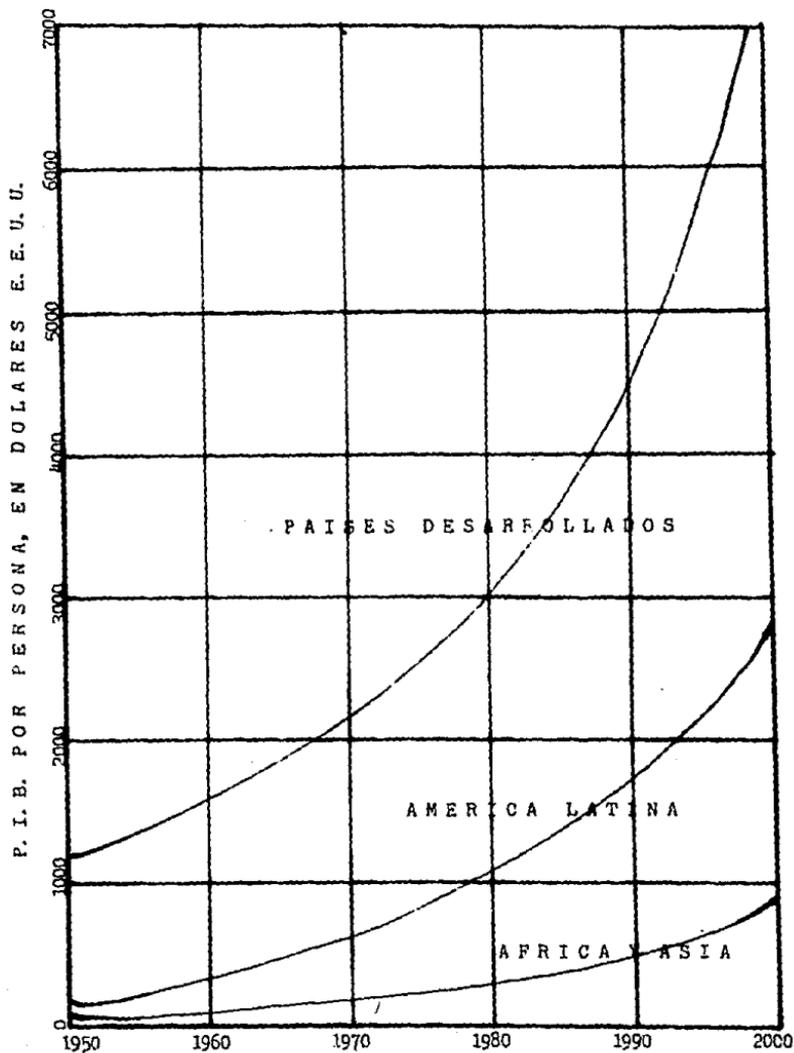


Figura 2.- LA DIFERENCIA CADA VEZ MAYOR DEL PIB. POR PERSONA EN LAS REGIONES AVANZADAS Y EN DESARROLLO DEL MUNDO (35):



ramente que a causa del círculo vicioso citado, la productividad es inversamente proporcional a la explosión demográfica.

El grupo más vulnerable a la desnutrición es el de los niños y desde hace algunos años en el campo de la nutrición se ha considerado que la mortalidad de los niños es el mejor indicador de los problemas nutricionales de un grupo humano. En una población subdesarrollada los niños mueren principalmente por enfermedades diarreicas, bronconeumonía, sarampión y tosferina que son padecimientos que se agravan y causan la muerte sobre todo cuando previamente existe una mala nutrición además de que la desnutrición misma causa muchas muertes. ( 8 )

Debido al aumento constante de la población mundial la tarea de proporcionar alimentos suficientes y de buena calidad a las regiones más afectadas y combatir así la desnutrición, se hace, cada día más difícil.

En México existen tres dietas típicas:

a) La dieta tipo "indígena" basada en alimentos como maíz, frijol y pequeñas cantidades de azúcar, chile y alguna verdura o fruta.

b) La dieta tipo "mestiza" propia de las comunidades semirurales, en la que además de las tortillas y los frijoles se introduce café con leche y pan en las mañanas; sopa de pasta o arroz y carne cocida o guisada a medio día.

c) La dieta tipo "occidental" que incluye con frecuencia en el desayuno jugo de frutas, huevos, café con leche, pan, tortillas y algún cereal; a medio día sopa de arroz, pastas de muy diversos tipos, carne, ensalada, frijoles, postre y en la noche una ración semejante a la del medio día pero en menor proporción.

Se distingue cuatro zonas principalmente en el país clasificadas según el tipo de nutrición que presentan, que son: Zona norte, las costas, centro y sureste (cuadro 1). En estas zonas las dietas más generalizadas son la indígena y la mestiza consumidas por un alto porcentaje de la población y en las cuales se observa que el maíz sigue siendo la base de la alimentación, que existe una deficiencia en calorías, pero más deficiente aun en proteínas, ya que su consumo es más bajo y bastante irregular. Como es sabido ni el maíz ni el frijol, contienen la calidad y cantidad suficiente de proteínas, por lo que es preciso complementar estas dietas con alimentos de mejor calidad proteínica. Sin embargo, éstos alimentos, en muchas ocasiones no están al alcance del sector de bajos recursos y su disponibilidad no es uniforme en el país, por lo que es necesario llevar a cabo un número de estudios enfocados a desarrollar nuevos y mejores alimentos de alto contenido proteínico a base de materias primas de origen vegetal. ( 76 )

Cuadro 1.- PRINCIPALES REGIONES EN MEXICO CLASIFICADAS DE ACUERDO AL GRADO DE NUTRICION (58)

Tipo de nutrición	Zona geográfica	Consumo de calorías	% de adecuación	Consumo de proteínas g/persona/día		% de adecuación
				totales	animal	
Buena	Frontera norte del país	2330	97.1	69	20	53.13
Regular	Costas del Pacífico y Golfo	2124	88.5	60	15	46.20
Mala	Centro del país	2064	86.0	56	10	43.12
Muy mala	Sureste del país	1893	78.8	50	8	38.5

Ingestión de calorías diarias (recomendadas) 2400 cal

Ingestión de proteínas (promedio) 77g /persona/día

Lo anterior implica una búsqueda de nuevas fuentes proteínicas que sean al mismo tiempo de bajo costo y alto valor nutritivo, para lo cual es necesario utilizar al máximo todos los recursos disponibles, los cuales en múltiples ocasiones se desperdician, debido a la falta de técnicas para su aprovechamiento.

¿Cómo se sitúa México en el cuadro mundial?

Según la figura 1, la disponibilidad diaria por persona de proteína total es de 68g y la de las proteínas de origen animal de 15g, datos que sitúa a México dentro de los países en vías de desarrollo. (50) Se tiene que tomar en cuenta que estos datos representan un valor promedio, y que especialmente México es un país multiétnico, con zonas territoriales muy diferenciadas entre sí, con falta de comunicación, que causa aislamiento para algunas zonas, en fin un país con tales características, que una cifra promedio no representa la realidad. Según estadísticas, el territorio de la República se ha dividido en varias áreas según el tipo de alimentación (cuadro 1).

"Las zonas de buena nutrición están escasamente pobladas, mientras que en las zonas de nutrición mala y muy mala hay áreas densamente pobladas, como por ejemplo, el anillo amplio alrededor del Valle de México. Por las características de sus problemas nutricionales, las zonas de mala y muy mala nutrición son comparables a las regiones menos desarrolladas del mundo". (64)

En el desarrollo de la investigación, en alimentos, deben estar siempre presentes los problemas de deficiencia calórica-proteíca. La situación mundial siendo grave, desde el punto de vista nutricional, y siendo las proteínas de origen animal "la clave del problema", deben los científicos buscar, hoy en día, nuevas fuentes proteícas, como por ejemplo, reduciendo los desperdicios durante el procesamiento, transporte y almacenamiento de los alimentos en general, y aumentando la productividad de los productos proteícos de origen animal conocidos actualmente, o sea tradicionales. Los principales productos de origen animal, tradicionales, provienen principalmente de carne, leche y huevo. (10)

#### 1.1 OBJETIVOS:

-Obtener a partir de leche descremada y suero lácteo, concentrados que contengan de 50 a 70% de proteína, utilizando el proceso de ultrafiltración.

-Obtener un producto cuya proteína sea de buena calidad. Con el propósito de agregárselo a los alimentos como fortificador.

**CAPITULO 11**  
**GENERALIDADES**

## II.-GENERALIDADES:

### 2.1 IMPORTANCIA Y FUNCION DE LAS PROTEINAS EN LA NUTRICION HUMANA:

Los nutrientes que tienen más alta prioridad en requerimientos son:

agua,energéticos y proteínas.

Tan cierto es lo anterior,que la carencia de agua determina, a breve plazo,desnutrición aguda,con severa autofagia,acentuado balance negativo de diversos nutrientes Intra y extracelulares,condición que en clínica se conoce como deshidratación;cuando el aporte de agua y electrolitos es suficiente o aceptable,pero el de energía (calorías) no lo es,se origina la desnutrición subaguda,que tarda más tiempo en instalarse;finalmente,el aporte de agua y electrolitos es suficiente y el de energía permite la cobrevivencia,pero si faltan las protefmas , especialmente las de alto valor biológico-se produce la desnutrición crónica,a veces llamada " desnutrición proteica ".( 14 )

El valor calórico que se ingiere con la dieta,debe igualar a la energía gastada como calor y trabajo si es que se quiere mantener el peso corporal estable.Cuando la ingestión calórica es insuficiente,las reservas corporales de grasa y protefna son catabolizadas,y cuando la ingestión es excesiva,da por resultado la obesidad.

La distribución de las calorías entre los carbohidratos,protefnas y grasas de los alimentos,está determinada,por una parte,por factores fisiológicos y por otra,por consideraciones de gusto y economía.En la actualidad se considera deseable una ingestión proteica diaria de 1g/1g de peso corporal para proveer todos los aminoácidos a parte de los esenciales.( 23 )

#### Calidad de las proteínas:

- a)Protefnas animales
- b)Protefnas vegetales

Generalmente las proteínas animales son de mejor calidad que las proteínas vegetales.Se dice que son más completas,ya que contienen todos los aminoácidos esenciales en cantidad suficiente requerida por el organismo,y por esta razón la leche,la carne de res,de aves de corral,de pescado o los huevos,pueden ser considerados alimentos completos.Es recomendable que un adulto reciba un tercio o más de sus proteínas a partir de alimentos que contengan proteínas completas,y si se trata de niños los requerimientos de proteínas completas son mayores.

Aunque la gelatina es una protefna animal es incompleta.Las pro-

teínas incompletas no contienen todos los aminoácidos esenciales. Estas proteínas se encuentran en el reino vegetal, por ejemplo, las proteínas de los cereales son a menudo bajas en lisina y en ocasiones metionina y triptofano.

Una proteína de alto valor biológico es aquella que proporciona todos los aminoácidos esenciales necesarios para la construcción de tejidos.

Suplementación: las proteínas incompletas pueden aumentar su valor biológico si se combinan con otras que suministran a las primeras los aminoácidos faltantes o deficientes.

Para que sea efectiva la suplementación proteica, deberán encontrarse las proteínas que se suplementen en la misma comida.

En áreas del mundo donde la carne, huevo y leche no son abundantes, o no son disponibles, la mezcla de legumbres de bajo costo y cereales pueden suplir las necesidades de proteína. ( 11 )

¿Cómo usa el cuerpo la proteína?

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, constituyendo el 50% o más de su peso seco. Se encuentran en todas las partes de cada célula, ya que son fundamentales en todos los aspectos de la estructura y función celulares. Existen muchas clases de proteínas diferentes, cada una de ellas especializada en una función biológica diferente. ( 41 )

El cuerpo usa la proteína para:

- 1) Construir nuevos tejidos.
- 2) Reparar tejidos.
- 3) Dar energía (un gramo produce 4 calorías).
- 4) Mantener la presión osmótica. En casos de desnutrición bajan las proteínas plasmáticas y el fluido se acumula en los tejidos, esto es llamado edema nutricional.
- 5) Síntesis de anticuerpos (resistencia a las enfermedades).
- 6) Síntesis de enzimas, hormonas, leche.

El exceso de proteína es convertido en conjunto graso en vez de ser almacenado como proteína.

Los factores que afectan los requerimientos de proteína son, principalmente en aquellos casos en que se construyen tejidos:

- a) Crecimiento: el niño necesita más en relación a su peso que el adulto.
- b) Embarazo: especialmente durante los últimos meses.
- c) Lactancia.
- d) Convalecencia: después de una intervención quirúrgica o una enfermedad de desgaste .
- e) Fiebre e infección.

f) Quemaduras.

g) Hipertiroidismo.

Signos de deficiencia de protefmas incluye, pérdida de peso, reducción de resistencia a la infección, insuficiencia hepática, edema nutricional, fácil fatiga y debilidad muscular.

Si las protefmas no se consumen en suficiente cantidad, las células del cuerpo serán usadas para suplir la protefma esencial para regeneración del tejido. ( 33 )

Las toxinas, o sea, sustancias que son extremadamente venenosas para los animales superiores en cantidades muy pequeñas, representan otro grupo de protefmas.

En el cuadro 2 se dan algunos ejemplos representativos de los diferentes tipos de protefmas, clasificados de acuerdo con su función.

#### Requerimiento de protefmas:

Aunque es conveniente hablar de los requerimientos de protefma del hombre, porque la protefma es la vía del nitrógeno en la dieta humana, en verdad el requerimiento no es para protefma como tal, sino más bien por aumentos específicos y proporción de aminoácidos esenciales y no esenciales.

Balance de nitrógeno: la técnica más generalmente aceptada para la evaluación del requerimiento de nitrógeno, es la técnica de balance de nitrógeno. La interpretación de los datos del balance está basado en la premisa de que, en el adulto el equilibrio es alcanzado cuando la suplementación de aminoácidos esenciales y nitrógeno total son adecuados para el reemplazamiento de pérdidas endógenas que ocurren a través del riñón, secreción intestinal, sudor, la descamación de células epiteliales y para la síntesis de tejidos.

El balance de nitrógeno representa la interacción de varios factores: los más importantes son los estados fisiológicos, reservas de protefmas del cuerpo, valor calórico de la dieta y los aminoácidos esenciales y no esenciales provistos en la dieta.

Estado fisiológico y reservas de protefmas en el cuerpo:

Balances fuertemente positivos son característicos del crecimiento del niño o de la mujer durante el embarazo, cuando el crecimiento del tejido fetal es más rápido.

Adultos deficientes de protefmas responden a la dieta de nitrógeno en la misma forma, que es, retención de nitrógeno y balance positivo. Además el balance positivo, reflejará cuantitativamente la cantidad de deficiencia de la protefma, y cuando las reservas de protefma son abastecidas de nuevo, el

Cuadro 2.- CLASIFICACION DE LAS PROTEINAS POR SU FUNCION BIOLÓGICA (41)

Tipos y ejemplos	Localización o función:
<b>Enzimas</b>	
Hexoquinasa	Fosforila glucosa
Lactato-deshidrogenasa	Deshidrogena lactato
Citocromo C	Transfiere electrones
DNA-polimerasa	Replica y repara LNA
<b>Proteínas de reserva</b>	
Ovoalbúmina	Proteína de la clara de huevo
Caseína	Proteína de la leche
Cefina	Proteína de la semilla de maíz
Gliadina	Proteína de la semilla de trigo
<b>Proteínas transportadoras</b>	
Hemoglobina	Transporta O <sub>2</sub> en la sangre de los vertebrados
Mioglobina	Transporta O <sub>2</sub> en el músculo
Seropalbúmina	Transporta ácidos grasos en la sangre
Globulina que liga hierro	Transporta hierro en la sangre
<b>Proteínas contráctiles</b>	
Miosina	Filamentos estacionarios en las miofibrillas
Actina	Filamentos móviles en las miofibrillas
Dinefina	Cilios y flagelos
<b>Proteínas protectoras en la sangre de los vertebrados</b>	
Anticuerpos	Forman complejos con proteínas extrañas
Complemento	Complejos con algunos sistemas antígeno-anticuerpo
Fibrinógeno	Precursor de la fibrina en la coagulación
Trombina	Componente del mecanismo de coagulación
<b>Toxinas</b>	
Toxina de <u>Clostridium botulinum</u>	Origen: envenenamiento bacteriano de los alimentos
Toxina diftérica	Toxina bacteriana
Venenos de serpiente	Enzimas que hidrolizan los fosfoglicéridos
Ricina	Proteína tóxica de la semilla del ricino
Gosipina	Proteína tóxica de la semilla de algodón
<b>Hormonas</b>	
Insulina	Regula el metabolismo de la glucosa
Adrenocorticotrópica	Regula la síntesis de corticosteroides
Del crecimiento	Estimula el crecimiento de los huesos
<b>Proteínas estructurales</b>	
Proteínas recubrimiento viral	Cubierta alrededor del cromosoma
Glicoproteínas	Recubrimientos celulares y paredes
-Queratina	Piel, plumas, uñas, pezuñas
Colágeno	Tejido conectivo fibroso (tendones, huesos)
Elastina	Tejido conectivo elástico (ligamentos)
Mucoproteínas	Secreciones mucosas, fluido sinovial

sujeto se aproxima al equilibrio.

Aún, cuando no hay un déficit marcado de proteína del cuerpo, el balance reflejará la ingestión previa.

El balance inicial negativo en un sujeto colocado en una dieta experimental, indicará claramente que la ingestión previa a la dieta fue más alta que la del régimen experimental, pero no necesariamente indicará que la dieta experimental es inadecuada.

En el humano el ajuste a cambios en la proteína diaria ocurre en pocos días, indicada por una relativamente constante excreción de nitrógeno urinario.

La inclusión de un "período de ajuste" en estudios de balance de nitrógeno, permite la estabilización del nitrógeno urinario total. Bajo estas condiciones los datos del estudio del balance después de tres o cuatro días de ajuste, serán más válidos para estudios con largos períodos de tiempo. (60)

**Ingestión calórica:** si la ingestión calórica es reducida a niveles críticos, entonces ésta, más bien que el nitrógeno, llega a ser el factor limitante en el balance de nitrógeno. Bajo estas condiciones la excreción incrementada de nitrógeno en la orina, refleja una disminución en la retención de nitrógeno, así que es una medida calórica inadecuada y se usa dieta escasa de nitrógeno.

**Aminoácidos esenciales y nitrógeno total ingerido:**

Asumiendo que la ingestión de la energía y nutrientes son inadecuados, el balance de nitrógeno depende de:

- 1) el aumento y la proporción de aminoácidos provistos por la dieta
- 2) la ingestión de nitrógeno total.

El requerimiento de proteína por eso, es una variable que se ve afectada tanto por el nivel de aminoácidos esenciales como no esenciales en la dieta.

Debido a que el requerimiento es variable, se estima que éste depende de la composición del alimento proteico.

El último problema de la nutrición de proteínas es el requerimiento de los aminoácidos esenciales y además la determinación de niveles mínimos de aminoácidos esenciales.

Estudios hechos sobre los requerimientos de aminoácidos, en los que se han usado dietas parcialmente purificadas a las cuales se les incorpora aminoácidos sintéticos, ya que si alguno de los aminoácidos de la dieta es excluido, los sujetos entran en un balance negativo. El aminoácido ausente

es entonces administrado a niveles que se consideren adecuados (0.2-0.6g/10g de proteína). ( 60)

En el cuadro 3 figuran los aminoácidos esenciales en la nutrición humana.

Es extraordinario que todas las proteínas incluso las que ejercen efectos biológicos o tóxicos intensos, estén constituidos por los mismos 20 aminoácidos, los cuales por sí mismos no poseen sino poco o ningún efecto biológico y tóxico. La conformación tridimensional es la que confiere a cada proteína su actividad biológica específica; la conformación por su parte, está determinada por la secuencia específica de los aminoácidos en sus cadenas polipeptídicas. ( 41)

El valor nutritivo de las proteínas de la leche, como el de cualquier otro componente, no puede apreciarse plenamente si se les considera aisladamente. Estas proteínas tienen un efecto suplementario y de enriquecimiento de las proteínas vegetales, sobre todo las de los cereales, que son pobres en lisina. En la lucha contra la desnutrición emprendida en los países en vías de desarrollo, la leche y subproductos son un arma eficaz, especialmente para combatir enfermedades en los niños producidas por la carencia de leche. Pero las proteínas vegetales y las lácteas deben estar estrechamente asociadas en la ración para lograr su plena eficacia; ingeridas por separado, no se suplementa una a otra.

Las proteínas de la leche, sobre todo bajo forma de producto seco, son la causa esencial del gran valor alimenticio de la leche en el mundo actual. ( 2 )

A continuación se enlistan los aminoácidos no esenciales. (41)

Aminoácidos	Simbolos
Alanina	Ala
Arginina	Arg
Asparagina	Asn
Acido aspártico	Asp
Cisteína	Cys
Glutamina	Gln
Acido glutámico	Glu
Histidina	His
Glicina	Gly
Prolina	Pro
Serina	Ser
Tirosina	Tyr

Cuadro 3.-AMINOACIDOS ESENCIALES EN LA NUTRICION HUMANA( 8 )

Aminoácidos esenciales	Cantidad necesaria g/día	Ingestión mínima g/día	
		hombre	mujer
L -fenilalanina	2.2	1.10	0.22
L -metionina	2.2	1.10	0.29
L -leucina	2.2	1.10	0.62
L -valina	1.6	0.80	0.65
L -lisina	1.6	0.80	0.50
L -isoleucina	1.4	0.70	0.45
L -treonina	1.0	0.50	0.31
L -triptofano	0.5	0.25	0.16

## 2.2 DEFINICION, USOS E IMPORTANCIA DE LOS CONCENTRADOS PROTEICOS:

La historia de la utilización de proteínas en forma novedosa se remota a la época de la manufactura de gelatina a partir de huesos y piel, en este siglo la demanda de nuevas proteínas, tecnologías y fuentes de materias primas ocurrió en áreas no alimentarias como las industrias del papel y textiles.

La demanda de nuevas fuentes de proteínas para uso en alimentos es un fenómeno mucho más reciente, es tal vez a partir de los años 50 cuando se comenzó a conocer la importancia de la mala nutrición proteico-calórica. Fue también importante el hecho de demostrar que las proteínas vegetales pueden mezclarse para igualar los valores nutritivos de las proteínas animales; así como también pueden mezclarse proteínas vegetales y animales para complementarse y aumentar su valor nutricional. (72)

A continuación se mencionan algunas mezclas de proteínas que se pueden hacer para igualar el PER de la caseína (2.5): (75)

Mezcla	Relación	PER mezcla	PER Individual
Caseína/trigo	50:50	2.5	2.5/0.9
Concentrado proteico suero/trigo	40:60	2.5	3.2/0.9
Leche desengrasada/aislado soya	50:50	2.5	2.8/1.2
Lactoalbúmina/aislado soya	50:50	2.5	2.9/1.2
Leche descremada/arroz	25:75	2.5	2.8/1.3

La investigación para cumplir con estos desarrollos nutricionales no fué suficiente para satisfacer la demanda. El avance paralelo de tecnologías básicas de productos no alimentarios es importante, procediendo este de fuentes variadas, por ejemplo, en la industria de plásticos se ha trabajado con membranas y fibras que anteriormente han sido utilizadas en la industria alimentaria para la obtención de concentrados proteicos.

El incremento de los precios y demanda de los productos cárnicos, principalmente en Europa y Japón ha fomentado el interés por los concentrados proteicos. Así pues el incremento de producción y demanda de concentrados ha servido para sustituir con un menor precio la cantidad de proteína en los productos alimenticios. El desarrollo de productos que simulen carne, pescado, mariscos o bien sirvan como sustitutos de materias primas caras y de menor disponibilidad ha tenido amplia aceptación. Actualmente existen un gran número de tecnologías adecuadas a este fin, que han sido previamente revisadas y hoy se aplican con gran éxito en varios países.

Los beneficios potenciales ofrecidos por estos productos incluyen

bajo costo, composición controlada de nutrientes y la posibilidad de reducir desechos de producción y con ello los precios, además los concentrados proteicos juegan, actualmente, un importante rol en el incremento de productos proteinizados y su disponibilidad de usos en alimentos depende de su calidad, características y precios, pudiéndose tener usos específicos para cada uno de ellos. ( 72 )

Como se mencionó anteriormente hay una gran variedad de tecnologías y métodos útiles en la obtención de concentrados proteicos, englobadas en dos grandes grupos :

-Métodos químicos dentro de los cuales se encuentran: extracción con solventes, precipitación, etc.

-Métodos físicos dentro de los cuales se encuentra englobada la ultrafiltración, teniendo algunas variantes dependiendo del tipo de membrana y módulo que se utilice,

#### Descripción del producto:

Los concentrados proteicos son solubles, no desnaturalizados, producidos por diversos métodos, a partir de varias materias primas. (15)

Los niveles para considerar a los concentrados proteicos como tales dependen de la fuente de la que sean obtenidos, por ejemplo: ( 51 )

Fuente	Rango (% proteína base seca)
Trigo	60-80
Maz	60-80
Alfalfa	70-95
Soya	70-89
Cacahuete	mínimo 60
Girasol	50-85
Colza	mínimo 57
Papa	70-85
Suero de leche	35-80
Leche	35-85

Debido a sus propiedades funcionales los concentrados pueden ser usados como ingredientes de múltiples alimentos. (75 ) Los concentrados proteicos de lácteos, al ser ultrafiltradas las materias primas, sufren una pérdida parcial de lactosa, lo cual los hace muy deseables para la fortificación y extensión de productos usados en la dieta humana; su solubilidad a rangos de pH bajos los hacen excelentes para las emulsiones y son fácilmente incorporados a una gran variedad de alimentos. ( 16 )

Además de alimentos normales, los concentrados han sido utiliza-

dos en alimentos especiales como fórmulas para infantes, dietas especiales para adultos, formulaciones con densidad óptica alta, dietas post-cirugía, para pacientes con problemas cardíacos, geriátricos e inmovilizados. (73)

En el cuadro 4, se mencionan los valores nutricionales para algunas proteínas. (75)

#### Usos:

Los concentrados proteicos tienen una gran variedad de usos, debido a que presentan una gran variedad de funciones:

Tienen propiedades gelificantes, emulsificantes, espesantes, mejoran la textura y sabor, mejoran nutricionalmente los alimentos, presentan buena solubilidad y tienen resistencia a tratamientos térmicos. (28)

El concentrado proteico de leche se puede utilizar de varias maneras entre las cuales tenemos:

- Emulsificante y estabilizador en cremas para café
- Texturizador en imitaciones de quesos
- Gelificante reemplazando al huevo
- Por su solubilidad a pH ácido en bebidas de frutas naturales
- En caramelos, merengues, bebidas nutricionales, galletas, etc. (75)

El concentrado de suero es empleado como estabilizante en bebidas de frutas, por su capacidad espumante (2 ó 3 veces mayor) como sustituto de la clara de huevo, en helados, productos cárnicos, chocolates, etc. (28)

Además de los usos anteriormente mencionados todos los concentrados pueden ser usados en :

Carnes y pescados procesados, pastas, confitería, panadería, sopas, salsas, aderezos para ensaladas, alimentos infantiles, preparaciones dietéticas, botanas, bebidas en polvo, flanes y pudines, refrescos, formulaciones de leches, formulaciones UHT infantiles, leches procesadas UHT y bebidas no carbonatadas UHT. (51)

La cantidad de usos, mejora de propiedades organolépticas, reológicas y nutricionales, así como la facilidad de producción dan idea de la importancia actual de los concentrados proteicos.

CUADRO 4.- VALORES NUTRICIONALES DE ALGUNAS PROTEINAS:

Proteína	PER(1)	EV(2)	NFU(3)	TD(4)
Leche descremada	2.8	85	82	96
Caseína	2.5	80	72	90
Concentrado proteico suero	3.2	95	84	88
Lactoalbúmina	2.9	94	92	98
Huevo	3.2	94	94	100
Concentrado proteico soya	2.0	—	—	88
Aislado de soya	1.2	74	66	89
Gluten de trigo	0.9	58	37	63
Arroz	1.3	64	57	89

(1) Relación de la eficiencia proteica

(2) Valor biológico

(3) Utilización neta de proteína

(4) Digestibilidad real

CAPITULO III  
MATERIAS PRIMAS

## III.-MATERIAS PRIMAS:

Aunque en un principio jugaron un papel importante en la economía del hombre las leches de casi todas las especies de mamíferos domésticos, la ganadería moderna se interesa principalmente por la leche de vaca, de búfalo, de cabra, de oveja y, en menor grado de yegua y cerda. La producción de leche en gran escala ha quedado reducida con carácter casi exclusivo a las tres especies citadas en primer lugar, y de ellas la vaca ocupa un primerísimo puesto en la mayoría de los países lecheros. Como la composición de la leche de las especies de interés comercial no difiere bastante en su composición centesimal a diferencia de la de búfalo en proteína y grasa y la de oveja y cerda en proteína, y en algunas de sus propiedades físicas las cuales se reflejan de acuerdo a su composición química ( cuadro 5), al hablar de leche en las páginas siguientes nos referimos a la de vaca.

La leche es un líquido que segregan las glándulas mamarias de los mamíferos, es de color blanco aunque este puede variar de acuerdo con la cantidad de grasa y va del blanco al amarillo, es opaca ya que contiene en suspensión partículas de grasa, proteínas y minerales; exclusión hecha del calcio. Su composición y cuantía dependen de varios factores fisiológicos y ambientales. Por ejemplo, las leches obtenidas al principio, en medio y al final del ordeño difieren en su composición y cuantía; las mastitis y ciertos trastornos fisiológicos también influyen sobre la secreción láctea. Por consiguiente, la leche natural se considera generalmente como la secreción completa de la glándula mamaria normal de una vaca sana. (71)

La leche se forma en la células del epitelio que recubren los alveolos o acinis de la mama, que los contiene en gran número; su forma de agruparse y su dispositivo colector varían de una especie a otra. La embriología demuestra que la mama no es otra cosa que un grupo de células sudoríparas modificadas.

En la vaca existe en realidad cuatro glándulas independientes llamadas habitualmente "cuartos" (anterior derecho, anterior izquierdo, posterior derecho y posterior izquierdo), que no tienen en común más que la envoltura cutánea. La mama se encuentra suspendida de la región pubiana del abdomen mediante ligamentos carentes de elasticidad. En otras numerosas especies de mamíferos, las mamas se encuentran separadas y dispuestas simétricamente dos a dos desde la región torácica a la región inguinal.

En la mama de la vaca, los acinis se reúnen en racimos formando los lóbulos; éstos se comunican, por un conducto colector ramificado, con la

CUADRO 5.- COMPOSICION DE LA LECHE DE LOS MAMIFEROS MAS IMPORTANTES:

Mamíferos	Agua %	Ext. seco total %	Grasa %	Proteína %	Lactosa %	Cenizas %
Mujer .....	87.8	12.2	3.8	1.2	7.0	0.2
Vaca .....	87.3	12.7	3.9	3.3	4.8	0.7
Cabra .....	87.6	12.4	3.7	3.3	4.7	0.7
Búfalo .....	76.8	23.2	12.5	6.0	3.8	0.9
Oveja .....	81.6	18.4	6.5	6.3	4.8	0.8
Cerda .....	82.4	17.6	5.3	6.3	5.0	1.0
Yegua .....	90.2	9.8	1.2	2.3	5.9	0.4

cisterna (seno galactóforo) situada en la base de la mama. Esta cisterna desemboca en el sero del pezón por un repliegue de la mucosa. El pezón se abre al exterior mediante un delgado canal único, ocluido por un pequeño esfínter liso. El conjunto forma un reservorio de importante capacidad, estimados en unos 8 litros para la totalidad de los cuatro cuartos de una vaca lechera de tipo medio. Esta confluencia de las secreciones en un colector único no es general; en otras especies de mamíferos no rumiantes, como la mujer o la perra, los tubos colectores desembocan separadamente al exterior por múltiples orificios situados en el pezón.

La mama se encuentra fuertemente irrigada por dos vastas redes capilares, alimentadas por las arterias púbcas externas. El volumen de sangre que pasa por las ubres es grande, del orden de unos 400 litros de plasma sanguíneo por cada litro de leche. Los sistemas venoso y linfático son muy complejos. Es de notar que algunos tipos de células mononucleadas móviles (leucocitos o glóbulos blancos de un solo núcleo) se infiltran normalmente a través de las paredes de los acinis y pasan de esta manera a la leche.

De estos datos se deducen algunas conclusiones importantes en lo que se refiere a la producción de la leche de vaca:

1) La independencia de cada cuarto hace que, frecuentemente, se comprueben diferencias en la capacidad de producción y en la composición de la leche de unos a otros. Estas diferencias son debidas corrientemente a infecciones de la mama, que pueden estar localizadas en un solo cuarto.

2) La existencia de un sistema colector convergente hacia una salida única hace inevitable la difusión de las infecciones a la totalidad del cuarto. La capacidad elevada de la mama hace que, durante el período de repleción, pueda constituir un importante medio de cultivo para diversos microorganismos.

3) La suspensión no elástica de la mama tiene por consecuencia el que toda deformación con alargamiento del órgano sea irreversible, ya sea accidental o debida, por ejemplo, a una práctica defectuosa del ordeño. Este alargamiento se acompaña de una relajación del tejido, que también favorece la infección.

4) El estado del orificio del pezón (meato) reviste también importancia; la "barrera" contra la penetración de los gérmenes puede ser más o menos eficaz. A este respecto, es preciso señalar la diferencia que se aprecia entre la facilidad para el ordeño (el orificio se abre ampliamente) y la protección contra la infección.

5) El enorme aporte sanguíneo que la mama recibe hace que este órgano

actúe como enanteriorio, de modo que por esta vía pueden eliminarse sustancias diversas, así como bacterias. La infección de la mama puede tener un origen "endógeno" (por los gérmenes aportados por la sangre).

b) La migración leucocitaria de la mama a la leche es un hecho fisiológico; no obstante, el número de células que pasan es reducido. La presencia de numerosos leucocitos, sobre todo polinucleares, tiene un significado patológico.

En la figura 3 se muestra un corte esquemático de la mama de vaca. (19)

Los factores fisiológicos que condicionan la cantidad y composición de la leche de vaca son:

a) Etapa de lactación: durante el período de lactación el porcentaje de grasa de la leche suele estar en razón inversa a la cantidad producida de ésta. Es decir, que siempre que la producción es alta, el tanto por ciento de grasa es bajo, y viceversa.

b) Persistencia: este término expresa el grado en que se mantiene el rendimiento lechero a medida que progresa la lactación. Es carácter hereditario que puede verse influido profundamente por el medio ambiente. Tras alcanzar la cifra cumbre de rendimiento, la producción de cada mes debe ser aproximadamente el 90% de la del mes anterior, si la persistencia es satisfactoria.

c) Efecto de la gestación: la coincidencia de una gestación con el período de lactación no parece influir en la composición de la leche. En lo que a la producción total se refiere, se ha calculado que las necesidades del feto y el desgaste energético que para la hembra supone el nuevo embarazo equivalen a unos 200-280 litros de leche.

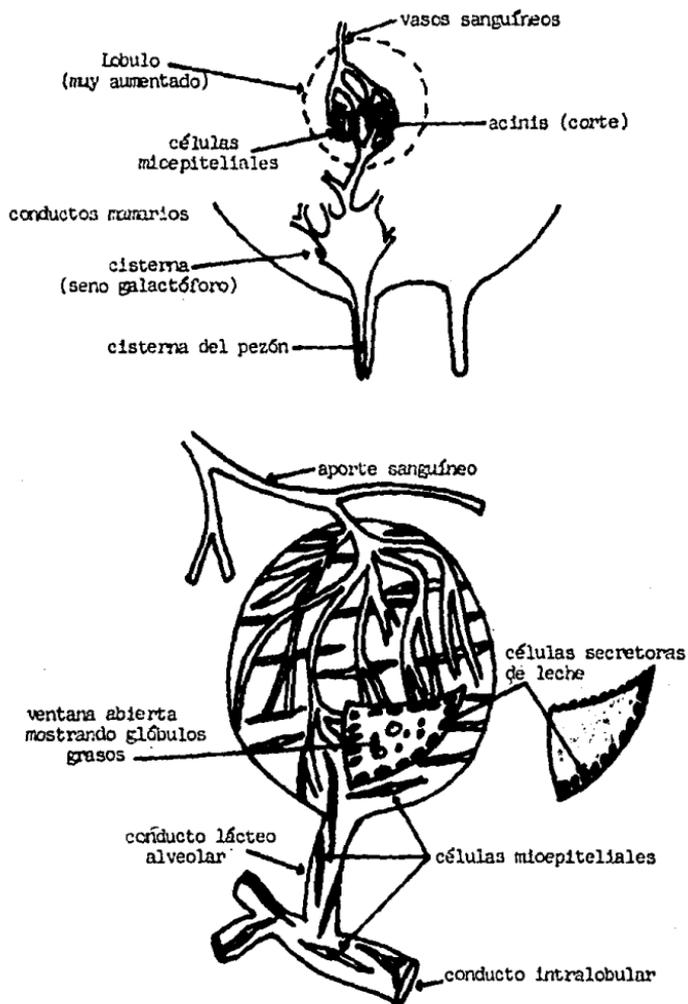
Pese al fuerte estímulo que suponen los repetidos ordeños diarios para la secreción de prolactina, las hormonas de la gestación ejercen un efecto inhibitorio sobre el rendimiento lechero.

d) Leche del principio y final del ordeño: el porcentaje de grasa es mayor en la leche extraída de la ubre al final del ordeño.

e) Edad: a medida que aumenta la edad de las vacas va elevándose la producción de leche hasta que aquéllas alcanzan el estado adulto (6-8 años). A partir de esa edad la producción empieza a declinar, pero a un ritmo menor del que se observa en la etapa de aumento.

A continuación de alcanzar el estado adulto, se observa un ligero descenso en el porcentaje de grasa y de los demás componentes de importancia de la leche. En cambio, el cloruro de sodio, la albúmina y el nitrógeno no proteico aumentan progresivamente su concentración en la leche a medida que

FIGURA 3.- ESQUEMA DE UN CORTE TRANSVERSAL DE LA UERE DE UNA VACA



ALVEOLO DE UNA GLANDULA MAMARIA. SOLO APARECE LA PARTE ARTERIAL DEL ENTRAMADO CAPILAR. ( 13 )

la vaca envejece.

f)Talla: las vacas de gran volumen corporal producen por lo general más leche que las de talla reducida de la misma raza, si bien dicho aumento de la producción no está en razón directa con el peso del cuerpo.

g)Raza: hay factores genéticos, según evidencian diferencias raciales, que accionan mecanismos fisiológicos desconocidos con influencia sobre la cantidad y calidad de la leche.

h)Celo: el efecto del celo sobre la producción de la leche no puede predicirse en una vaca en parturición; no obstante, se puede afirmar que el rendimiento desciende ligeramente. Coincidiendo con esta merma se aprecia una elevación en el porcentaje de grasa.

Los factores ambientales que influyen sobre la cantidad y calidad de la leche son:

Entre los factores externos están, por ejemplo, la técnica del ordeño, plan alimenticio, duración del período en que la vaca se deja secar, número de ordeños diarios y las enfermedades.

1)Duración del período improductivo: la duración del período que una vaca permanece "seca" ejerce notable influencia sobre el rendimiento obtenido en la siguiente lactación. Un período corto de este tipo no da lugar al depósito de las reservas corporales necesarias para el tremendo esfuerzo exigido por el período de lactación inmediato; como consecuencia, las cifras de producción se resienten bastante. Recíprocamente, los períodos demasiado largos de inactividad de la mama disminuirán en rendimiento total correspondiente a la vida del animal. La duración óptima de esta etapa es de unos 60 días.

2)Estado físico en el momento del parto: las vacas desnutridas al producirse el parto rinden menos leche que aquellas otras en buenas condiciones orgánicas. En cambio el estado físico excesivamente bueno no produce regularmente un aumento en el rendimiento.

3)Ordeño antepartum: la extracción de los productos de secreción contenidos en la mama en el período inmediatamente anterior al parto se denomina ordeño antepartum. Se ha afirmado que este ordeño contribuye a descongestionar la ubre, este ordeño priva al recién nacido de buena parte del calostro, de tanta importancia en la primera época de su vida. Por ello, si se considera necesaria la práctica del ordeño antepartum, debe conservarse el líquido extraído de las mamas para administrárselo a la cría a continuación de nacer.

4)Intervalo entre los ordeños: el aumento observado en la producción de

leche como consecuencia de los ordeños más frecuentes se atribuye a la disminución repetida de la presión intramamaria, que se ha demostrado que inhibe la secreción láctea. Por lo tanto, reduciendo más a menudo la presión intramamaria, la secreción se prolonga más tiempo.

5) Temperatura ambiente: la disminución de la producción que se aprecia con temperaturas superiores a los 25°C puede obedecer a una baja en la actividad metabólica como consecuencia de la hipofunción de la glándula tiroides; también mengua el apetito. La combinación de ambos mecanismos da como resultado una disminución en la producción de calor corporal. Y cuando la temperatura es baja, hace falta más energía para mantener el calor orgánico, por lo que la fracción de la dieta destinada entonces a convertirse en leche es menor. El consumo de alimento se ve estimulado por las bajas temperaturas.

6) Estación: es difícil diferenciar la acción de factores como el sistema de crianza, nutrición, temperatura, humedad y ejercicio corporal dentro de lo que estrictamente suele denominarse "efecto de la estación" sobre el rendimiento lechero. El efecto final es indudablemente resultado de la acción de todos estos factores.

Indudablemente hacen falta más estudios para valorar la influencia de la época del año sobre las producciones de leche total y grasa.

7) Medicamentos: ciertos compuestos como la tirosina y la oxitocina, pueden dar lugar a aumentos temporales en los rendimientos tanto de leche total como de grasa. Recientemente se han estudiado los efectos de ciertas hormonas como el estilboesterol y de los fármacos tranquilizantes (sedantes) sobre la producción de leche, pero los resultados no han sido satisfactorios.

8) Alimentación: la práctica de un buen sistema alimenticio es fundamental para conseguir rendimientos máximos de leche de composición uniforme.

9) Enfermedades: es difícil constatar el efecto de la enfermedad, expresadas en líneas generales, sobre la producción láctea sin tener en cuenta las diversas manifestaciones de cada afección en particular. Por lo común los trastornos digestivos y las enfermedades que alteran de manera general el organismo de la vaca reducen la cantidad total de leche producida y elevan el porcentaje de grasa. Las afecciones mamarias, como es la mamitis o mastitis, no sólo disminuyen el volumen total de leche, sino que modifican profundamente su composición. (63)

### 3.1 COMPOSICION DE LA LECHE:

Los principales constituyentes de la leche son agua, grasa, proteínas, lactosa y minerales. La leche además contiene trazas de otras sustancias como son pigmentos, enzimas, vitaminas y fosfolípidos, también contiene gases disueltos y leucocitos. (13)

La heterogeneidad de la leche es conocida por el vulgo; como se sabe, la leche abandonada a la temperatura ambiente se separa progresivamente en tres partes (figura 4):

- La crema: capa de glóbulos grasos reunidos por efecto de la gravedad;
- La cuajada: caseína cuagulada como consecuencia de la acción microbiana;
- El suero: que contiene los productos hidrosolubles y que se separa de la cuajada.

Las modificaciones experimentadas por cualquiera de las partes puede influir sobre el estado de otra. Existe por lo tanto un estado de equilibrio en la leche que puede romperse por acciones diversas, circunstancia en extremo importante para la tecnología lechera.

En la leche se presentan tres fases (fase en un medio heterogéneo, es cualquier parte que constituya una materia homogénea, sea cual sea su estado de división):

- La emisión de materia grasa bajo forma globular;
- la suspensión de caseína, ligada a las sales minerales;
- la solución o fase hídrica que forma el medio general continuo.

Los gases disueltos en realidad no constituyen una fase gaseosa diferenciada.

La distinción de una fase coloidal, que comprendería la caseína y las proteínas llamadas solubles (globulinas, albúminas) no está justificada. Se trata de un sistema heterogéneo.

El estado coloidal no se considera como fundamentalmente diferente del estado cristaloidal (soluciones verdaderas de sustancias cristalizables de bajo peso molecular). Cuando el tamaño de las moléculas en solución se vuelve cada vez más grande, las propiedades aparecen cada vez más señaladas, pero no hay discontinuidad. Las proteínas solubles de la leche pertenecen al tipo de los coloides macromoleculares y poseen una gran afinidad por el disolvente, en este caso el agua; pero se debe considerar que su estado físico es la solución. Por el contrario, se puede diferenciar el estado micelar que corresponde a la agregación de varias moléculas en una misma partícula. Por otro lado, tales partículas pueden separarse más fácilmente y completamente que las moléculas de las proteínas solubles.

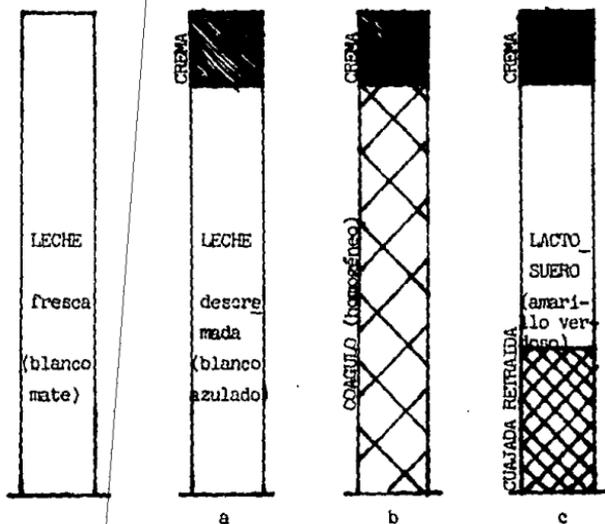


FIGURA 4.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LAS MODIFICACIONES QUE EXPERIMENTA LA LECHE ABANDONADA A LA TEMPERATURA ORDINARIA:

La fase hídrica puede considerarse como formada por el conjunto de sustancias disueltas en el agua, cualquiera que sea el tamaño de sus moléculas (incluidas las proteínas solubles), o únicamente por las sustancias de bajo peso molecular: principalmente la lactosa y las sales que constituirán la solución verdadera.

Esta fase está representada, más o menos completamente, por los lactosueros, que pueden obtenerse de diversas formas. La aplicación de métodos físicos no desnaturalizantes, permite separar el lactosuero original; la separación completa de las proteínas solubles es difícil.

La fase hídrica, reducida a la solución de moléculas pequeñas, tiene una propiedad importante: la constancia de su composición molecular. La cantidad total de moléculas no disociadas y de iones, en la unidad de volumen, varían muy poco. ( 3 )

Las cantidades de los principales constituyentes de la leche pueden variar considerablemente entre vacas de diferentes razas y entre vacas de una misma raza.

#### GRASA DE LA LECHE:

Si la leche se deja reposar, aparece una capa de crema en la superficie. La crema difiere considerablemente en apariencia, de la leche descremada del fondo. Bajo el microscopio se observa que la crema consta de una gran cantidad de esferas de diferentes tamaños flotando libremente en la leche. Estas esferas están rodeadas por una fina capa.

Estas pequeñas esferas son glóbulos de grasa y la capa está formada por proteínas y fosfolípidos. La principal función de esta capa es proteger la grasa de las enzimas presentes en la leche.

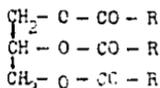
Los glóbulos de grasa son las partículas más grandes de la leche, sus diámetros varían de 0.1 a 20  $\mu$ m. El promedio de tamaño es de 3 a 4  $\mu$ m y hay aproximadamente de 3000 a 4000 millones de glóbulos de grasa en un mililitro de leche entera.

El tamaño de los glóbulos de grasa es importante en la industria procesadora de leche. Por ejemplo, al tener glóbulos muy grandes será más fácil la separación de la grasa y producir leche descremada, estos glóbulos dan buenos resultados en los procesos de obtención de mantequillas. ( 2 )

En la leche se encuentran tres clases de sustancias asociadas:

a) La materia grasa propiamente dicha, constituida por triglicéridos, que suponen alrededor del 98% del conjunto.

Los triglicéridos son ésteres del glicerol y de ácidos grasos alifáticos. Los radicales ácidos R pueden ser idénticos o diferentes.



La naturaleza de los ácidos grasos R y sus proporciones respectivas diferencian los diversos cuerpos grasos y determinan sus propiedades. La materia grasa de la leche presentan tres caracteres distintivos:

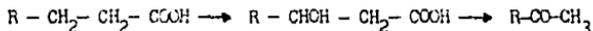
- Gran variedad de ácidos grasos;
- proporción de ácidos saturados igual a 2/3 y de ácidos no saturados 1/3, como término medio;
- proporción elevada de ácidos volátiles de bajo peso molecular y, en especial, de ácido butírico en la leche de los rumiantes; como consecuencia el índice de saponificación es alto.

En el seno de una misma especie, la composición de la grasa de la leche varía poco según la raza y mucho según la naturaleza de la alimentación. Pero los tres puntos anteriormente citados no se modifican.

En el cuadro 6 se presentan los principales ácidos grasos de la leche de vaca clasificados según su estructura química, diferenciándose principalmente los ácidos saturados de los no saturados. ( 3 )

Los ácidos grasos saturados generalmente tienen un número par de átomos de carbono, y el punto de partida de su síntesis es el ácido acético ( $C_2$ ). Los ácidos de número impar de átomos de carbono tienen probablemente su origen en el ácido propiónico ( $C_3$ ). Desde el punto de vista de sus propiedades químicas, los ácidos saturados son poco reactivos. Se han estudiado dos modificaciones que se pueden presentar en los productos lácteos:

-Bajo la acción de los mohos: oxidación sobre el grupo metil- $\beta$  y descarboxilación con formación de  $\alpha$ -metil-cetona



-Los ácidos saturados pueden desaturarse o desnitrógenarse bajo la acción de bacterias y mohos, con la aparición de dobles enlaces.

Los ácidos grasos insaturados se encuentran en gran variedad en la leche y presentan de uno a seis dobles enlaces, pero tan sólo uno se presenta en proporción importante: el ácido mono-insaturado de  $C_{18}$ , o ácido oleico, que constituye las 3/4 partes de los ácidos de esta categoría.

La proporción de ácidos insaturados varía con la alimentación. Son los lípidos vegetales los que constituyen la fuente de los ácidos con  $C_{18}$  o menos.

CUADRO 6.- PRINCIPALES ACIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA CLASIFICADOS SEGUN SU ESTRUCTURA QUIMICA:

Categoría	Acido graso	Número de átomos de carbono	Proporción %	Estado físico (temperatura de fusión,	
I. ACIDOS SATURADOS					
$CH_3-(CH_2)_{n-2}-COOH$					
a) Volátiles solubles .....	Butírico	$C_4$	5 a 6	Líquido (- 8°)	
	Caproico (poco soluble)	$C_6$		Líquido (- 2°)	
b) Volátiles insolubles .....	Caprílico	$C_8$	5 a 6	Líquido-sólido (+16°)	
	Cáprico	$C_{10}$		Sólido (+ 30°)	
	Láurico(poco volátil)	$C_{12}$		Sólido (+ 40°)	
	c) Fijos .....	Mirístico		$C_{14}$	10
Palmítico		$C_{16}$	30	Sólido (+ 62°)	
		$C_{18}$	10	Sólido (+ 70°)	
	Araquídico	$C_{20}$	1	Sólido	
II. ACIDOS INSATURADOS					
a) Monoenos ( 1 doble enlace): $CH_3-(CH_2)_z-CH=CH-(CH_2)_y-COOH$	Decenoicos	$C_{10}-C_{16}$	5	Líquido	
	Oleico (cis)	$C_{18}$	25	Sólido-líquido (+14°)	
	Vaccénico (trans)	$C_{18}$	5	Sólido (+39°)	
	b) Poliinsaturados no conjugados: $-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2.....COOH$	(dienos)	Linoleico	$C_{18}$	1
(trienos)		Linolénico	$C_{18}$	0.5	Líquido
(tetraenos)		Araquidónico	$C_{20}$	0.3	Líquido
c) Poliinsaturados conjugados: $-CH_2-CH=CH-CH=CH-CH_2.....COOH$		Dieno		1	Líquido
	Trieno y tetraeno			Líquido	

El período de lactación y la edad de la vaca tienen una influencia menos acusada: a medida que una y otra avanzan, se eleva la insaturación de la grasa. Al parecer existen diferencias raciales.

Los enlaces etilénicos confieren una gran reactividad, especialmente importantes son dos reacciones:

-Fijación de oxígeno, con formación de óxidos de sabor muy desagradable;

-Fijación de yodo, que constituye el principio del método usual para expresar el grado de insaturación. El índice de yodo varía sensiblemente en relación con la proporción de ácidos insaturados.

Algunos de los ácidos poliinsaturados no conjugados se han considerado como esenciales al organismo animal en razón de que este no puede sintetizarlos. Parece ser que el único ácido graso indispensable es el linoleico. Por otra parte estos ácidos tienen actividad bacteriostática, especialmente sobre los gérmenes de la putrefacción.

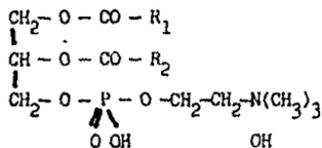
La materia grasa pura es blanca; el color amarillo de la grasa de la leche se debe a los carotenos.

Como todas las grasas ordinarias, la de la leche es insoluble en agua, poco soluble en alcohol y muy soluble en los disolventes orgánicos, éter de petróleo, benceno, acetona, etc. Pero estos disolventes no alcanzan a la grasa en su estado globular nativo.

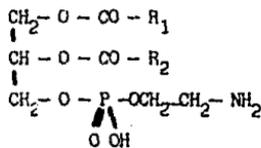
b) Los fosfolípidos (grasas fosforadas): 0.5 a 1% de la grasa.

La leche contiene pequeñas cantidades de grasas fosforadas y aminadas. Estos glicerofosfátidos constituyen lo que se llama lípidos polares por oposición a los triglicéridos, que forman los lípidos neutros.

Su estructura se aproxima a la de la materia grasa propiamente dicha, pero una de las funciones del glicerol está esterificada con el ácido fosfórico, el cual a su vez, está ligado a una base orgánica nitrogenada.



Lecitina



Cefalina

En la leche se encuentran tres sustancias de este tipo, con la siguiente proporción media:

Lecitina = 30                      cefalina = 45                      esfingomiolina = 25

Los ácidos grasos  $\text{R}_1$  o  $\text{R}_2$  pueden ser saturados o no, pero son siem-

pre de  $C_{12}$  o más.

Estos cuerpos son intensamente hidrófilos (fuerte capacidad de absorción de agua). Forman un puente entre la fase grasa y la acuosa y se encuentran en la leche desnatada, en la crema y en la mantequilla.

La lecitina es un excelente agente emulsificante; en la leche contribuye a hacer más estable la suspensión de la materia grasa; es uno de los componentes de la película adsorbida en la superficie de los glóbulos de grasa. Posee un grupo ácido  $-OH$  libre y un grupo nitrogenado básico. Se puede combinar con sustancias ácidas o básicas diversas. En la leche, la lecitina se une a las proteínas y al colesterol.

c) Otras sustancias insaponificables, diferentes de las precedentes desde el punto de vista químico, pero insolubles en el agua y solubles en las grasas: alrededor del 1%, entre estas sustancias tenemos vitaminas y pigmentos.  
(22)

#### PROTEINAS DE LA LECHE:

Las proteínas son una parte esencial de nuestra dieta. Las sustancias nitrogenadas forman la parte más compleja de la leche, la importancia de la parte proteídica de la leche es muy grande por las siguientes razones:

a) Las sustancias nitrogenadas se encuentran entre las más abundantes y aunque en la leche de los ruminantes los lípidos se hallan aproximadamente en la misma proporción, en las otras leches constituyen la fracción dominante.

b) Las propiedades físico-químicas más importantes de la leche, especialmente relacionadas con su estabilidad, derivan de la presencia de prótidos.

c) Desde el punto de vista nutritivo, los prótidos constituyen la parte más importante de la leche.

d) Algunas proteínas del lactosuero tienen actividades biológicas: enzimas, inhibidores, anticuerpos. Las proteínas de la leche, como las de la sangre, son características de cada especie por sus propiedades inmunológicas.

Las proteínas de la leche se caracterizan por un elevado peso molecular, comprendido entre 15000 y 20000, y por un conjunto de propiedades que se derivan de esta característica y de la estructura peptídica. No atraviesan las membranas dializables y se precipitan fácilmente de su solución por diversos reactivos, especialmente los ácidos tricloroacético y fosfotúngstico, así como las sales minerales a concentración elevada.

1.-Caseína entera: Es un complejo de proteínas fosforadas y constituye la parte nitrogenada más característica de la leche. La caseína precipita sólo cuando se acidifica la leche hasta pH 4.6 o cuando se encuentra bajo la acción de una enzima específica: la renina, la cual forma la cuajada o cuajo de la leche. Por ello se le ha llamado proteína insoluble de la leche. Se le designa igualmente con los términos caseína isoeléctrica y caseína de Hammarsten (aunque el primero que descubrió claramente su preparación fue Quéverne, en 1841).

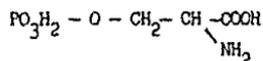
Se considera como una proteína pura y homogénea, en razón de la constancia de su composición elemental: C=52.96, H=7.05, N=15.65, P=0.85, S=0.72 y por diferencia, O=22.78%. En realidad es una sustancia muy heterogénea, a pesar de ello la caseína entera sobre todo la de vaca, tiene mucha importancia desde el punto de vista científico como desde el práctico, por dos razones principales:

a) Es una proteína de preparación fácil; obtenida en condiciones definidas, a partir de la leche de varios animales, presenta una composición y propiedades constantes; se puede pensar que su constitución (en las fracciones  $\alpha$ ,  $\beta$  y K) debe ser también poco variable se utiliza mucho en el laboratorio y en la industria. Por el contrario sus componentes, difíciles de purificar, son aún sustancias rarísimas.

b) La proporción de caseína entera es fácil de determinar por medios analíticos simples, lo que no ocurre con sus componentes. En la leche, la caseína se encuentra incluida en forma de complejo salino en estado micelar, que se comporta como sustancia homogénea en la electroforesis en medio líquido.

En la leche de los rumiantes su contenido medio es de 27 g/l, puede variar en valor absoluto, pero se admite generalmente que la proporción de caseína del total nitrogenado varía muy poco; en las leches normales suele ser alrededor del 78%. Se ha establecido un índice de caseína, cuyo valor desciende por debajo del 77% en las leches anormales, especialmente en las leches mamáticas.

La caseína es la fosfoproteína más extendida, contiene un grupo prostético formado por el éster fosfórico de la serina o de la treonina:



fosfoserina

La forma monoéster ortofosfórico es la única que parece existir en la caseína. Las fosfatasa puras, exentas de proteasas, no liberan más que ácido fosfórico, pero no sustancias nitrogenadas.

La composición de la caseína varía de una especie a otra, como se puede ver en el cuadro 7. En particular, la caseína humana es más rica en azufre, en cistina y en glúcidos que la caseína de vaca. Este hecho se considera como una de las causas de la superioridad de la leche materna en la alimentación de los recién nacidos.

Como todas las proteínas, la caseína puede experimentar la acción hidrolizante de diversas proteasas. En lo que se refiere a la acción del calor, la caseína es muy estable, en comparación con las proteínas del lactosuero. La desfosforilación y la liberación de fragmentos nitrogenados solubles no se produce más que en el curso del calentamiento bajo presión, más allá de los  $120^{\circ}\text{C}$  y durante un tiempo suficientemente largo.

Las proteínas fosforadas de bajo punto isoeléctrico [es definido como aquel valor de pH al que la molécula no posee carga eléctrica y es incapaz de desplazarse en un campo eléctrico (41)], constituyen la mayor parte de la caseína entera (alrededor del 90%) y su síntesis tiene lugar en la glándula mamaria.

Estas caseínas tienen carácter fuertemente ácido debido a la abundancia de grupos carboxílicos libres ( $-\text{COOH}$ ) en los grupos aminados y a la presencia de radicales ácidos fuertes en la molécula (fosfórico y, algunos casos, sílico). Por lo tanto, son electronegativas en los ensayos habituales, emigran hacia el ánodo durante la electroforesis, y pueden separarse por cromatografía sobre cambiadores de iones.

Existen tres clases bien definidas de caseína, a las que pueden añadirse un grupo de componentes menores mal definidos.

- caseína  $\alpha$  }
- caseína  $\beta$  } caseínas sensibles al calcio
- caseína K ( $\kappa$ ), insensible al calcio
- componentes menores

Según las proporciones indicadas en el cuadro 8, las tres caseínas precedentes forman el 85% de la caseína entera; en el resto se encuentran sustancias de naturaleza poco conocida que se comportan como caseínas; son de dos tipos:

- fracción que acompaña a la caseína  $\alpha$ , y puede separarse por cromatografía;
- fracción insensible al calcio, que acompaña a la caseína K. La caseína  $\lambda$  y la caseína M corresponden a esta fracción.

Caseína  $\alpha$  : es la más móvil de entre los componentes importantes de la caseína entera, y la más rica en fósforo; es también la más abundante. Su propiedad más importante es la de ser insoluble en presencia de pequeñas

## CUADRO 7.- COMPOSICION DE DIFERENTES CASEINAS ENTERAS :

(% en producto seco)

	Nitrógeno	Fósforo	Azufre	Osas	Osaminas	Acidos(1) siálicos
De vaca	15.7	0.85	0.72	0.36	0.35	0.36
De oveja	15.8	0.86		0.33	0.24	0.09
De cabra	15.7	0.77		0.39	0.31	0.13
Humana	15.0	0.60	1.10	2.5	2.2	0.80

(1) En ácido N- acetilneuramínico, FM = 309

## CUADRO 8.- COMPONENTES DE LA CASEINA ENTERA DE VACA:

componentes	variantes genéticas	proporcion aproximada	peso moleculare	pHi (#)	solubilidad + 0.03 M Ca		fósforo %	cistina %	glúcidos %	similitudes
					4°	25°				
A. Proteínas fosforadas de carácter ácido: CASEINAS.										
1. Caseína $\alpha$ s	A B C	40	23.700	4.7	-	-	1.0	0	0	$\alpha_1$ - $\alpha$ R
2. Caseína $\beta$	A B C	30	24.200	4.9	+	-	0.6	0	0	
3. Caseína K	?	15	19.000	5.1	+	+	0.2	1.4	5	$\alpha$ 3
4. Componentes menores:										
a) acomp. $\alpha$ s		5			-	-				
b) acomp. K (caseína $\lambda$ )		3			+	+	1.2			"m"- $\alpha$ 2
B. Proteínas de punto isoelectrico elevado										
1. "Caseína" $\gamma$	A B	3	30.000	6.4			0.1			globulinas
2. Proteína roja			86.000	7.8			0.2	5	7	transferrinas
3. Lactolina			43.000	8.0			0	1	0	
4. Enzimas (proteasas, etc)										indicios

(\*) Punto isoelectrico.

cantidades de calcio ionizado (0.03 M, concentración media en calcio de la leche de vaca), lo mismo a baja temperatura (hacia 0°) que a temperaturas medias (20 a 40°).

Su estructura sólo se ha revelado en parte; la arginina es el único aminoácido N-terminal y la secuencia C-terminal es: (triptófano, leucina)-tirosina-OH. No contiene glúcidos y la cistina estaría ausente; sin embargo, se ha publicado un análisis completo de los aminoácidos de la caseína  $\alpha$  con 0.2% de cistina.

Caseína  $\beta$  : su peso molecular varía de 24200 a 25000; está desprovista de glúcidos y cistina; no es sensible al calcio más que por encima de los 20°; a baja temperatura, permanece en solución en las mismas condiciones en que precipita la caseína  $\alpha$ . Además la caseína  $\beta$  contiene menos fósforo; su punto isoelectrico es más elevado y su movilidad electroforética más débil.

Caseína K: es una fosfoproteína de carácter ácido, las características más sobresalientes de esta proteína son:

- una gran solubilidad, aún en presencia de calcio a concentración relativamente elevada (0.4M)
- poder estabilizante, frente al calcio, para las otras caseínas, a las que incluye en un complejo soluble
- sustrato específico del cuajo.

La caseína K es una glicoproteína que contiene en proporciones sensiblemente equimoleculares tres tipos de glúcidos: un azúcar reductor neutro, la galactosa; un azúcar aminado, la galactosamina; y un glúcido ácido complejo, el ácido sílico en las proporciones medias de 1,3-1,4 y 2,3, respectivamente. Por ese motivo el contenido de nitrógeno de la caseína K (14.3%) es netamente inferior al de las otras caseínas (alrededor del 15.7%).

La determinación de los aminoácidos pone de manifiesto la presencia de cistina y una elevada proporción de hidroxiaminoácidos (12.3%), como puede observarse en el cuadro 9 en el que se da la composición de aminoácidos de las proteínas de la leche. Por lo tanto, en la caseína K existe una acumulación de grupos -OH hidrófilos, lo que explica su gran solubilidad.

La caseína K contiene bastante menos fósforo que las caseínas sensibles al calcio; sin embargo, su punto isoelectrico es del mismo orden, en razón de la presencia de varios residuos de ácido sílico en la molécula, cuyo pK es bajo (alrededor de 2).

Las proteínas de punto isoelectrico elevado son proteínas semejantes a las del plasma sanguíneo y, probablemente no se sintetizan en la

CUADRO 9.- COMPOSICION EN AMINOACIDOS DE LAS PROTEINAS DE LA LECHE:

(% en sustancia seca)

Aminoácidos	Componentes de la leche de vaca							Prótidos totales de la leche de vaca (7)	Caseína entera		
	Caseínas			$\beta$ -lactoglobulina		$\alpha$ -lacto- albúmina (6)	Vaca (2)		Oveja (8)	Humana (9)	
	$\alpha$ s (1)	$\beta$ (2)	K (3)	$\gamma$ (4)	A						B
Acido aspártico	7.59	4.9	7.30	4.0	11.39	10.72	18.65	7.4	7.1	6.93	7.5
Treonina	3.0	5.1	6.64	4.4	5.01	4.79	5.50	4.7	4.9	3.67	4.35
Serina	5.8	6.8	6.09	5.5	3.58	3.31	4.76	6.0	6.3	5.8	4.3
Acido glutámico	20.9	23.2	17.35	22.9	19.12	19.05	12.85	23.9	22.4	20.79	18.3
Prolina	7.8	16.0	8.78	17.0	5.22	5.08	1.98	11.3	11.3	10.89	10.9
Glicina	2.37	2.4	1.31	1.5	1.24	1.55	3.21	2.0	2.7	2.06	1.8
Alanina	3.18	1.7	5.41	2.3	6.7	7.03	2.14	3.5	3.0	3.0	2.8
Cistina (½)	0.2	0	2.8	0	3.4	3.4	6.4	1.8	0.34	1.34	1.90
Valina	5.36	10.2	5.1	10.5	6.11	5.72	4.66	7.0	7.2	6.47	4.85
Metionina	2.44	3.4	1.0	4.1	3.16	3.15	0.95	2.5	2.8	0.65	0.7
Isoleucina	5.16	5.5	6.14	4.4	6.76	6.79	6.80	6.5	6.1	4.4	4.4
Leucina	8.65	11.6	6.08	12.0	15.08	14.96	11.52	10.0	9.2	9.79	10.8
Tirosina	7.11	3.2	7.40	3.7	3.87	3.79	5.37	5.2	6.3	4.76	5.1
Fenilalanina	5.06	5.8	4.07	5.8	3.53	3.49	4.47	4.9	5.0	5.22	3.8
Triptófano	2.13	0.83	1.05	1.2	2.62	2.62	7.0	1.4	1.7	2.25	2.4
Lisina	8.56	6.5	5.76	6.2	11.93	11.62	11.47	7.9	8.2	7.06	3.85
Histidina	2.70	3.1	1.67	3.7	1.63	2.59	2.85	2.7	3.1	2.54	2.15
Arginina	3.74	3.4	4.0	1.9	2.78	2.69	1.15	3.7	4.1	2.6	2.05

(1) Caseína 1, según Hipp y col., 1961.

(4) Según Gordon y col., 1953

(7) Según Orr y Watt, 1957.

(2) Según Gordon y col., 1949.

(5) Según Gordon y col., 1961

(8) Según Jolles y Alais

(3) Según Jolles y Alais, 1961.

(6) Según Gordon y Ziegler, 1955.

(9) Según Alais y Jolles, 1962.

glándula mamaria. En estas proteínas se han encontrado pequeñas cantidades de fósforo; por otra parte, las proteínas del plasma, a las que se parecen, están desprovistas de fósforo; algunos autores las han considerado como impurezas ya que se extraen en pequeñas cantidades de una masa de proteínas relativamente ricas en fósforo.

La caseína  $\kappa$  se le ha atribuido el carácter de globulina por su semejanza con las globulinas inmunizantes del calostro, pero no parece que sea idéntica a ellas. Es preciso hacer constar que esta sustancia se ha revelado como heterogénea, no se sintetiza en la mama.

Se han aislado dos proteínas básicas de la caseína entera, en la que se encuentran en escasa proporción. La proteína roja es una metaloproteína que debe incluirse dentro de las transferrinas o siderofilinas, que fijan reversiblemente átomos de hierro.

La lactolína es una holoproteína que se ha obtenido en estado cristalino.

2.-Proteínas del lactosuero o proteínas solubles: Se trata de una mezcla de holoproteínas (que no contienen más que aminoácidos) y de glicoproteínas (que contienen también glúcidos). Las más abundantes tienen las propiedades de las albúminas y de las globulinas. Se insolubilizan por el calor antes de los 100°C. Una parte de estas proteínas no se sintetizan en la glándula mamaria; normalmente se encuentran en muy pequeñas cantidades (0.6-0.8 g/l, en la leche de vaca).

La  $\beta$ -lactoglobulina es la principal proteína del suero de leche; existen tres variantes genéticas A, B y C; pero no se conocen bien más que las dos primeras. El cuadro 9 revela las mínimas diferencias de composición que existen entre estas dos variantes; la del tipo A posee dos restos suplementarios de ácido aspártico, lo que explica su mayor movilidad en la electroforesis; las otras diferencias se encuentran en el número de restos de valina, glicina y alanina. El peso molecular y los extremos de la cadena son los mismos.

A la temperatura ordinaria, la  $\beta$ -lactoglobulina de la leche no parece ligarse a otras fracciones proteicas; por el contrario, durante el calentamiento forma un complejo con la caseína K. Este complejo es más estable que sus componentes separados; el enlace se hace por un puente disulfurado.

La  $\beta$ -lactoglobulina es el principal portador de grupos sulfhidrilos, que se modifican o separan en el curso de la desnaturalización y que intervienen en la formación del sabor cocido de la leche calentada.

La leche contiene por lo menos dos albúminas que tienen poca semejanza entre sí, a pesar de precipitar conjuntamente y de ser ambas holoproteínas:

a)  $\alpha$ -lactoalbúmina: es un componente original de la leche, sintetizado por la glándula mamaria, pero dos veces menos abundante que la  $\beta$ -globulina. Esta proteína se caracteriza por su bajo peso molecular, 17000, y su contenido muy elevado en triptófano, 7.2%.

b) Sero-albúmina: su peso molecular es de 69000, presenta la misma movilidad electroforética e iguales propiedades inmunológicas que la albúmina del suero sanguíneo.

La leche contiene dos globulinas que presentan grandes analogías con las gamma-globulinas del suero sanguíneo, contienen una parte prostética glucídica y poseen las destacadas propiedades inmunológicas de las gamma-globulinas, que representan una reunión de anticuerpos.

La leche normal contiene muy poca cantidad de estas globulinas; un promedio de 0.6 g/l, o sea, escasamente el 2% de las proteínas totales. Por el contrario en el calostro abundan, hasta 12 g/l el primer día, con objeto de asegurar la transmisión de la inmunidad de la madre al animal joven, ya que en numerosas especies, el recién nacido no posee globulinas anticuerpos.

En la fracción globulina de la leche se encuentra igualmente un inhibidor de la tripsina, que tal vez actúe en la transmisión de la inmunidad, impidiendo la hidrólisis de las globulinas-anticuerpos por las proteasas intestinales.

3.-Las proteosas-peptonas: son sustancias con un volumen molecular intermedio entre el de las proteínas y el de los péptidos. Están unidas al grupo de las proteínas, pero se diferencian de aquéllas por el hecho de no precipitar por calentamiento a 95-100°. Su composición también es distinta; contienen glúcidos en proporciones notables, hasta el 6%, y fósforo; su peso molecular debe ser relativamente bajo, del orden de 10000. Se puede considerar como perteneciente a este grupo la proteína soluble de la membrana de los glóbulos grasos.

No se ha determinado el origen de estas sustancias, que al parecer no se sintetizan en la glándula mamaria. Se han aislado y analizado diferentes sustancias:

a) Proteosa-peptona; parte no dializable del lactosuero isoeléctrico, procedente de la leche calentada a 95°. ( 70 )

b) Proteosa-peptona; sustancia precipitada por el sulfato sódico al 12% en el lactosuero isoeléctrico de la leche no calentada. ( 6 )

c)Sigma-proteosa;sustancia precipitada por el sulfato amónico a semisaturación, en el lactosuero procedente de la leche calentada a 95°.

d)Proteína menor;separada por la precedente,pero a partir del lactosuero de la cuajada calentada a 95°.

e)Componente 5;precipita junto con la caseína cuando se satura la leche (no calentada) con cloruro de sodio;se separa de la caseína a pH de 4.6,por precipitación de esta última.

Ninguna de estas sustancias es homogénea;pero cada una contiene en proporción dominante un componente electroforético correspondiente al componente nº 5 (cuadro 10).La proteína menor contiene además caseína-glicopéptido (mucipéptido que contiene una gran parte de los glúcidos de la caseína).

A tres de las sustancias anteriores se atribuyen propiedades especiales.El componente 5 puede ser la causa del efecto de disminución del volumen del pan que posee el lactosuero utilizado en panadería.La sigma-proteosa es la fracción nitrogenada de la leche que posee mayor acción de superficie (reducción de la tensión superficial).La proteína menor puede constituir el sustrato de la reacción activada por la luz solar,que conduce a la formación de sabores anormales,del tipo de los de oxidación.

Las proteínas del lactosuero forman una fracción muy compleja.Representan un 17% de las materias nitrogenadas de la leche de vaca, en la leche humana,se acerca al 50%.

Las proteínas del lactosuero son ricas en cistina;corrigen así la deficiencia en las caseínas de este aminoácido.El alto valor de las proteínas del lactosuero son suficientes,ya que en la práctica siguen el poco noble destino de la lactosa en ciertas transformaciones industriales.

Las sustancias nitrogenadas no proteicas constituyen una parte escasa,pero que comprende un gran número de sustancias con peso molecular inferior a 500.Estas sustancias son dializables,y permanecen en solución en las condiciones en que se produce la precipitación de proteínas.Su estructura química es muy variada;junto a los aminoácidos libres (ácido glutámico, glicina,lisina y valina) se encuentra urea,creatina,nucleótidos,etc. No parece que existan polipéptidos en la leche.

Debido a la presencia de estas sustancias,así como de vitaminas del grupo B,que son sustancias nitrogenadas,la fracción no proteica tiene un papel importante en la nutrición de las bacterias.

El calentamiento de la leche a temperaturas de esterilización, provoca un aumento considerable del contenido de materias nitrogenadas no proteicas,como consecuencia de la degradación de las proteínas.

CUADRO 10.- PROTEINAS DEL LACTOSUERO:

Grupo	% del total	Carácter de solubilidad		
		MgSO <sub>4</sub> sat.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sat.	Calor(100°)
Proteosa peptona(PP)	19	soluble	soluble	no precipitadas
Globulinas(G)	13	insoluble	insoluble	precipitadas
Albúminas(A)	68	soluble	insoluble	precipitadas
		Componentes electroforéticos (1)	Movilidad	Origen
G	13.0	1 euglobulina	-1.7	sanguíneo
G	13.0	2 seudoglobulina	-2.4	sanguíneo
PP	4.6	3	-2.8	sanguíneo (?)
A	19.7	4 $\alpha$ -lactoalbúmina	-3.6	mamario
PP	8.6	5	-4.5	sanguíneo (?)
A	43.7	6 $\beta$ -lactoglobulina	-4.9	mamario
A	4.7	7 seroalbúmina	-6.5	sanguíneo
PP	5.7	8	-7.8	sanguíneo (?)

(1) Según Larson y Roller<sup>1</sup>; movilidad a pH 8.6, fuerza iónica 0.1.

En la leche de los rumiantes no representan más que una pequeña parte del nitrógeno total, del 5 al 7% como término medio; en la leche humana, es una de las fracciones más importantes y representa de un 15 a 25%, (43)

#### ENZIMAS DE LA LECHE:

La leche contiene varias enzimas relacionadas con el grupo de las albúminas, con las cuales generalmente precipitan. Algunas de estas enzimas se encuentran concentradas en la membrana superficial de los glóbulos grasos y son arrastradas por la crema (reductasa aldehídica, fosfatasa); otras precipitan con la caseína a pH 4,6 (proteasa, catalasa, etc.).

La cantidad de estas enzimas en la leche es escasa; pero su actividad como catalizadores bioquímicos es tal que provocan importantes modificaciones a muy baja concentración. Esta actividad depende estrechamente del pH y la temperatura; la elevación de esta última provoca su destrucción que, en general, es rápida por encima de los 70°.

La importancia de las enzimas de la leche deriva de las siguientes propiedades:

a) Algunos son factores de degradación que tienen importancia tecnológica; los principales son la lipasa, factor de la rancidez; la proteasa, que provoca la hidrólisis de la caseína, etc.

b) Su sensibilidad al calor permite el control del calentamiento de la leche en la zona de las temperaturas de pasteurización.

c) La cantidad de enzima depende, para algunas de ellas, del número de leucocitos o bacterias (productos de excreción) que se encuentran en la leche; de esta manera se puede obtener datos sobre la calidad higiénica de la leche.

d) El contenido de enzimas no es el mismo para todas las leches; esta característica puede ser un medio para distinguir las.

e) Algunas enzimas tienen actividad bactericida, y constituyen por ello una protección, desde luego limitada, de la leche; es el caso de la lactoperoxidasa y la lisozima. ( 2 )

Peroxidasa: Liberá oxígeno de los peróxidos o de cualquier sustancia oxidable. Esta enzima es inactivada si la leche es calentada a una temperatura de 80°C por unos cuantos segundos, se pone de manifiesto en la leche añadiendo un poco de agua oxigenada y un cuerpo aceptador de oxígeno, que pueda actuar como indicador. En la reacción de Storch, la paraafenilendiamina da una coloración azul oscuro. Esta reacción se puede utilizar para controlar la pasteurización alta de la leche (80° durante 1 o 2 minutos); la enzima se

destruye cuando la operación fué correctamente realizada.

**Catalasa:** Descompone el agua oxigenada liberando oxígeno molecular. Determinándose el contenido de oxígeno liberado es posible estimar el contenido de catalasa en la leche, también podemos apreciar la calidad higiénica de la leche; las leches patológicas y las leches anormales (calostro) tienen una actividad catalásica elevada. Cuando aumenta el contenido de leucocitos o en bacterias de la leche, se observa invariablemente una elevación del contenido de catalasa. La leche fresca contiene pequeñas cantidades de esta enzima. La catalasa es destruida por un sistema ordinario de pasteurización a 70-72°C durante 15-30 segundos.

**Fosfatasa:** Tiene la propiedad de descomponer los ésteres fosfóricos en ácido fosfórico y su alcohol correspondiente. La presencia de esta enzima en la leche puede determinarse añadiendo ésteres fosfóricos y un reactivo que cambie de color cuando reaccione con el alcohol liberado. La resistencia al calor de esta enzima es ligeramente superior a la de las bacterias patógenas que pueden existir en la leche. Por este motivo es posible efectuar el control de la pasteurización cualquiera que sea el método empleado (alta o baja). Cuando la fosfatasa se destruye, las bacterias peligrosas lo son asimismo.

Esta enzima se concentra en la crema, se le encuentra en el suero de la mantequilla tras el batido. Constituye una parte importante de la capa adsorbida sobre los glóbulos grasos.

**Lipasas:** Hidroliza los glicéridos a glicerol y ácidos grasos, por lo tanto, es un factor de rancidez. Es una enzima muy sensible al calor, y por encima de los 60° su destrucción es ya rápida (65° durante 2 minutos). La luz solar la destruye rápidamente.

**Reductasa aldehídica:** Se identifica su presencia con la reducción del azul de metileno en presencia de un aldehído (formol); el colorante se reduce a la forma de leucoderivado incoloro; el aldehído es oxidado.

Se destruye por calentamiento a 80° durante 10 segundos. Se encuentra fuertemente asociada con la membrana protectora de los glóbulos de grasa. Esta enzima da lugar a varias reacciones de oxidoreducción.

**Proteasas:** Degrada las proteínas más allá del estado de peptonas, el pH óptimo es de 9.2. Es destruida con un calentamiento de 80° durante 10 minutos.

**Amilasa:** Es la enzima más constante, en proporción, en la leche. Sacarifica el almidón; 100 cc. de leche normal a 25°, hidrolizan 22.5 g de almidón soluble en una hora. Un calentamiento de una hora a 60°, o de 30 minutos a 65°,

la destruye.

**Lisozima:** Son glucosaminidasas, que provocan la hidrólisis del polisacárido que constituye la pared de ciertas bacterias. Desde el punto de vista químico son péptidos básicos.

Facilita la formación de un precipitado en forma de flocúlos de caseína, mejorando su digestibilidad.

Libera en el intestino azúcares aminorados que constituyen factores de crecimiento para el *Lactobacillus bifidus* (gérmen intestinal encontrado en las heces de los niños alimentados con leche materna).

Tiene una actividad bacteriostática sobre numerosas especies bacterianas. ( 3 )

#### SUERO DE LA LECHE:

El suero es la fase acuosa que se separa de la cuajada. Este comprende del 80-90% del volumen total de la leche entera y contiene cerca del 50% de los nutrientes de la leche fresca: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y minerales.

A continuación se muestra la composición aproximada del suero obtenido en la fabricación de quesos y del suero de la manufactura de la caseína. ( 3 )

Constituyentes	Suero de queso % (suero dulce pH 5.9-6.3)	Suero de caseína % (suero ácido pH 4.3-4.6)
Sólidos totales	6.35	6.6
agua	93.7	93.5
grasa	0.5	0.04
proteína	0.8	0.75
lactosa	4.5	4.91
cenizas	0.5	0.8
ácido láctico	0.05	0.4

#### LACTOSA EN LA LECHE:

La leche contiene glúcidos libres, dializables, y glúcidos combinados con las glicoproteínas, no dializables. Desde el punto de vista químico se dividen en :

1.-Glúcidos neutros: lactosa y polióxidos que contienen lactosa y fucosa; pueden encontrarse libres o combinados.

2.-Glúcidos nitrogenados: glucosamina N-acetilada y galactosamina N-acetilada; se encuentran siempre ligados a glúcidos neutros.

3.-Glúcidos ácidos: ácido siálico; ligados siempre a glúcidos neutros o nitrogenados.

La lactosa es el único glúcido libre que existe en cantidad importante en todos las leches; se sintetiza en la mama a partir de la glucosa sanguínea y, en los rumiantes, a partir de ácidos volátiles.

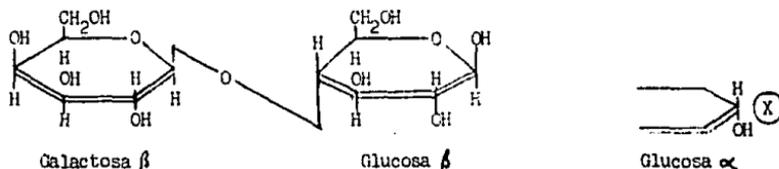
La lactosa es el factor que limita la producción de leche; es decir, que la cantidad de leche producida depende de las posibilidades de síntesis de la lactosa en la mama (es el elemento soluble más abundante y su actividad osmótica es mucho más elevada que la de los otros componentes).

Desde el punto de vista biológico, la lactosa se distingue de los azúcares comunes por su estabilidad en el tracto digestivo y por el hecho de no ser simplemente un glúcido energético. Para los seres humanos y para numerosos animales, la lactosa es, en la práctica, la única fuente de galactosa.

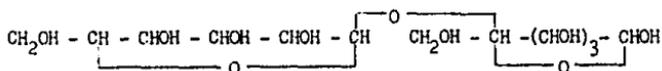
La lactosa es el componente de la leche más lábil frente a la acción bacteriana, transformándose en ácido láctico y en otros ácidos alifáticos.

En la leche de vaca, el contenido de lactosa varía un poco, entre 48 y 50 g/l.

La lactosa es una hexobiosa (galactósido-1-4-glucosa),  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , P.M.=342. Existe bajo dos formas isoméricas:  $\alpha$  y  $\beta$ , que se diferencian únicamente en la posición de un -OH en el carbono (x) de la glucosa.



Fórmula desarrollada de la lactosa;



La lactosa está, por lo tanto, formada por la unión de una molécula de  $\beta$ -galactosa y una molécula de glucosa  $\alpha$  o  $\beta$ . El grupo aldehídico de la primera está unido al enlace y el segundo está libre (en forma pseudoaldehídica).

Por poseer un grupo aldehídico libre, la lactosa es un azúcar re-

ductor; su hidrólisis es bastante difícil, es un azúcar que presenta una cierta estabilidad frente a los agentes químicos. Se precisa la acción de los ácidos en caliente para desdoblarla:



Esta hidrólisis es la primera fase de la fermentación láctica, pero no todas las bacterias son aptas para realizarla a partir de la lactosa.

Por su función aldehídica reacciona con diversas sustancias nitrogenadas: amoníaco, aminas, aminoácidos, etc. No se trata de una reacción simple, sino de un conjunto de reacciones complejas, que se agrupan bajo el nombre genérico de reacciones de Maillard, y conducen a la formación de compuestos condensados y reductores que son pigmentos oscuros.

Está comprobado que estas reacciones tienen lugar en la leche calentada (reacción rápida) y también en la leche en polvo (reacción lenta) durante el almacenamiento, correspondiendo a un envejecimiento bioquímico. Un grupo aminado de la lisina, el  $\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ , reacciona inicialmente con el grupo aldehídico de la lactosa para formar un compuesto fuertemente reductor, en el cual los dos componentes están enmascarados. La lisina pierde así sus propiedades nutritivas de aminoácido esencial. En la leche en polvo, la velocidad máxima de la reacción se observa cuando la humedad relativa es de 60-70%.

Estas reacciones son catalizadas por los metales, como el Fe, Cu, y los fosfatos, y la elevación de la temperatura las acelera considerablemente. Se manifiestan por los fenómenos siguientes:

- descenso de pH,
- liberación de gas carbónico,
- producción de compuestos reductores (reducción del ferrocianuro),
- insolubilización de las proteínas,
- coloración oscura,
- sabor a caramelo.

La lactosa es el componente soluble más abundante de la leche, y constituye la parte esencial del extracto seco de los sueros. En las transformaciones experimentadas por la leche, la lactosa se encuentra siempre en la parte acuosa: leche desnatada (tras la separación de la crema), maza-da o babeurre (tras la separación de la materia grasa de la crema), suero (tras la separación de la cuajada de caseína y materia grasa en quesería), etc. En estos productos, la lactosa se encuentra en la proporción de 40 a

50 g/l. (48)

#### VITAMINAS DE LA LECHE:

a) Vitaminas liposolubles: van asociadas a la materia grasa, su contenido obedece a la influencia de factores exógenos como alimentación y radiaciones solares, por lo tanto son muy variables.

-Vitamina A: la leche y principalmente la mantequilla son unas de las principales fuentes de vitamina A para el hombre. Esta vitamina tiene como precursor al caroteno, forma esterificada con el ácido palmítico.

En la leche se encuentran principalmente los carotenos isómeros  $\alpha$  y  $\beta$ , la vitamina A que deriva de ellos, y pequeñas cantidades de xantófila, escualeno y licopeno.

El caroteno es el colorante de la grasa de la leche. El organismo animal no puede sintetizarlo, pero el hígado lo hidroliza en vitamina A. Por tanto el contenido de vitamina A en la leche varía mucho, ya que existe una gran diferencia entre la alimentación de verano (hierba rica en carotenos) y la de invierno (heno y raíces, muy pobres en carotenos).

-Vitamina D: su formación se debe a la irradiación ultravioleta de ciertos esteroides; por lo tanto el contenido de vitamina en la leche varía con el tiempo de exposición del animal a la luz solar y también a la alimentación.

-Vitamina E: el isómero  $\alpha$  del fitol (componente de la clorofila) es la vitamina E; su contenido en la leche es muy variable, de 0.2 a 1.2 miligramos por litro.

Los tocoferoles (fitol) son cuerpos antioxidantes. Protegen a la grasa y también a los carotenos de la oxidación hasta su propia desaparición. Son sensibles a la acción destructora de los rayos ultravioletas.

Nota: La leche contiene cantidades ínfimas de vitamina K y de ácido tiótico o lipótico.

b) Vitaminas hidrosolubles: se encuentran en la fase acuosa: leche desnatada y lactosuero. La riqueza de la leche en estas vitaminas depende poco de las influencias exteriores; por ello su contenido varía relativamente poco.

-Vitamina B<sub>2</sub> (riboflavina): Es la que comunica al lactosuero su color verdoso. Es un polialcohol nitrogenado. Se encuentra, ya sea libre o asociado a las proteínas y al ácido fosfórico (complejo enzimático en la superficie de los glóbulos grasos).

La leche de vaca contiene como término medio 1.5 mg/l .Es sintetizada por la microflora del rumen.

Interviene en los fenómenos de oxidación que se producen en la leche, particularmente en la destrucción de la vitamina C; interviene también en la formación de sabores anormales. Es la vitamina más sensible a la acción destructora de la luz solar.

-Vitamina PP (ácido nicotínico y su amida, niacina): la amida nicotínica se halla asociada a la riboflavina en varias enzimas de óxido-reducción. El triptófano es un precursor de esta vitamina, y la leche contiene este aminoácido en cantidades notables.

-La leche es una fuente bastante buena de ácido pantoténico; igualmente contiene piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>), esta vitamina interviene en el metabolismo de las proteínas.

-Vitamina B<sub>12</sub> (cobalamina): esta presente en pequeñas cantidades en la leche, pero dada la actividad considerable de esta vitamina, constituye un aporte interesante en ciertas deficiencias (anemias perniciosas).

-Vitamina B<sub>1</sub> (tiamina o aneurina) es una base nitrogenada con función alcohol, pero contiene azufre. Deriva de la pirimidina y del tiazol.

La tiamina existe en la leche bajo formas diferentes: libre, combinada con el ácido fosfórico o ligada a las proteínas. Es el llamado factor antineurítico.

-Vitamina C (ácido ascórbico): es una lactona sin nitrógeno ni azufre. Es sensible a la oxidación y a las radiaciones.

La leche contiene 20 mg/l, esta cantidad disminuye durante la manipulación de la leche en el aire y los tratamientos térmicos. Su destrucción se acelera en presencia de riboflavina o de cobre. El ácido ascórbico actúa en los fenómenos de oxidación de la materia grasa en la leche.

Nota: La leche contiene también otros factores solubles: ácido orótico (vitamina B<sub>13</sub>), colina e inositol.

En el cuadro 11 se presenta la composición vitamínica de la leche. ( 36)

#### MINERALES EN LA LECHE:

Las materias minerales se encuentran en todas las leches en una proporción que varía de 3 a 10 g/l .El cuadro 12 da la composición mineral media de diferentes leches, y los valores extremos para la de vaca. La alimentación de la hembra durante la lactación influye poco sobre el conten-

CUADRO 11.- COMPOSICION VITAMINICA DE LA LECHE(a):

Por 100g (los números entre paréntesis indican las pérdidas en tanto por ciento[b])

	Leche de vaca no descremada						Humana	
	Cruda	Pasteri- zada(c) HISP	Est.erilizada en bote	UHP (d)	Concentrada(f) sin azúcar	En polvo con (puiv.) azúcar		
Vitamina A, U.I. (e)(ac- tividad total) .....	150	150	150	150	375	375	1,150	160
Vitamina D, U.I. ....	2	2	2	2	5	5	5	1.5
Vitamina E, $\mu$ g .....	80							500
Tiamina ( $B_1$ ), $\mu$ g .....	45	42 (7)	30 (35)	42 (7)	67 (40)	103 (10)	310	15
Riboflavina ( $B_2$ ), $\mu$ g ....	150	150	150	150	375	375	1,150	40
Acido pantoténico, $\mu$ g ...	350	350	350	350	875	875	2,700	200
Biotina, $\mu$ g .....	100	100	100	100	250	250	760	170
Vitamina $B_6$ , $\mu$ g .....	1.5	1.5	1.5	1.5	3.4(10)	3.4(10)	10(10)	0.4
Vitamina $B_{12}$ , $\mu$ g .....	35	35	18	35	35(60)	88	265	10
Vitamina C, $\mu$ g .....	2,000	1,800	1000(50)	1800	2000	4300 (15)	13000(20)	4000

(a)Según S.K. KON (excepto la leche humana la vitamina E).

(b)Pérdidas durante el tratamiento, sin tener en cuenta el eventual efecto de la luz durante la conservación

(c)72°C, 15 segundos.

(d)130-140° durante menos de un segundo.

(e)U.I.: unidad Internacional; para la vitamina A, 1 U.I. corresponde a 0.3  $\mu$ g de axeroftol o 0.6  $\mu$ g de caroteno; para la vitamina D, 1 U.I. es igual a 0.025  $\mu$ g.

(f)Nivel de concentración X 2.5.

CUADRO 12.- COMPOSICION DE DIVERSAS LECHES EN MINERALES Y ACIDO CITRICO (1):

	Valor medio en varios tipos de leche ‰					En la leche de vaca		Sangre (plasma bo- vino) ‰
	vaca	cabra	oveja	cerda	humana	Valores ex- tremos (‰)	Molaridad (media)	
Potasio .....	1.6	1.6	1.5	1.0	0.5	1.2 (1.5)- 1.8 (2.2)	0.04	0.2
(K <sub>2</sub> O)	(1.8)	(2.0)	(1.8)	(1.2)	(0.7)			
Sodio .....	0.5	0.4	0.4	0.35	0.16	0.35 (0.47)-1.1 (1.5)	0.02	3.3
(Na <sub>2</sub> O)	(0.7)	(0.54)	(0.54)	(0.47)	(0.2)			
Calcio .....	1.3	1.3	2.3	2.1	0.2-0.4	0.9 (1.3)- 1.6 (2.2)	0.032	0.1
(CaO)	(1.8)	(1.8)	(3.2)	(3.0)	(0.42)			
Magnesio .....	0.14	0.15	-	0.20	0.05		0.005	0.25
(MgO)	(0.2)	(0.25)		(0.32)	(0.08)			
Fósforo .....	1.0	1.0	1.6	1.5	0.15	0.75 (1.7)-1.25 (2.9)	0.032	0.05
(P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	(2.3)	(2.3)	(3.7)	(3.6)	(0.4)			
Cloro .....	1.1	1.5	0.7	-	0.5	0.7 (1.1)-1.65 (2.7)	0.03	3.5
(NaCl)	(1.8)	(2.5)	(1.15)		(0.8)			
Azufre .....	0.3	0.2			0.15			
CO <sub>2</sub> de carbonatos	0.2							
Acido cítrico .	1.8	1.5			0.8	1.2- 2.2	0.01	0.04

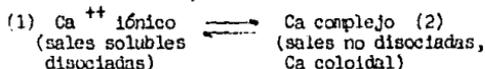
(1) Recopilación de varias fuentes y especialmente de : Guernsey, Journet y Salmon-Lagneur.

do en minerales de la leche, incluso cuando se produce una carencia, cosa frecuente para el fósforo y calcio en las grandes productoras. Esta carencia influye a la larga sobre la producción, que se reduce, pero no sobre la composición mineral de la leche. En estos casos parece existir una actividad secretora especial, ya que es poco probable que se trate de una simple filtración de los minerales de la sangre a la leche. El cuadro 13 muestra, para la vaca, que la composición mineral de la leche, es muy diferente de la de la sangre, con la cual se encuentra en equilibrio en la maza.

Las materias minerales no se encuentran exclusivamente bajo forma de sales solubles, una parte importante se encuentra en fase coloidal insoluble.

El fósforo y el calcio forman lo esencial de la parte minerocoloidal, que es una de las más características de la leche (figura 5); el magnesio contribuye en pequeña proporción. Asociados a estos elementos se encuentra un ácido orgánico, el cítrico. Dos tercios del fósforo y calcio escapan a la solución y forman parte, principalmente, del complejo fosfocaseinato de calcio. En la leche se encuentran también pequeñas cantidades de combinaciones orgánico-fosforadas, como son las lecitinas, ésteres hexa-sosfóricos, nucleótidos y un complejo vitamínico con riboflavina.

La modificación del equilibrio natural entre las dos formas



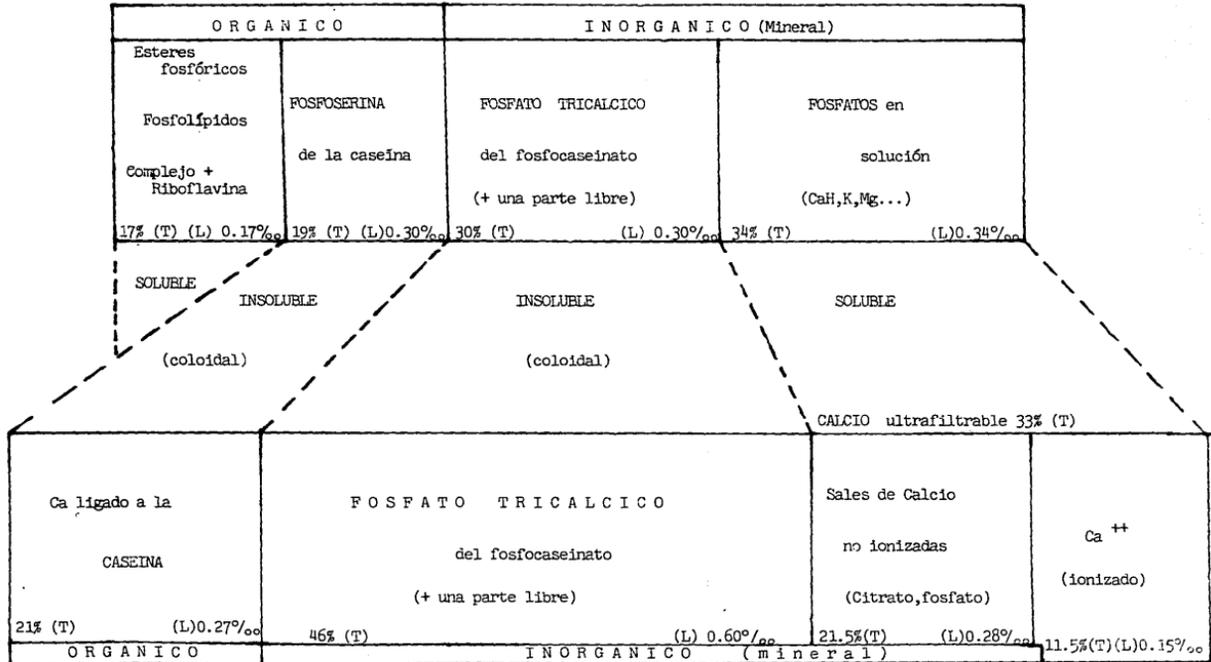
tiene un papel determinante en la estabilidad de la leche. El aumento de la forma (1) corresponde a una mayor inestabilidad, que se pone de manifiesto en el curso del calentamiento o durante la acción del cuajo. El calentamiento tiende a disminuir la forma (1), y si se intensifica excesivamente, puede provocar una precipitación del citrato y fosfato de calcio. La proporción de ácido cítrico, inductor del complejo con el calcio, influye sobre el equilibrio anterior.

Es interesante hacer constar que la leche contiene, en relación con la sangre total, 20 veces más calcio y 4 veces más fósforo. El hecho de que una parte importante de estos elementos se encuentre bajo forma coloidal, con poca influencia sobre la presión osmótica, explica esta sobrecarga.

La leche es una de las más importantes fuentes de calcio en la alimentación humana.

La leche contiene otros minerales en pequeñas cantidades, todos importantes en la nutrición. El cinc es el más abundante de los metales en estado de iones ( $3 \text{ a } 6 \text{ mg/l}$ ).

I. Fósforo (P total = 1°/m de leche)



II. Calcio (Ca total = 1.3 °/oo de leche)

FIGURA 5.- DISTRIBUCION DEL FOSFORO Y DEL CALCIO EN LA LECHE DE VACA.  
(T) % de fósforo o de calcio total  
(L) ‰ de la leche

Los metales pesados, sobre todo el cobre, tienen una acción catalítica; el hierro es menos activo que el cobre, el estaño y el aluminio son prácticamente inactivos. Las proteínas y las lecitinas se combinan con el metal, favoreciendo su solubilización y poniendo en contacto directo el cobre con los glóbulos grasos.

Normalmente, la leche no contiene más que escasos indicios de cobre : 0.12 ppm . Cuando esta cantidad se eleva a 1.5 ppm existe peligro de oxidación rápida. La leche ordinaria debe presentar un promedio de 1.5 a 2.4 ppm de hierro.

El ácido cítrico se encuentra en notable proporción en la leche de vaca (1.8%). Este ácido interviene en el estado de equilibrio del calcio. Probablemente está ligado a este metal en un complejo disociado, en solución saturada. Una parte se encuentra en estado coloidal. ( 25, 26 )

CUADRO 13.- COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LA LECHE:

Componentes	Diámetro medio de los glóbulos (m <sup>u</sup> ) <sup>1</sup>	Estado	Visibilidad
Grasa:			
Tal como se segrega	2500 - 3000	Emulsión	} Fácilmente visible al microscopio
Leche homogeneizada	250	Emulsión	
Caseinato cálcico	5 - 100	Coloidal	} Visibles al ultramicroscopio
Fosfato cálcico	5 - 100	Coloidal	
Lactoalbúminas y lactoglobulinas (proteínas séricas)	5 - 15	Molecular pero con propiedades coloidales	
Lactosa	-	Solución molecular	} Invisibles
Sales minerales	-	Solución iónica	

1 m<sup>u</sup> = milimicra = millonésima de milímetro.

### 3.2 PROPIEDADES FISICAS DE LA LECHE:

Algunas de las propiedades físicas dependen del total de los componentes :densidad,tensión superficial y calor específico; otras dependen de las sustancias disueltas :índice de refracción y punto de congelación; hay otras que sólo dependen de los iones :pH y conductibilidad, o de las sustancias reductoras :potencial redox. ( 2 )

#### ESTRUCTURA:

Según el cuadro 13, la leche es un sistema coloidal (un sistema coloidal está constituido por una fase continua y, por lo menos, una fase dispersa. Las partículas dispersas son mayores que los iones y las moléculas sencillas, pero son lo bastante pequeñas para poder resistir la atracción de la fuerza de gravedad. La estabilidad del sistema depende del movimiento browniano y de las fuerzas de repulsión electrostática existentes en el seno de la fase dispersa), cuya fase continua o medio de dispersión está constituida por una solución acuosa de sales minerales, lactosa y algunas de las proteínas del suero. El caseinato, el fosfato y quizá el citrato cálcico, en distintos grados de asociación, forman la fase dispersa; la grasa láctea es otra fase dispersa más gruesa por el tamaño mayor de sus partículas. Es sistema se establece en el momento de la secreción, lo que no es obstáculo para que la grasa pueda separarse por sedimentación o centrifugación; los compuestos cálcicos, al igual que las proteínas séricas, se separan por ultrafiltración.(13)

#### DENSIDAD:

Su densidad varía de acuerdo a su composición entre 1.028 y 1.034. ( 3 )

#### TENSION SUPERFICIAL:

La presencia en la leche de proteínas y fosfolípidos hidrófilos confiere a esta secreción una tensión superficial inferior a la del agua. Como cifra media puede darse la de 52 Din/cm a 25°C. El descenso progresivo de este valor es indicio de la actuación de las lipasas y de la aparición del enranciamiento en la leche refrigerada. ( 13 )

#### CALOR ESPECIFICO:

El calor específico se expresa como el número de calorías necesarias para elevar 1°, la temperatura de 1 g de sustancia. En el cuadro 14 se presenta el calor específico de la leche y del lactosuero a diferentes temperaturas. ( 2 )

#### PUNTO DE CONGELACION:

El punto de congelación de la leche esta también por debajo del agua, por lo cual la adición de ésta a la leche se refleja inmediatamente en una elevación del punto de congelación. Su valor varía de -0.50 a -0.59°C, depende del contenido de lactosa, proteínas y minerales.

#### CONDUCTIVIDAD ELECTRICA:

La capacidad de la leche para conducir una corriente eléctrica depende de la concentración de ciertos iones, especialmente los del cloro. Esta conductividad varía con la temperatura; normalmente se mide a 25°C, sus valores medios se sitúan entre  $40 \times 10^{-4}$  y  $50 \times 10^{-4}$   $\Omega$ . Esta propiedad ha sido aplicada para descubrir leches mamíferas o que se les ha agregado agua, prohibiéndose la venta de la leche con una conductividad superior a  $60 \times 10^{-4}$  a 25°C. ( 13 )

#### pH:

En leches normales el pH varía de 6.6 a 6.7. El pH de la leche cambia de una especie a otra, dadas las diferencias de su composición química, especialmente en caseína y fosfatos.

El pH representa la acidez actual de la leche; de él dependen propiedades tan importantes como la estabilidad de la caseína.

La acidez de la leche se define como el número de mililitros de hidróxido de sodio 0.1 M requeridos para valorar 100 ml de leche diluida en dos partes de agua destilada y con fenoftaleína como indicador. La acidez se mide en grados Thórner (°Th). Una leche normal tiene una acidez de 15 a 18°Th. ( 3 )

CUADRO 14.- CALOR ESPECIFICO DE LA LECHE Y DEL LACTOSUERO  
A DIFERENTES TEMPERATURAS: cal/g °C

	0°	15°	40°	60°
Leche entera .....	0.92	0.94	0.93	0.92
Leche descremada .....	0.94	0.945	0.95	0.96
Crema con 30% de materia grasa	0.67	0.98	0.85	0.86
Crema con 60% de materia grasa	0.56	1.05	0.72	0.74
Mantequilla .....	0.51	0.53	0.56	0.58
Lactosuero .....	0.98	0.976	0.974	0.97

## POTENCIAL REDOX:

La leche fresca normal tiene un potencial redox (Eh) positivo comprendido entre +0.20 y +0.30 volt [la diferencia de potencial creado por un electrodo de platino colocado en una solución se mide con referencia a un electrodo de calomelanos tomado como patrón. Un valor positivo (pérdida de electrones por el platino) indica las propiedades oxidantes de la solución; un valor negativo (ganancia de electrones) indica las propiedades reductoras]. ( 2 )

### 3.3 MICROBIOLOGIA DE LA LECHE:

Cuando la leche es secretada en la ubre es estéril, al salir de la ubre es infectada por bacterias que se encuentran en el canal de la teta. Estas bacterias son normalmente inofensivas y poco numerosas, entre pocas decenas o cientos por mililitro.

Sin embargo, cuando la ubre se inflama (mastitis) la leche se contamina y es impropia para su consumo.

Una vez ordeñada la vaca, durante la manipulación de la leche, esta puede ser infectada por varios microorganismos, principalmente bacterias. El grado de infección y la población bacteriana dependen de la limpieza de los animales y de los utensilios con que entra en contacto la leche.

Las bacterias contenidas en la leche, se expresan como número de bacterias por ml, están indicadas por orden de importancia en el cuadro 15.

La limpieza y la esterilización del equipo usado son factores decisivo para el contenido bacteriológico de la leche. Para que la leche sea clasificada de primera calidad debe contener menos de 500000 bacterias por ml. ( 3 )

#### BACTERIAS ACIDO-LACTICAS:

Son bacterias esféricas o alargadas, inmóviles, no esporuladas, Gram +, catalasa -. No poseen la citocromo-oxidasa; son anaerobios facultativos o microaerófilos; poco crecimiento en la superficie de los medios de cultivo usuales; crecimiento más fácil en profundidad. No reducen los nitratos. El medio de crecimiento debe aportar una mezcla completa de aminoácidos y factores de crecimiento, especialmente de las vitaminas del complejo B. No existe crecimiento con las sales de amonio como única fuente de nitrógeno.

La actividad proteolítica en la leche es, en general, débil y no se manifiesta más que lentamente. Los disacáridos (lactosa, sacarosa, maltosa) son mejores alimentos que las hexosas de las que están formados (glucosa, fructosa, galactosa).

El ácido láctico producido durante la fermentación no es del mismo tipo para las diferentes especies; algunas dan ácido dextrógiro, otras ácido levógiro y otras, dan ácido racémico inactivo.

Las hexosas se transforman en ácido láctico, en una proporción igual o superior al 90%, por acción de las bacterias lácticas llamadas homofermentativas y al 50% para las llamadas heterofermentativas; estas úl-

CUADRO 15.- CONTENIDO DE BACTERIAS EN LA LECHE:  
(miles de bacterias por ml)

	buena	promedio	mala
Leche en la ubre		0.001- 0.1	
En el canal de la teta		0.1 - 1.0	
En el aire del estable		0.01 - 0.1	
Manipulación de la leche	1-10	10 - 50	50-100
Ordeñadora	1-10	10 - 100	100-5000
Tubería distribuidora	1-10	10 - 100	100-5000
Filtro	1-10	10 - 50	50-100
Bomba y trena	1-10	10 - 10	10-50
Bidón	0.1-1.0	1.0 - 100	100-1000
Tanque de almacenamiento	0.1-1.0	1.0 - 10	10-20
TOTAL	5-50	50 - 500	500-5 millones

timas forman, además gas carbónico (aprox. 25% del azúcar) o, productos neutros (alcohol y glicerol) ; ácidos (acético). En el cuadro 16 se muestra una clasificación de las bacterias lácticas. ( 56)

Los tipos de bacterias ácido-lácticas más importantes en la industria lechera se enlistan en el cuadro 17 , dando los principales datos de las especies mencionadas.

Como se muestra en el cuadro anterior, el Streptococcus diacetilactis y Leuconostoc citrovorum también fermentan el ácido cítrico, produciéndose dióxido de carbono y diacetilo. El dióxido de carbono es producido por las bacterias ácido-lácticas fermentando el ácido cítrico y la lactosa durante la manufactura del queso, éste se va acumulando en huecos, formando agujeros u ojos. El dióxido de carbono da un ligero sabor a la leche con el cultivo (cultivo madre y volumen inicial) y a los productos madurados. El diacetilo formado por la fermentación del ácido cítrico, le imprime un sabor característico a la leche con cultivo y a la mantequilla.

Str. agalactiae es una bacteria ácido-láctica patógena, la cual causa inflamación de la ubre (mastitis) en las vacas. La infección puede ser tratada con penicilina. Estas bacterias mueren durante la pasteurización HTST (calentando a 72°C por 15 segundos).

Un variante del Str. lactis es Str. lactis variedad multiflorus; el cual puede dar un sabor a malta a la leche y a la mantequilla.

Str. thermophilus, como su nombre lo indica, es una bacteria termófila. Esta está presente después de la pasteurización HTST de la leche; crece entre los 40 y 50°C y sobrevive 30 minutos a 65°C.

Lactobacillus helveticus es el bacilo responsable de la maduración del queso Emmental; es añadido a la olla de leche como un cultivo puro. (3)

#### BACTERIAS COLIFORMES:

Las bacterias coliformes son bacilos anaerobios facultativos con una temperatura óptima de 37°C. Se encuentran en el intestino, estiércol, en la tierra, en agua contaminada y en las plantas. Fermentan la lactosa formando ácido láctico, dióxido de carbono e hidrógeno. Tienen una acción proteolítica en la leche, produciendo un fuerte sabor y olor a sucio. Algunas de estas bacterias producen mastitis.

Las bacterias coliformes pueden causar serios problemas en la manufactura de los quesos, ya que producen gran cantidad de gas resultado de una fermentación del queso con un penetrante sabor a sucio.

Esta fermentación ocurre cuando el queso es muy fresco, por ejem-

## CUADRO 16.- CLASIFICACION DE LAS BACTERIAS LACTICAS SEGUN

ORLA-JENSEN:

## A) GRUPO HOMOFERMENTATIVO

Bacterias que solamente forman indicios de productos accesorios junto con ácido láctico, que representa del 90 al 97% de la lactosa fermentada.

I.- Thermobacterium

(Lactobacillus)

- Bastoncitos alargados, aislados o en cadena corta.
- Termófilos (temperatura óptima entre 40 y 50°).
- Acidificantes muy enérgicos, hasta el 2.7% de ácido inactivo o lev.
- Actividad caseolítica notable.

II.- Streptobacterium

(Lactobacillus)

- Bastoncitos cortos, en cadenas.
- Temperatura óptima hacia 30°.
- Acidificación muy lenta, pero acusada (1% y más), ácido inac. o dex.
- Actividad caseolítica.

III.- Streptococcus (género conservado)

- Formas esféricas, cadenas de longitudes diversas, que pueden ser muy cortas en los medios sólidos.

## B) GRUPO HETEROFERMENTATIVO

La producción de ácido es más débil; además del ácido láctico se forman otros ácidos, sustancias diversas y CO<sub>2</sub> gas.

IV.- Bifidobacterium

- Bastoncitos que se ahorquillan en los cultivos viejos.
- Producen ácido acético abundante y ácido láctico dextrógiro.
- Anaerobios; abundantes en las heces de los lactantes.

V.- Betabacterium (Lactobacillus)

- Formas en bastoncitos, producen gas, ácido succínico, etc.
- No actúan sobre la cafeína. Ácido láctico inactivo.

VI.- Betacoccus (Leuconostoc)

- Formas esféricas, pero el ácido láctico producido es levógiro.
- Proceden de los vegetales en descomposición.
- Fermentan las pentosas y descomponen las pectinas.
- Fermentación viscosa con la sacarosa y producción de mufiango.

CUADRO 17.- PRINCIPALES BACTERIAS ACIDO-LACTICAS EN LA INDUSTRIA LECHERA:

Especies	T.óptima °C	T.letal °C	Fermenta la lactosa a ác. cítrico	otras sustancias	Fermenta ác. cítrico a	Observaciones
<u>Str. lactis</u>	25-30	60-70 15min	0.7%	--	--	Usado como cultivo inicial
<u>Str. cremoris</u>	25-30	60-70 15min	0.7%	--	--	Usado como cultivo inicial
<u>Str. diacetylactis</u>	25-30	60-70 15min	0.7%	--	CO <sub>2</sub> , volátiles y diacético	Usado como cultivo inicial
<u>Leuc. citrovorum</u>	25-30	60-65 15min	0.7%	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , volátiles y diacético	Usado como cultivo inicial
<u>Lb. casei</u>	30	70-75 15min	1.5%	--	--	Usado en la maduración de quesos

Nota: Todas presentan actividad proteolítica, a excepción de Leuc. citrovorum.

Str. = Streptococcus

Leuc. = Leuconostoc

Lb. = Lactobacillus

plo, antes de que la lactosa haya sido fermentada por las bacterias ácido-lácticas. El gas es una mezcla de dióxido de carbono e hidrógeno.

Las bacterias coliformes son destruidas durante la pasteurización HTST. Estas son usadas como organismos prueba para un control bacteriológico en las lecherías. Si son encontradas en la leche y en las tuberías después de la pasteurización, significa que la limpieza y desinfección necesitan ser mejoradas.

En la leche se pueden encontrar sobre todo:

-Escherichia coli proveniente principalmente de las materias fecales y de las aguas.

-Cloaca o Aerobacter aerogenes procedente principalmente de las aguas, del suelo y de los vegetales.

#### BACTERIAS ACIDO-BUTIRICAS:

Estas bacterias son muy comunes en la naturaleza. Se encuentran en la tierra, las plantas, en el estiércol, etc. y también fácilmente en la leche. Los forrajes ensilados contaminados con tierra pueden contener alta cantidad de estas bacterias, por lo que la leche puede ser contaminada fuertemente por estos organismos o por sus esporas.

Las bacterias ácido-butíricas son bacilos anaerobios formadores de esporas, con una temperatura óptima de 37°C. No crecen muy bien en la leche, debido a su contenido de oxígeno, pero crecen fácilmente en el queso donde prevalecen las condiciones anaerobias.

El azúcar (lactosa) es fermentado a ácido láctico, el cual es neutralizado por calcio y otros minerales a lactato de calcio. La fermentación a ácido butírico, ocurre durante las primeras semanas después de la fabricación del queso, es causada por las bacterias ácido-butíricas que fermentan los lactatos. Este proceso de fermentación produce grandes cantidades de dióxido de carbono, hidrógeno y ácido butírico. Una vez llevada a cabo la fermentación el queso adquiere una textura poco suave y un sabor ligeramente dulce.

Clostridium tyrobutyricum fermenta los lactatos (sales del ácido láctico), este causa que la fermentación se lleve lentamente y el Clostridium butyricum, fermenta la lactosa y los lactatos y pueden llevar a cabo la fermentación rápida o lentamente en el queso.

Estas bacterias no pueden ser destruidas durante la pasteurización debido a que forman esporas resistentes al calor. Por lo tanto es ne-

cesario utilizar otras técnicas para prevenir la fermentación ácido-butírica.

Una de estas técnicas es agregar salitre (nitrato de potasio) al recipiente que contiene la leche, esto tendrá efecto inhibitor sobre las bacterias. La sal común (cloruro de sodio) posee un fuerte efecto sobre estas bacterias. Un queso salado desde la elaboración de la cuajada muestra poca tendencia a dicha fermentación.

Las bacterias ácido-butíricas son relativamente pesadas por lo que una de las técnicas empleadas para su separación es la centrifugación de la leche.

Finalmente, el crecimiento de dichas bacterias puede ser inhibido si el queso esta almacenado a bajas temperaturas, pero el proceso de maduración del queso se lleva a cabo en un lapso mayor de tiempo.

#### BACTERIAS ACIDO-PROPIONICAS:

Estas bacterias están presentes en el estéril y pueden, después de su siembra obtenerse cultivos puros, utilizándose en la manufactura de los quesos. No forman esporas, su temperatura de crecimiento es cerca de los 30°C, algunas especies sobreviven a la pasteurización HTST. Fermentan los lactatos a ácido propiónico, dióxido de carbono y otros productos.

Los cultivos puros son utilizados en la fabricación de los quesos Emmental y Gruyere, donde son los responsables de los ojos del queso y contribuyen también en el sabor.

#### BACTERIAS DE PUTREFACCION:

Estas bacterias producen la ruptura de las proteínas, hasta amoníaco. Este tipo de ruptura es conocido como putrefacción.

Estas bacterias comprenden un gran número de especies, cocci y bacilli, son anaerobicas y aerobicas respectivamente. Se encuentran en el estéril, forraje y agua. Muchas de ellas producen lipasas, produciendo la ruptura de las grasas.

Bacterium linens forma una capa amarilla-roja en el queso. En la superficie del queso port salut rompe las proteínas durante la maduración y contribuye al aroma.

Otras bacterias de putrefacción que podemos encontrar en la leche o sus productos es Pseudomonas fluorescens, que se encuentra general-

mente en aguas contaminadas y en la tierra. Produce lipasas por lo que no es recomendable en la mantequilla, que es fácilmente contaminada durante el lavado con agua.

Además de lipasas, estas bacterias producen una clase de enzima que actúa como cuajo, por lo que pueden producir la coagulación de la leche (coagulación dulce). En el verano y en el otoño algunas veces se distribuye leche en exceso que es fuertemente infectada por estas bacterias.

Un bacilo anaeróbico, formador de esporas que produce gran cantidad de gas es Clostridium putrefaciens. Esto ocurre durante la fermentación del pienso, agua, tierra y en los intestinos. La leche es fácilmente infectada por esta bacteria o por sus esporas, puede producir una intensa fermentación del queso.

#### HONGOS:

Es un grupo de microorganismos que se encuentran de manera natural en las plantas, animales y seres humanos. Las diferentes especies de hongos varían en estructura, colores y forma de reproducción. Los podemos encontrar redondos, ovalados o fibrosos, las fibras pueden formar una red visible a simple vista, por ejemplo, el moho de la comida. Los hongos se dividen en levaduras y mohos.

#### LEVADURAS:

Son organismos unicelulares de forma espiral, elíptica o cilíndrica. Saccharomices cerevisiae es la levadura utilizada en la elaboración de cerveza, puede tener un diámetro entre 2-8  $\mu$ m y una longitud de 3-15  $\mu$ m.

Crece en un pH medio que va de 3 a 7.5; el pH óptimo es entre 4.5-5.0; su temperatura de crecimiento es entre los 20 y 30°C. Sus células son normalmente destruidas a temperatura entre 52 y 53°C en un tiempo de 5 a 10 minutos. Sus esporas son más resistentes, son destruidas en pocos minutos a 60-62°C.

Pueden crecer en presencia o ausencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno la levadura rompe los azúcares formando alcohol y agua, pero en presencia de este los rompe formando dióxido de carbono y agua. Tienen un mayor crecimiento en presencia de oxígeno.

En la leche se puede encontrar levaduras del género Candida, producen gas y poco o nada de alcohol, son causa de la leche espumosa. También podemos encontrar levaduras esporulantes, como el Saccharomices fragilis y S. lactis que fermentan la lactosa, con producción de alcohol.

Las levaduras forman parte de las floras pegajosas de los quesos de corteza húmeda, especialmente en los de cubierta roja, con bacterias proteolíticas y micrococos.

Son organismos indeseables en los productos lácteos y en la leche, ya que la fermentan, también fermentan la crema y causan serios defectos (olor y sabor) en los quesos y mantequillas.

#### MOHOS:

Son generalmente fibrosos, estas fibras forman un micelio, que puede ser tan pequeño o tan grande que se vea a simple vista.

El micelio frecuentemente es coloreado y se pueden observar las fibras que lo forman. Cada célula de la hifa, mono o polinucleada, contienen diversas sustancias y otras células que viven ahí. Estas pueden ser levaduras, son encerradas en el citoplasma por una pared rígida.

Los mohos son aerobios, su temperatura de crecimiento va de 20 a 30°C. Crecen a un pH entre 2 y 8.5; muchas especies prefieren un pH ácido.

Algunos mohos son sensibles a las sales, la sal común (cloruro de sodio) al 3% inhibe su crecimiento.

Los mohos son destruidos durante la pasteurización HTST. Existen dos especies importantes en la industria lechera:

-Penicillium tiene la propiedad de desdoblar las proteínas y la grasa. Varias especies intervienen en el afinado de diversos tipos de quesos, principalmente P. roqueforti que lleva a cabo la maduración de los quesos azules, y P. camemberti en los quesos de corteza blanca con mohos, como el camembert.

-Moho de leche u Oospora lactis es una especie entre las levaduras y los mohos. Produce una fina capa aterciopelada en la superficie de la leche. Contribuye en la maduración de los quesos suaves y semisuaves; en la mantequilla produce rancidez.

En la superficie de los quesos y mantequillas produce una decoloración y un desagradable sabor. Por esta razón cuando son utilizados en la industria debe tenerse gran precaución y limpieza.

#### VIRUS:

Se encuentran en el estiércol, en la tierra y en el agua. Se encuentran de manera natural en todos aquellos lugares donde existan abundantes bacterias, esto se debe a que son bacteriófagos.

Crecen a temperaturas entre los 10 y los 45°C; son destruidos

entre los 63 y 88°C durante 30 minutos de exposición. Pueden tolerar niveles de pH tan altos como 11 y bajos como 3 sin que empiece su inactividad.

Algunos virus atacan y destruyen a las bacterias ácido-lácticas por lo que impiden una maduración normal en los quesos, el producto terminado se considera arruinado.

La pasteurización de la leche es uno de los métodos empleados para reducir los efectos nocivos que producen los virus sobre los cultivos lecheros. También se puede usar desinfectantes químicos como el hipoclorito de sodio en solución al 0.05%. Los utensilios empleados también pueden ser tratados pero con una solución al 0.1%. (1,3)

### 3.4 CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA LECHE POR ALMACENAMIENTO Y POR TRATAMIENTO TERMICO:

#### -POR ALMACENAMIENTO:

a) Oxidación de la grasa: se trata principalmente de un proceso de orden químico, sin embargo, pueden intervenir algunas enzimas microbianas, como las lipooxidasas.

La oxidación de los ácidos grasos insaturados es la reacción principal; esta oxidación se produce en dos fases:

1.- Período de inducción: la absorción de oxígeno es lenta y limitada, no hay aparición del defecto organoléptico y su duración es variable, según la composición en ácidos grasos poliinsaturados y según diversos factores que se verán más adelante.

2.- Período de oxidación activa: se propaga la reacción, se forman compuestos muy estables y se producen cambios en la estructura de la grasa. ( 2 )

Este tipo de oxidación no sólo se da en los ácidos grasos sino también en las vitaminas liposolubles y en pigmentos (carotenos). Cambia el color de la grasa al oxidarse y el olor típico a rancio. La intensidad y los compuestos que se forman dependen de las condiciones en que se lleve a cabo la oxidación (temperatura, catalizadores, radiaciones, tipo de ácidos grasos, distribución y geometría de las dobles ligaduras, cantidad de oxígeno disponible, etc.).

-Temperatura: después de los 60°C por cada 15° que se aumente la temperatura se duplica la velocidad de oxidación.

-Catalizadores: los metales pesados sobre todo el cobre y el hierro de los recipientes son los metales más activos, provocando un aumento en la velocidad de oxidación.

-Radiaciones: la luz ejerce un efecto fotoquímico debido a las radiaciones ultravioletas.

-Tipos de ácidos grasos: se efectúa más en cadena larga de línea recta, en dobles ligaduras conjugadas.

-pH: la acidez favorece la oxidación (acidez procedente de un principio de lipólisis o de una fermentación láctica) La influencia de la acidez sobre la oxidación puede que sea solamente indirecta, en relación con el desarrollo microbiano (que es más intenso en medio neutro) y el potencial redox, pero no se puede descartar una influencia directa sobre la velocidad de las reacciones de oxidación.

-Oxígeno: las condiciones que favorecen la conservación del oxígeno disuelto causan los defectos de oxidación. El frío actúa de la misma manera.

Se sabe que en invierno estos defectos son más frecuentes que en verano.(13)

b) Lipólisis: la hidrólisis de los triglicéridos, con liberación de ácidos grasos, es el resultado de una acción enzimática.

En las condiciones habituales, la lipólisis es muy parcial, ya que la acumulación de ácidos solubles inhibe la acción enzimática, no obstante, son suficientes cantidades pequeñas de ácido butírico para que el olor a rancio se acuse.

En la leche, la acción de las lipasas se halla limitada por la protección que ofrece la membrana globular. Los tratamientos que la alteran favorecen el enranciamiento (homogeneización, agitación, cambios bruscos y repetidos de temperatura).

Existe un antagonismo entre el defecto enzimático de la rancidez y el defecto químico de la oxidación. Así, la acidez, oxígeno disuelto, los metales Cu, Fe, etc., tienen una acción retardadora sobre la lipólisis, pero favorecen la oxidación.

La liberación de los ácidos grasos provoca una reducción de la tensión superficial, por lo tanto, la aptitud para la producción de espuma aumenta.( 3 )

c) Oxidación de proteínas: otro tipo de defecto en el sabor es el sabor agrio, producido cuando la leche es expuesta a la luz solar. Aunque sea pocos minutos de radiación se provoca la oxidación de los aminoácidos de las proteínas de la leche; las sustancias producidas dan un sabor algo dulce a la leche.( 2 )

-PCR TRATAMIENTO TERMICO:

La leche es sometida a tratamientos térmicos para eliminar microorganismos presentes. Estos tratamientos causan cambios en los constituyentes de la leche. Mientras más alta sea la temperatura y el tiempo de exposición sea mayor, mayores cambios se observaran.

-Grasa: a temperaturas inferiores a los 100°C no sufren ningún cambio; a temperaturas mayores se forman lactonas (a partir de los ácidos de cadena corta), originándose un sabor desagradable, hay también separación de la crema.

-Proteínas: la caseína no sufre ningún cambio a temperaturas inferiores de los 100°C, a temperaturas mayores, existe la degradación de la molécula (desfosforilación y ruptura de enlaces peptídicos) acompañada de modificación del estado micelar de la leche; se provoca la floculación de las suspensiones de caseína a alta temperatura y la floculación y gelificación de la leche.

Proteínas solubles (principalmente  $\beta$ -lactoglobulina), a 70°C aparecen grupos SH activos y compuestos sulfurados libres, desnaturalización e inactivación de aglutininas; se produce entonces un sabor a cocido, un sistema reductor, hay floculación y dificultades para la formación de la crema.

Proteínas solubles y caseína, se forma anafaco, se produce una concentración e insolubilidad de la interzona líquido/aire, se forman complejos caseína K +  $\beta$ -lactoglobulina, trae como consecuencia una influencia sobre el sabor, una de las causas de estabilización por precalentamiento.

-Lactosa: por arriba de los 100°C se produce la descomposición de la molécula con formación de ácidos orgánicos; se produce un descenso del pH, sustancias extraíbles con éter, caramelización y hay influencia sobre el crecimiento de las bacterias lácticas.

Lactosa + proteínas (reaccionan los grupos aldehídicos y aminorados) formándose productos de condensación coloreados (reacción de Maillard); se provoca una disminución del valor nutritivo de las proteínas (principalmente pérdida de lisina), se forman compuestos reductores, descenso del potencial redox, dificultad para la oxidación de las grasas, oscurecimiento.

-Enzimas: la temperatura de inactivación varía según el tipo de enzima, desde los 60 a los 100°C se lleva a cabo la inactivación. Se origina la detención de las actividades enzimáticas, especialmente la lipásica y pro-

teásica. Sirve de control para la pasteurización.

-Vitaminas: la vitamina C y B<sub>1</sub> son las más sensibles al calor provocando su destrucción principalmente en presencia de aire y metales, esta pérdida provoca una baja en el valor nutritivo.

-Minerales: el calor origina una modificación de la capa superficial de las micelas, desplazamiento del equilibrio Ca/ P soluble → Ca/ P Insoluble. Trae como consecuencia un precalentamiento estabilizador, insolubilización de las sales de calcio y descenso del pH, retraso en la coagulación por el cuajo, influencia sobre la estabilización de las micelas.

-Gases: con la temperatura se origina la pérdida de CO<sub>2</sub>, lo que provoca una elevación del pH. (3)

### 3.5 SUERO DE LECHE:

Después de la fabricación de los quesos, o extracción de caseína, queda como subproducto el suero lácteo. Su composición depende del proceso tecnológico seguido en la fabricación de los quesos de los cuáles proviene. Cuando se trata de quesos de coagulación rápida (tipo Cheddar), resulta un suero con pH de 6.0-6.5, llamado suero dulce, que contiene toda la lactosa de la leche (4.0-4.5%) y las proteínas del suero (0.55-0.60%). De los quesos de coagulación lenta (tipo cotage) resulta un suero con pH ácido llamado suero ácido, en el cual la lactosa se ha transformado parcialmente en ácido láctico y una parte de las proteínas del suero se han incorporado a la caseína, debido a la disminución del valor del pH. Se conoce que hay tipos de quesos enriquecidos a propósito con proteínas del suero. ( 62 )

En ambos sueros hay un gran contenido de agua, alrededor del 95% y quedan aproximadamente un tercio de los sólidos de la leche descremada, y en estos sólidos, las proteínas tienen un papel nutricional muy importante. ( 68 )

La relación de eficiencia proteica (PER) de estas proteínas, con respecto a la caseína es de 3.5-4.0 ( 21 ), lo que permite afirmar a varios autores ( 20, 21, 38, 68 ), que el valor biológico de las proteínas del suero vienen en segundo lugar después del de las proteínas del huevo. De un interés especial es el contenido de lisina, treonina e isoleucina y aminoácidos con azufre, lo que hace a las proteínas del suero especialmente valiosas para enriquecer proteínas vegetales de baja calidad, donde justamente estos aminoácidos son los más críticos. El PER de las proteínas del trigo es de sólo 0.5; pero se ha demostrado ( 20 ) que éste valor aumenta a 2.9 si se le adiciona a las proteínas del trigo 8% de un concentrado proteico de suero con 73.6% de proteína.

El otro componente importante del suero, la lactosa, tienen también importancia nutricional, sobre todo para los recién nacidos. La leche humana contiene casi el doble de lactosa que la leche de vaca, esto implica la necesidad de incorporar la lactosa a las leches maternizadas. ( 78 )

La lactosa puede servir como fuente de carbono necesario para el desarrollo de varias bacterias y levaduras ( 80 ) y también de hongos, cuya biomasa constituye una fuente proteica. ( 9 )

De una tonelada de suero se puede obtener 8 Kg de proteína, que aunque tiene un valor nutritivo inferior a las proteínas nativas del suero, es sin embargo equilibrada en tanto a su contenido de aminoácidos indispensables y es también una buena fuente de vitaminas sobre todo del comple-

Jo E. (49 )

La lactosa constituye también un excelente medio de cultivo para los hongos productores de penicilina aumentando de manera importante su producción. (77 )

Mediante la fermentación dirigida del suero se puede también obtener una serie de otros productos, por ejemplo, proteínas (81 ), enzimas ( 7 ), bebidas refrescantes (33 ), alcohol etílico (34 ), vitaminas (81 ) y vinagre (27 ).

El uso del suero entero secado está reemplazando hoy en día el 20-30% de la leche descremada en polvo, en la industria alimentaria de los EEUU (77 ). Sobre todo en la industria panadera, el suero ofrece grandes posibilidades para el mejoramiento del sabor, olor, textura de la masa, incrementando su valor nutritivo, y por su precio, es una materia prima más costeable que la leche en polvo. (79 ) El suero puede también sustituir parcial o totalmente a la leche descremada en los helados, sin que sus propiedades físico-químicas se vean afectadas. (42 )

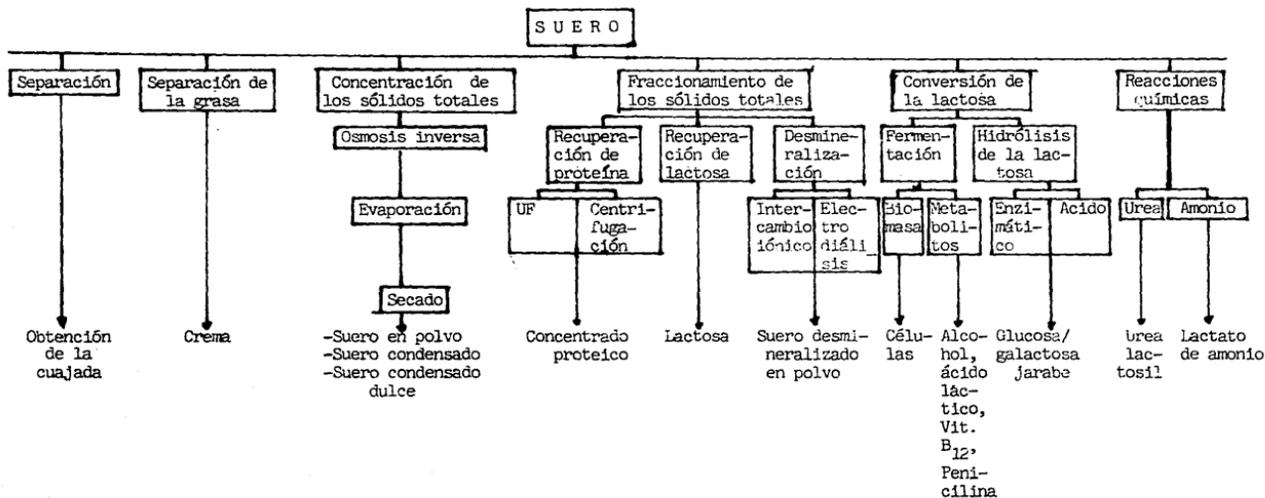
Para enumerar otras posibilidades del empleo del suero lácteo en la industria alimentaria se podría citar: suero entero para enriquecer quesos (62 ), como sustituto de leche (19 ), uso de las proteínas del suero en dulces (65 ), yogurt (31 ), botanas (18 ), enriquecedor de jugo de naranja (67 ), en combinación con soya como fortificadores (77 ), en combinación con colágeno (55 ), etc.

También se debe mencionar que el suero bruto es un excelente alimento para ganado. (30 )

Se ha hablado de la utilidad del suero y de sus aplicaciones en la alimentación humana y animal, en la figura 6 se sintetizan todos los procesos a los que puede ser sometido el suero; pero se debe señalar también otro aspecto, es decir, aquel que se refiere al poder contaminante del suero, por su demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que es de 40000-50000 mg de oxígeno / l, lo que significa que su desecho en los ríos provoca la muerte por asfixia de los peces. (53 ) Este efecto desastroso sobre la ecología a tenido como consecuencia que, en los países de mayor concentración industrial se haya llevado a cabo una presión legal muy fuerte sobre las industrias queseras, con el fin de obligarlas a reducciones drásticas en la DBO de sus afluentes, siendo el suero el principal responsable del elevado valor.

Así pues, estamos ante un problema de doble aspecto; por una parte el desecho de un violento contaminante sobre corrientes fluviales

FIGURA 6.- PROCESOS APLICABLES AL SUERO DE LECHE:(3)



constituye un atentado ecológico en unos momentos como los actuales, en los que la naturaleza se ve seriamente amenazada por los desperdicios del consumo humano y por otra parte el desaprovechamiento de un subproducto que podría ser muy valioso para la humanidad.

Ante este doble problema, desde hace unos 15 años se han buscado soluciones que permitan el aprovechamiento del suero lácteo, como producto entero o como varios subproductos.

Buscando solucionar el problema de la disminución del DBO de los efluentes de queserías, hay varios investigadores de diversos países que han logrado elaborar procesos de membrana a escala industrial. (24)

De interés directo para el aprovechamiento del suero son los siguientes procesos de membrana: ultrafiltración, ósmosis inversa y electrodiálisis. Obteniéndose por un lado el concentrado proteico y por el otro una solución que contiene la lactosa y las sales minerales, lográndose eliminar el 70-90% del agua del suero y reducir la DBO en un 10-15%.

Los procesos de membrana tienen sus problemas de orden técnico, pero ofrecen sin embargo una buena posibilidad, sobre todo a gran escala, para recuperar los compuestos valiosos y al mismo tiempo reducir la DBO de los efluentes. (24)

CAPITULO IV  
METODOLOGIA

## IV.- METODOLOGIA:

## 4.1 EQUIPO:

## A) ULTRAFILTRACION:

Introducción: Dentro de las operaciones de separación, se encuentran los procesos de membrana, los cuales se distinguen porque en todos ellos una solución fluida, formada por dos o más componentes es puesta en contacto en uno de los lados de una membrana, siendo esta permeable a uno o más de los componentes de la solución, pasando a través de la membrana, lográndose así una separación. Para que esto ocurra es necesario la existencia de una fuerza impulsora, que promueva el flujo de materia a través de la membrana. ( 61)

La naturaleza de esta fuerza origina diferentes tipos de procesos de membrana:

-Dialísis, en donde la diferencia en concentración en ambos lados de la membrana, ocasiona que ocurra difusión de materia a través de ésta. ( 43 )

-Electrodialísis, en el cual una diferencia de potencial eléctrico establece el transporte de especies con carga eléctrica a través de la membrana. ( 59)

-Ósmosis inversa, donde una diferencia de presión hidrostática, transmembrana, superior a la presión osmótica de la solución promueve el flujo del disolvente a través de la membrana. ( 55 )

-Ultrafiltración, proceso de separación que utiliza también una diferencia de presión hidrostática a cada lado de la membrana, con el objeto de hacer pasar el disolvente y algunos componentes de la solución a los cuales es permeable ésta. ( 66 )

La ultrafiltración y la ósmosis inversa, han tomado importancia en esta última década y han alcanzado su aplicación a nivel industrial, en el área de los alimentos y productos biológicos. ( 61 )

## Definición de ultrafiltración y características distintivas:

Se puede definir la ultrafiltración como una operación de separación que utiliza como medio filtrante una membrana, y presión hidrostática como fuerza impulsora del proceso, mediante el cual es posible concentrar, purificar o fraccionar solutos de alto peso molecular en solución líquida sin que ocurra cambio de fase.

En cierta forma, la ultrafiltración es distinta a la filtración convencional, ya que en cada proceso el medio filtrante tiene características propias de retención con respecto al tamaño de partícula por sepa-

nar de la fase líquida, así en la filtración convencional el medio filtrante es capaz de retener partículas de tamaño fino ( $10^{-1} \mu$  en adelante), mientras que en la ultrafiltración, el medio filtrante, (una membrana selectiva), es capaz de retener partículas de tamaño molecular (de 10-100 Å) y en este nivel dichas partículas pueden ser solutos en solución verdadera. (66)

Además en la ultrafiltración, no existe formación de torta sobre el medio filtrante, sino que los sólidos concentrados sobre la membrana, son removidos de la superficie de ésta por la acción de fuerzas hidrodinámicas, resultando, en esta forma una solución cada vez más concentrada sobre el medio filtrante, donde se forma generalmente una película fina compuesta por los sólidos retenidos en la interfase membrana-solución. (61)

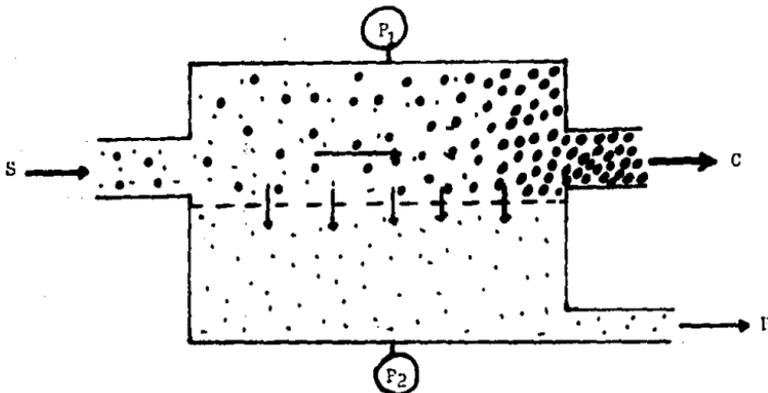
En la figura 7 se esquematiza como ocurre el proceso de ultrafiltración. Una solución líquida (S) que contiene dos solutos de distinto peso molecular (A y B) se hace fluir a presión elevada, en contacto con una membrana que presenta características de retención al componente de mayor peso molecular (A), el flujo de la solución (S) es paralelo a la membrana. La separación de los componentes (A y B) ocurre en forma perpendicular a la dirección del flujo (S). En esta forma se obtiene en el lado de alta presión de la membrana ( $P_1$ ) una solución (S) concentrada con respecto al componente de mayor peso molecular (A), y por el lado de baja presión ( $P_2$ ) fluye una solución o permeado (P) que contiene únicamente al componente de menor peso molecular (B), en la misma concentración que la solución concentrada (C). (66)

El flujo hidrodinámico ocasiona que los sólidos (A) concentrados sobre la membrana, sean removidos y continúen su trayectoria paralela a la membrana, mientras que la diferencia de presión transmembrana, promueve el paso del disolvente y con este el componente de menor peso molecular (B). (66)

Aplicaciones de la ultrafiltración:

- Puede aplicarse a productos alimenticios o biológicos con tres objetivos:
- a) Concentración: es posible concentrar una solución diluida, mediante ósmosis inversa, si se trata de solutos de bajo peso molecular, o en su lugar mediante ultrafiltración en el caso de solutos de alto peso molecular, con este fin se emplea una membrana que tenga la propiedad de ser permeable exclusivamente al disolvente, que en la mayoría de los alimentos es agua.

FIGURA 7.-  
ESQUEMA DEL PROCESO DE ULTRAFILTRACION : SEPARACION DE DOS COMPONENTES EN SOLUCION.



S solución [ A + B ]

C solución concentrada [ A ] > [ B ]

P permeado [ A ] = 0

● A soluto de mayor peso molecular

• B soluto de menor peso molecular

$PMA \gg PMB$

$P_1 \gg P_2$

Así, los jugos de frutas (46), los extractos de café y té, la leche (74) y otras bebidas pueden concentrarse sin pérdida de sus propiedades organolépticas y físico-químicas.

Dentro del área de los alimentos, existen muchos subproductos de valor nutritivo e importancia económica, que carecen de aprovechamiento debido a que se encuentran en solución a muy bajas concentraciones y su recuperación por las técnicas convencionales no es factible, ya que se requieren grandes inversiones y elevados costos de operación. Algunos de dichos subproductos, por ser materia orgánica son fuertes contaminantes biológicos y en ocasiones se desechan (suero lácteo). (66)

La concentración de algunos productos puede muchas veces representar grandes ventajas económicas durante la conservación, empaqueo, transporte y almacenamiento, además un producto concentrado disminuye el gasto de energía calorífica en el caso de ser sometido a secado. (67)

b) Purificación: una de las aplicaciones de mayor interés es la purificación y concentración simultánea de fluidos de origen biológico que contienen en solución, solutos de diferentes pesos moleculares; como pudiera ser el caso de macromoléculas, por ejemplo: proteínas, almidones o pectinas acompañadas de sales minerales, azúcares, ácidos orgánicos, etc. En este caso el empleo de una membrana que retenga todas las macromoléculas, ocasiona que el disolvente arrastre consigo todos los solutos de bajo peso molecular, lográndose así concentrar y purificar la solución.

Algunos ejemplos de este caso son:

1.- Concentración y purificación simultánea de enzimas de origen microbiano. (61)

2.- Concentración de clara de huevo con separación simultánea de glucosa. (61)

3.- Concentración y purificación de proteínas solubles de origen vegetal como soya, cacahuete, haba. (39)

4.- Remoción de cenizas y concentración en gelatinas, gomas y pectinas. (61)

Por otra parte, cuando se trata de purificar una solución sin que ocurra un cambio en la concentración original, puede tenerse dos cambios según sea el caso:

Primero, si el componente valioso es macromolecular, entonces se ultrafiltra la solución para retener el compuesto de mayor tamaño y al mismo tiempo la solución concentrada se está rediluyendo con disolvente puro hasta el nivel original, con esto se logra un efecto de lavado que

se conoce como diaultrafiltración, la cual puede llevarse a cabo operando por lote o en continuo. ( 12)

Segundo, si se trata de eliminar un componente indeseable de elevado peso molecular, siendo valiosos los compuestos de bajo peso molecular, simplemente se ultrafiltra la solución utilizando una membrana que retenga el componente macromoleculas indeseable, obteniéndose en los permeados el compuesto valioso sin cambio en la concentración. Tal es el caso de la purificación de antibióticos, en los cuales es necesario eliminar proteínas y otras macromoléculas que pudieran desarrollar reacciones inmunológicas.

c) Fraccionamiento: en el caso concreto del lactosuero ( 32,44 ) y en algunos otros casos en los que el fluido contiene en solución varias especies, en donde la recuperación de cada una de ellas por separado incluyendo el disolvente resulta complicada y costosa por los métodos convencionales; el empleo de la ultrafiltración es adecuado y ventajoso. En muchas ocasiones, recuperar dos o más compuestos hace que el proceso se convierta económicamente rentable.

Para fraccionar una solución, se utiliza una serie de membranas en donde cada una de ellas retiene a un componente específico, en esta forma se logra la separación de cada uno de ellos, y cuando se requiere es posible concentrar y purificar cada componente. ( 12)

Ventajas y desventajas de la ultrafiltración:

El empleo de la ultrafiltración con el objeto de concentrar un fluido, presenta algunas ventajas sobre aquellos procesos en los cuales para concentrar interviene un cambio de fase. ( 61)

Tanto la evaporación convencional como el vacío implican suministro de energía térmica en grandes cantidades, esto hace que tanto el proceso como el equipo de evaporación para niveles de producción medio y bajos presente generalmente un mayor costo que el proceso de ultrafiltración. ( 61)

La evaporación requiere de una fuente primaria de calor, normalmente una caldera, líneas para conducir el vapor de calentamiento hasta el evaporador, las cuales deberán tener aislamiento térmico, el evaporador debe estar diseñado para un intercambio calorífico muy eficiente, y cuando se requiere presión reducida se debe añadir el costo para lograr y mantener el vacío. Además si se recupera el disolvente, es necesario el empleo de refrigerantes y medios de refrigeración, lo cual incrementa los costos.

En la ultrafiltración se requiere únicamente la energía nece-

saría para desarrollar una presión hidrostática suficiente para que se verifique el proceso, lo cual se logra mediante dispositivos de bombeo que generalmente consumen energía eléctrica.

La capacidad de los equipos de ultrafiltración se puede variar sin costosas modificaciones ya que se diseñan en forma de módulos que se añaden fácilmente para aumentar el área de ultrafiltración.

Sin embargo una de las mayores ventajas que presenta la ultrafiltración dentro del área de los alimentos y productos biológicos, está en el hecho de no ser un proceso térmico, con lo cual se previenen muchos de los defectos no deseables, asociados en ocasiones a los cambios de fase, como son: la desnaturalización de proteínas por calor y reacciones de estas con otros compuestos; el colapso de las geles y el rompimiento de las emulsiones, así como el daño mecánico asociado con el congelamiento, etc. (61)

Desventajas: la vida útil de las membranas de ultrafiltración y ósmosis inversa depende casi en su totalidad de la naturaleza del fluido que se procesa. El deterioro mecánico y desgaste por abrasión es poco frecuente, sin embargo, la formación de incrustaciones sobre la membrana que con el tiempo conducen a una reducción significativa del área de ultrafiltración hacen que sea necesario un reemplazo constante de las membranas con lo cual se incrementan los costos de operación. Un prefiltrado insuficiente o un tratamiento inadecuado conducen a la incrustación prematura de la membrana. (45)

Por otra parte, en ocasiones resulta desventajoso el hecho de que tonos los microorganismos presentes en el fluido al inicio del proceso son retenidos por la membrana, y esto puede dar lugar a la descomposición del producto durante el curso de la ultrafiltración, lo cual implicaría: la necesidad de utilizar métodos para prevenir la presencia y desarrollo de microorganismos. Lo anterior se convierte en una ventaja cuando en una fermentación se está removiendo en continuo algún metabolito de interés. (61)

Especificaciones del aparato:

En la figura 8 se muestra la unidad piloto de ultrafiltración empleada para el proceso.

La unidad esta diseñada para un cartucho Romicon de  $1.4 \text{ } \delta \text{ } 2.5 \text{ m}^2$  de área de membrana. Su capacidad depende del tipo de la membrana y del medio filtrado.

Cartucho: el cartucho Romicon consta de aproximadamente 680 cana-

Dimensiones en mm

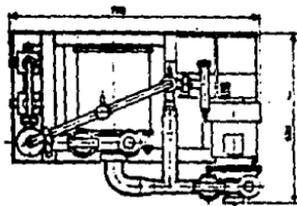
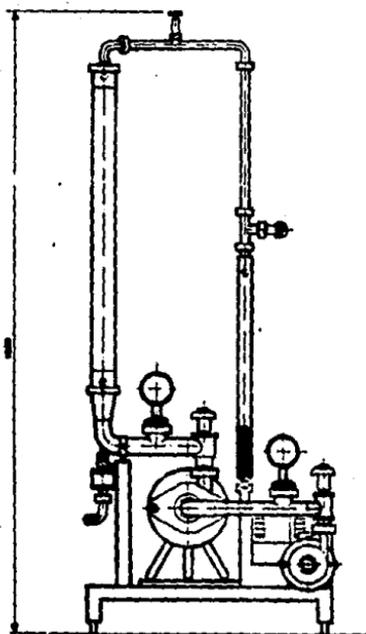


FIGURA 8.- UNIDAD PILOTO DE ULTRAFILTRACION

les de fibra, paralelos y unidos en ambos extremos de un casco de plástico transparente (109,2 cm), el diámetro interior de las fibras es de 1.1 mm. Las corrientes de flujo procesadas a través del interior de las fibras y del permeado son colectadas en la cámara. Un cartucho de polisulfone adaptado, es provisto para los extremos de la cámara y sirve para ambas corrientes, del procesado y del permeado. La puerta del permeado va acompañada de un accesorio sanitario de conexión rápida de 1.5 pulgadas y la puerta del procesado con un conector especial, el cual es utilizado para el Romicon (PM 30A).

En la figura 9 se esquematiza el cartucho y se muestra el camino seguido por el líquido durante el proceso.

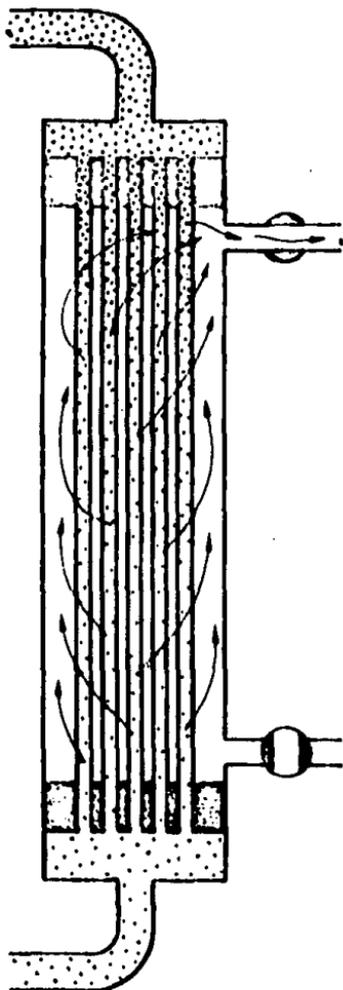
La alta velocidad de flujo del cartucho de fibra porosa Romicon, son debidas a la combinación de un flujo uniforme y a una multiplicidad de canales; la alta velocidad de corte de las paredes es debido al diseño delgado de los canales, resultando en el control de la polarización de la concentración, la capacidad de retroalimentación del cartucho. La velocidad de flujo del permeado es dependiente de dos factores: la presión en la transmembrana y la velocidad del flujo a través de las fibras.

Usualmente las condiciones óptimas son, una presión interior de 25 psig ( $1.75 \text{ kg/cm}^2$ ), y una presión externa para la corriente del procesado de 10-15 psig ( $0.7-1.05 \text{ kg/cm}^2$ ), sin embargo, con algunas corrientes de alimentación son obtenidos resultados óptimos, por la regulación de la presión externa de 20 psig; con otras, son obtenidos resultados óptimos por reducción de la presión externa de 0-10 psig, de acuerdo a un incremento en la velocidad de flujo. Un rango completo de presiones externas (0-20 psig) deben ser investigados para cada nueva aplicación, altas velocidades de flujo son obtenidas generalmente por incrementos de temperatura.

Especificaciones del cartucho de fibra perforada HF 26.5 - 43 PM 50:

<u>Especificaciones del cartucho</u>	<u>Unidades U.S.</u>	<u>Métricas</u>
Area de membrana	26.5 ft <sup>2</sup>	2.5 m <sup>2</sup>
Tipo de membrana	PM 50	PM 50
Materiales de construcción	Polisulfon	Polisulfon
Número de fibras	680	680
Longitud del cartucho	43 in	109.2 cm
Diámetro exterior	3 in	7.6 cm
Material de relleno	Epóxido	Epóxido
Volumen (no incluye adaptadores)	677 cm <sup>3</sup>	677 ml

regreso al  
proceso



Salida del  
permeado

Entrada al  
proceso

FIGURA 9.- ESQUEMA DEL CARTUCHO Y CAMINO SEGUIDO POR EL LIQUIDO DURANTE EL PROCESO.

<u>Condiciones recomendadas de operación</u>	<u>Unidades U.S.</u>	<u>Métricas</u>
Temperatura máxima de operación	167 °F	75°C
Presión máxima interna	25 psig	1.75 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
Presión máxima externa	20 psig	1.40 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$
Velocidad de flujo de alimentación: para 10 psig	25 gpm	5.20 m <sup>3</sup> /h
Caída de presión del permeado exterior (presión máxima)	20 psig	1.40 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

#### Especificaciones de membrana FM- 50

Díámetro exterior de las fibras	0.043 in	1.1 mm
Velocidad inicial de flujo de agua destilada (P= 25 psig)	≥ 100 GSPD	≥ 170 l/m <sup>2</sup> /h
Peso molecular nominal	50 000	50 000
Velocidad de flujo de agua destilada * (P= 5 psig [0.35 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ ]) ΔP	11 gal/min	2.5 m <sup>3</sup> /h
(P= 10 psig [0.7 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ ]) ΔP	18 gpm	4.1 m <sup>3</sup> /h
(P= 15 psig [1.05 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ ]) ΔP	21 gpm	4.8 m <sup>3</sup> /h
(P= 20 psig [1.4 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ ]) ΔP	25 gpm	5.7 m <sup>3</sup> /h

#### Resistencia química

Rango de pH	1.5-13.0	1.5- 13.0
Resistencia a solventes orgánicos	variable, en general la concentración debe ser limitada a 0.5%.	

\* La velocidad de recirculación exhibe variaciones de ± 15%.

La fibra esta constituida de polímeros sintéticos celulésicos, estos polímeros son anisotrópicos, forman la capa interna de la membrana de separación. El concentrado es retenido dentro de la fibra en tanto que el permeado atraviesa sus paredes. En la figura 10 se muestra un corte longitudinal de la fibra. (4)

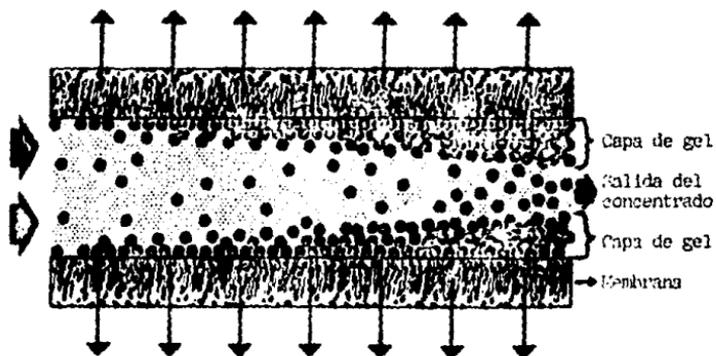


FIGURA 10.- CORTE LONGITUDINAL DE UNA FIBRA.

### B) SECADO:

Por definición, el secado por aspersión o atomización, es la transformación de un producto de su estado líquido a su forma seca mediante la aspersión o atomización de dicho producto dentro de un medio caliente y seco. Es un proceso continuo de un sólo paso.

El producto alimentado puede ser una solución, una suspensión o una pasta. El producto seco es un polvo que consta de partículas o aglomerados dependiendo de las propiedades físicas y químicas del producto, del diseño y operación del secado.

Un secador por atomización convencional opera de la siguiente manera:

El producto por secar es bombeado del tanque de alimentación al atomizador que está colocado en el dispersor de aire en la cima de la cámara de secado. El aire de secado es aspirado de la atmósfera y es pasado a través de un filtro mediante un ventilador, luego pasa por un calentador hasta llegar al dispersor. Las gotas atomizadas del producto a secar se encuentran con el aire caliente y la evaporación se lleva a cabo enfriándose el aire al mismo tiempo. Después del secado el producto cae en el fondo de la cámara y es transportado neumáticamente al sistema de enfriamiento.

Las partículas finas permanecen atrapadas en el aire, por lo que es necesario hacerlo pasar por un ciclón para separarlas. El aire pasa del ciclón a la atmósfera mediante un ventilador.

Las dos fracciones de polvo se colectan en el sistema neumático para transportarlos y enfriarlos. El aire de transporte y enfriamiento es pasado por otro ciclón para recuperar las partículas que se encuentren en él.

La instrumentación consta de indicadores de la temperatura del aire que entra y del que sale, así como de un control automático de la temperatura de salida, que se logra alterando la cantidad del producto alimentado al atomizador.

Un secador por aspersión convencional consiste de los siguientes componentes principales (figura 11):

- 1.-cámara de secado
- 2.-sistema de calentamiento y distribución del aire
- 3.-sistema de alimentación
- 4.-atomización
- 5.-sistema de separación de polvos

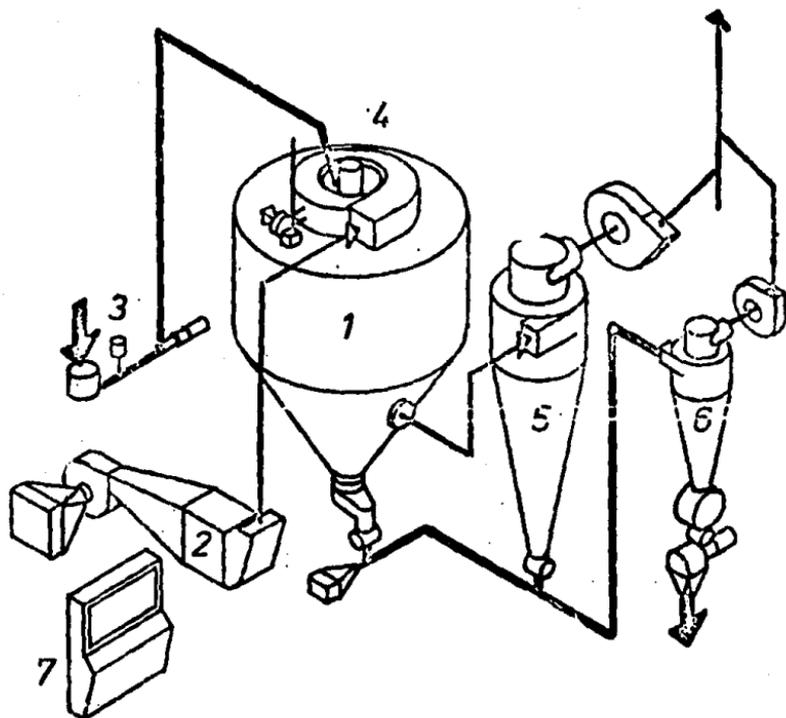


FIGURA 11.- SECADOR POR ASPERSION CONVENCIONAL

## 6.-sistema de transporte

## 7.-instrumentación y automatización.

El aire de secado es calentado indirectamente con vapor vivo. El dispersor de aire debe estar situado en la parte más alta de la cámara y el atomizador se coloca en el centro del dispersor asegurándose un mezcla-  
do óptimo del aire caliente y del atomizado. El dispersor debe poder guiar el aire y el atomizado en la dirección correcta para evitar que los polvos se depositen en las paredes de la cámara.

El objeto de atomizar el concentrado es el de proveer una gran superficie de contacto en la cual se llevará a cabo la evaporación. A menor tamaño del atomizado, mayor superficie de contacto, más fácilmente se evapora el agua y se obtiene una mejor eficiencia técnica.

La atomización es directamente responsable de varias de las ventajas distintivas que ofrece el secado por aspersión:

- tiempo corto del secado de las partículas,
- poco tiempo de retención de las partículas en la atmósfera caliente y por lo tanto, una menor temperatura en la partícula (temperatura de bulbo húmedo),
- la transformación del líquido en polvo con gran estabilidad en almacenamiento lista para envasarse y transportarse.

Resumiendo, las principales funciones de la atomización son:

- a) Una gran superficie de contacto por lo que la velocidad de evaporación es rápida.
- b) Producción de partículas con el tamaño, densidad y forma deseados.

Para lograr estos requerimientos, muchas técnicas de atomización se han usado en secadores por aspersión. Usualmente utilizan tres tipos de energía:

- energía de presión (atomizador a presión)
- energía cinética (atomizador neumático)
- energía centrífuga (atomizador rotatorio)

## Atomizador Rotatorio:

En estos atomizadores el líquido es acelerado continuamente hacia los extremos de una rueda mediante la fuerza centrífuga producida por la rotación de la misma. El líquido es distribuido centralmente y se extiende en toda la superficie de la rueda formando una película delgada, descargándose a alta velocidad por pequeños orificios que están en la superficie.

El grado de atomización depende de la velocidad periférica, pro-

iedades del líquido y del volumen alimentado ( figura 12).

En la industria láctea solo se utilizan los atomizadores a presión y los rotatorios, ya que los neumáticos requieren mucha energía y el polvo obtenido consta de partículas demasiado finas lo que no atrae al consumidor.

El atomizador rotatorio tiene las siguientes ventajas:

- flexibilidad,
- puede manejar grandes cantidades,
- puede manejar concentrados altamente viscosos,
- diferentes diseños de ruedas dan polvos con distintas características,
- pueden manejar productos con cristales.

El ciclón tiene la ventaja de ser altamente eficiente, es fácil de mantener ya que no tiene partes móviles y además es fácil de limpiar.

La teoría de operación se basa en un movimiento de remolino donde la fuerza centrífuga actúa en cada partícula alejándola del eje del ciclón y la mueve hacia la pared interna de su cámara. El movimiento en dirección radial ( hacia la pared) es el resultado de dos fuerzas que se oponen, donde la fuerza centrífuga actúa moviendo la partícula hacia la pared mientras que una fuerza de succión de aire las mueve hacia el eje del ciclón. Como la fuerza centrífuga predomina, la separación se lleva a cabo.

El polvo y el aire entran tangencialmente al ciclón a velocidades iguales y giran en espiral descendiente hasta la base del ciclón, separándose el polvo al moverse hacia la pared.

El polvo sale por el fondo de la cámara mediante un dispositivo de seguro. El aire limpio forma un espiral ascendente en el eje del ciclón y sale de la cámara por arriba ( figura 11 parte 6).

Con el objeto de controlar el secado y poder grabar a cualquier hora los parámetros de secado, la instalación cuenta con varios tipos de instrumentación y equipo de control. ( 4 )

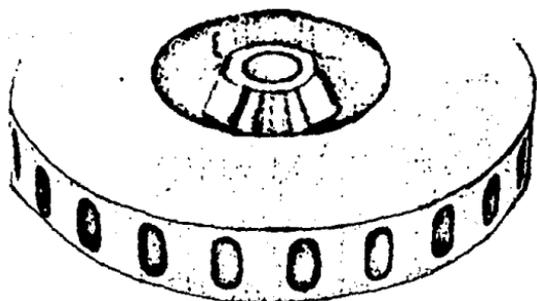


FIGURA 12.- RUEDA PARA ATOMIZADOR ROTATORIO

**CAPITULO V**

**MATERIAL Y METODOS DE ANALISIS**

## V.-MATERIAL Y METODOS DE ANALISIS:

## 5.1 DESCRIPCION DE LA MATERIA PRIMA:

## a) SUERO:

La materia prima utilizada es suero de queso pasteurizado y secado por spray; marca "Prisma -12", elaborado por Kemfuds, S.A. de Chihuahua.

Presenta las siguientes características:

Textura	polvo fino
Color	amarillo-verdoso
Olor	característico
Sabor	característico

Composición química:

Proteína	12%
Grasa	2%
Lactosa	75%
Cenizas	8%
Humedad	3%

## b) LECHE:

La materia prima utilizada es leche descremada en polvo, secada por spray; marca "Crino" elaborada por Agropur cooperative de Canadá.

Características:

Textura	polvo fino
Color	blanco cremoso
Olor	característico
Sabor	característico

Composición química:

Proteína	34%
Grasa	1.5%
Lactosa	53.5%
Cenizas	8%
Humedad	3%

## 5.2 METODOS DE ANALISIS:

### A) BROMATOLOGICO:

Este análisis que consta de las siguientes determinaciones se hará en la materia prima (suero y leche descremada) en polvo y en los concentrados obtenidos.

#### Humedad:

En las cápsulas de níquel o porcelana (de fondo plano y tapa con botón), previamente secas y taradas, pesar, con exactitud, 2 a 3 g de polvo y distribuir muy bien en todo el fondo de la cápsula. Secar en estufa a 98-100 °C durante 7 horas consecutivas, dejando las placas descubiertas pero manteniendo las tapas cerca de ellas. Después enfriar las cápsulas, cubiertas con sus tapas, durante 45 minutos en el desecador y pesar. ( 5 )

$$\% \text{ Humedad} = [(a - b) / p] \times 100$$

a - peso de la cápsula + polvo antes de secar.

b - peso de la cápsula + polvo después de secar.

p - pesada de la muestra en polvo.

#### Grasa:

Secar las cápsulas de aluminio durante 5 minutos a 135 °C en la estufa de vacío del aparato Mojonier o durante una hora a 100 °C en estufa común y enfriarlas en la placa de enfriamiento del mismo aparato durante 7 minutos o en un desecador durante 30 minutos. La temperatura final de las cápsulas no debe diferir más de 1 °C de la balanza.

Pesar con precisión de 0.1 mg alrededor de 1 g de muestra en el tubo de extracción Mojonier seco, evitando que el polvo se adhiera al cuello del tubo.

Agregar 9 ml de agua caliente, tapar el tubo de extracción con un tapón de corcho mojado y sacudir vigorosamente hasta que la muestra quede disuelta y uniformemente suspendida. Enfriar a temperatura ambiente.

Agregar 1.5 ml de amoníaco, mezclar; agregar 10 ml de alcohol y agitar uniformemente; agregar 25 ml de éter etílico agitando vigorosamente 90 segundos; agregar 25 ml de éter de petróleo agitar vigorosamente durante 90 segundos.

Separar la capa etérea de la acuosa por centrifugación a velocidad rápida, durante un minuto. Cuando se use la centrifuga del aparato Mojonier, centrifugar a 30 vueltas de la manivela por minuto. Decantar la capa etérea en una cápsula de aluminio seca y tarada. Después de cada decantación, el labio del tubo de extracción debe enjuagarse con éter de pe-

tróleo, escurriendo el enjuague en la cápsula.

Evaporar los éteres decantados en la placa caliente del aparato o similar a temperatura suficientemente baja para evitar salpicaduras por ebullición.

Agregar al tubo de extracción 5 ml de alcohol agitar uniformemente; agregar 15 ml de éter etílico agitar durante 90 segundos y agregar 15 ml de éter de petróleo agitando durante 90 segundos.

$$\% \text{ Grasa} = [(B - A) / P] \times 100$$

B - peso de la cápsula con grasa.

A - peso de la cápsula vacía.

P - peso de la muestra.

Nota: Puede observarse mejor la separación entre la capa etérea y la acuosa agregando dos gotas de una solución de rojo Congo al 2% antes de los solventes. (47)

#### Proteína:

Colocar muestras pesadas (0.7 - 2.2 g) en matraces de digestión, adicionar de 4 a 5 g de mezcla reactiva de selenio y 20 ml de ácido sulfúrico. Colocar el matraz en posición inclinada en el aparato digestor y calentar hasta que cese la espuma, hervir hasta que la solución se aclare, o por 30 minutos.

Enfriar y adicionar 200 ml de agua destilada, enfriar abajo de 25 °C, agregar unas granallas de zinc para prevenir que calte, y resbalando por las paredes unos 70 ml de hidróxido de sodio al 70%, sin agitación.

Inmediatamente conectar a un bulto de digestión en la salida del condensador sumergido en solución estándar de ácido sulfúrico como receptor, agitando el matraz para mezclar perfectamente el contenido, calentar hasta que todo el amoníaco se haya destilado (mínimo 150 ml de destilado).

Titular el exceso de ácido en el destilado con solución alcalina de hidróxido de sodio 0.1 N, usando rojo de metilo. (57)

$$\% \text{ Proteína} = [(\text{ml NaOH gastados} \times N \times 0.014 \times 6.38) / \text{peso muestra}] \times 100$$

#### Cenizas:

Pesar con exactitud, en una cápsula previamente calcinada y tarada de 2 a 3 gr del producto. Calcinar inicialmente con cuidado sobre un triángulo de porcelana con un pequeño mechero hasta que no se desprendan humos. Después llevarlas a la mufla a 550 °C, como máximo, hasta que las cenizas se presenten blancas o ligeramente grisáceas. Enfriar en el dese-

cador durante 30-45 minutos y pesar.

$$\% \text{ Cenizas} = (\text{peso cenizas} \times 100) / \text{peso muestra}$$

#### Carbohidratos:

Se obtienen por diferencia y se reporta como lactosa, por considerarse el azúcar más abundante en la leche. ( 54)

También se hará en las muestras antes mencionadas la determinación de sólidos totales:

En una cápsula secada y tarada conteniendo aproximadamente 25 g de arena y un bastoncillo de vidrio (a) pesar, con exactitud cerca de 10 g del líquido (muestra) y mezclar bien con el bastoncillo. Calentar en baño maría durante 20 minutos, colocando la cápsula sobre un triángulo de sílica o material refractario. Secar en una estufa por 4 horas a 99 °C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ), poniendo la cápsula sobre el triángulo y sin tapar ( la tapa debe estar también en la estufa). Transcurrido el plazo, cubrir la cápsula con la tapa, enfriar en un desecador durante 45 minutos y pesar la cápsula cubierta (b). ( 52)

$$\% \text{ Sólidos totales} = [(b - a) \times 100] / p$$

b - peso de la cápsula con tapa + arena + bastoncillo + muestra.

a - peso de la cápsula con tapa + arena + bastoncillo.

p - peso de la muestra.

## B) MICROBIOLOGICOS:

Estos análisis sólo se efectuarán en las muestras diaultrafiltradas.

## Cuenta estandar:

Pesar con una cuchara estéril, 11 g de muestra en condiciones asépticas; homogenizar de tal manera que se hidrate todo el polvo y se disuelva la mayor parte. Dejar reposando en baño maría 15 minutos a 45-50 °C.

1:10 11 g en 99 ml agua estéril.

1:100 de la dilución 1:10 transferir 11 ml a un frasco de dilución y homogeneizar.

1:1000 de la dilución 1:100 transferir 11 ml a un frasco de dilución y homogeneizar.

Tomar con pipeta estéril de 2.2 ml, 1.0 ml de la dilución deseada y transferir a una caja petri estéril. Agregar 10 ml de Plate Count Agar y homogeneizar la muestra de la siguiente manera:

5 movimientos rotatorios en sentido de las manecillas del reloj; 5 de vaivén horizontales; 5 rotatorios en sentido opuesto a las manecillas del reloj y 5 de vaivén verticales.

Dejar solidificar y agregar de 3 a 6 ml de medio para evitar contaminación superficial.

Incubar las placas en forma invertida a 32°C durante 48 horas.

Lectura: se cuentan todas las colonias visibles en las placas incluyendo las puntiformes. Si se encuentran colonias extendidas en la superficie contarlas como una colonia (si abarcan menos de la mitad de la placa).

Descartar las colonias que abarquen más de la mitad de la placa. Si se detectan partículas insolubles del concentrado que puedan confundirse con colonias verificar la identidad al microscopio.

Cuando se lean más de 300 colonias en la placa reportar como TNPC. Reportar el número de colonias por la dilución / g.

## Bacterias coliformes:

Pesar con cuchara estéril 11 g de muestra en 99 ml de agua de dilución y homogeneizar de tal manera que se hidrate todo el polvo y se disuelva la mayor parte. Dejar reposando en baño maría 15 minutos a 45-50 °C (dilución 1:10).

Inocular 1 ml de la dilución en una caja petri estéril, agregar de 10 a 15 ml de Agar Violeta Cristal-rojo Neutro y homogeneizar con movi-

mientos de valvén y circulares. Esperar a que solidifique el medio y agregar de 3 a 5 ml de medio.

Incubar las placas invertidas 24 horas a 35 °C.

Lectura: leer todas las colchias rojo oscuro que midan de 0.5 mm en adelante. (17)

Reportar el número de colonias por dilución / g .

#### Hongos y levaduras:

Pesar en condiciones asépticas 11 g de muestra en un frasco de dilución y homogeneizar de tal manera que se hidrate todo el polvo y se disuelva la mayor parte de él. Dejar reposando durante 15 minutos en baño maría a 45-50 °C (dilución 1:10 [11g de muestra en 99ml de agua estéril]).

Tomar un ml de la dilución y pasarlo a una placa de PDA, extenderlo sobre el agar mediante una varilla de vidrio estéril; esperar a que se evapore la muestra e incubar a temperatura ambiente 5 días.

Contar levaduras (rosas, amarillas o blancas) y los hongos. (29 )

### 5.3 DISEÑO EXPERIMENTAL:

Optimización de las variables del proceso:

A partir de las condiciones de operación establecidas como óptimas para la unidad piloto de ultrafiltración de Liconsa, Tlalnepantla, Estado de México, que son temperatura 50°C y presión 2  $\overline{Kg/cm^2}$ . ( 4 ) Se consideró que las variables a modificar serían dichas condiciones para intentar obtener un proceso de menor costo, pero sobre todo de mayor rendimiento de proteína en el producto final y una vez obtenido el óptimo, confirmar los resultados y buscar alguna modificación al proceso de ultrafiltración con lo cual se lograría un aumento en la concentración de proteína, para llegar a la cantidad establecida en los objetivos.

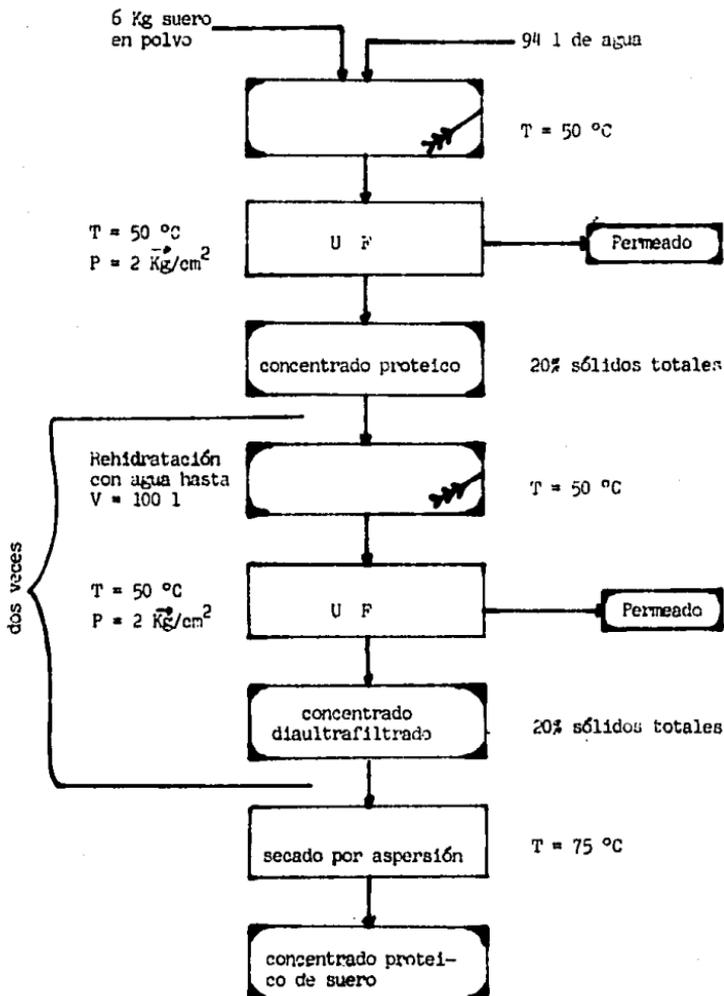
El procedimiento seguido, una vez obtenidas las condiciones óptimas, es el conocido como diaultrafiltración.

Las condiciones de operación utilizadas en los procesos son las siguientes:

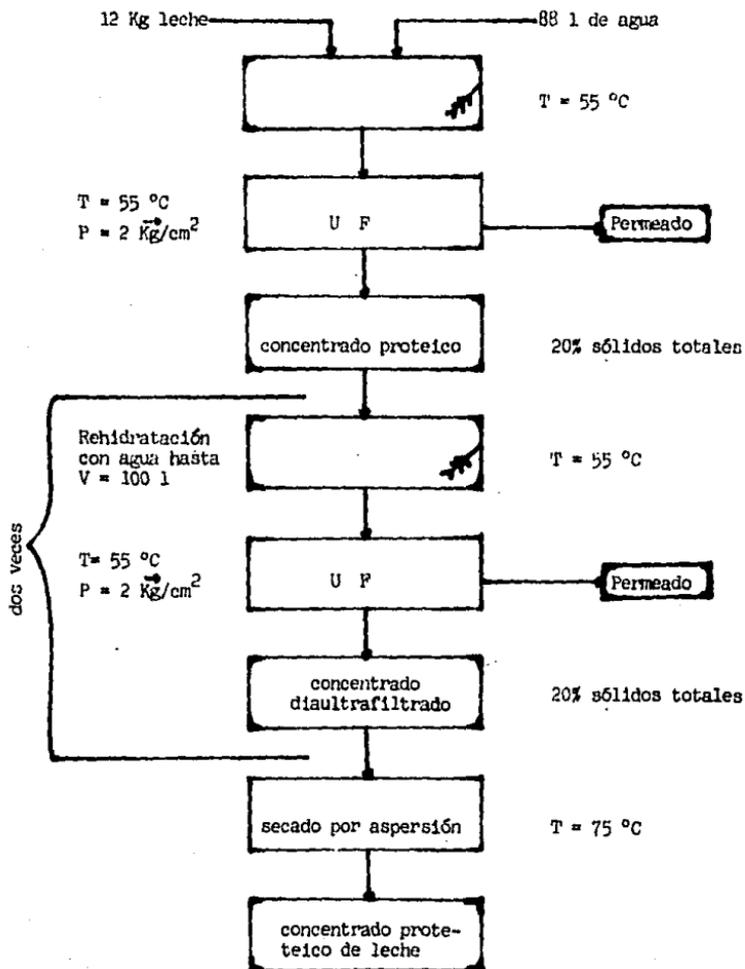
	Referencia	Variables del proceso			
P ( $\overline{Kg/cm^2}$ )	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5
T ( °C )	50	45	55	50	50

## 5.4 DIAGRAMAS DE FLUJO:

## A) SUERO:



## B) LECHE:



**CAPITULO VI**  
**RESULTADOS**

## VI.-RESULTADOS:

## 6.1 ANALISIS EROMATOLOGICO:

El siguiente análisis bromatológico que se hizo para ambas materias primas se llevo a cabo en muestras sólidas, o sea, a los polvos. A continuación se dan las tablas de los resultados obtenidos en las condiciones propuestas para obtener las condiciones óptimas de los procesos:

## A) Suero:

	B A S E		H U M E D A		
	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Cenizas	%Lactosa
Suero en polvo	3.82	1.68	11.55	8.14	74.81
Condiciones normales:					
T= 50°C P= 2Kg/cm <sup>2</sup>	14.2	7.5	52.23	7.85	18.22
Condiciones modificadas:					
a) T= 55°C P= 2Kg/cm <sup>2</sup>	4.10	8.57	56.38	8.29	22.66
b) T= 45°C P= 2Kg/cm <sup>2</sup>	3.99	8.73	55.21	9.08	22.99
c) T= 50°C P= 1.5Kg/cm <sup>2</sup>	4.09	8.4	56.61	8.84	22.06
d) T= 50°C P= 2.5Kg/cm <sup>2</sup>	4.41	8.42	54.71	8.31	24.15

	B A S E		S E C A	
	%Grasa	%Proteína	%Cenizas	%Lactosa
Suero en polvo	1.75	12.01	8.46	77.78
Condiciones normales	8.74	60.87	9.15	21.24
Condiciones modificadas:				
a)	8.94	58.79	8.64	23.63
b)	9.09	57.5	9.46	23.95
c)	8.76	59.02	9.22	23.0
d)	8.81	57.24	8.69	25.26

Observando los resultados obtenidos, por el aumento de proteína de 12.01 a 60.87% en base seca, podemos escoger como óptimas para el suero las condiciones siguientes:

$$T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 2 \text{ Kg/cm}^2$$

## B) Leche:

	B A S E H U M E D A				
	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Cenizas	%Lactosa
Leche en polvo	3.72	0.97	34.04	8.81	53.07
Condiciones normales:					
T= 50°C P= 2 Kg/cm <sup>2</sup>	4.39	1.83	57.34	8.42	28.02
Condiciones modificadas:					
a) T= 55°C P= 2 Kg/cm <sup>2</sup>	3.97	2.02	63.77	8.65	21.6
b) T= 45°C P= 2 Kg/cm <sup>2</sup>	3.78	1.74	58.27	8.58	27.64
c) T= 50°C P= 1.5 Kg/cm <sup>2</sup>	3.72	1.76	63.67	8.56	22.3
d) T= 50°C P= 2.5 Kg/cm <sup>2</sup>	3.49	1.55	55.53	8.55	30.89

	B A S E S E C A			
	%Grasa	%Proteína	%Cenizas	%Lactosa
Leche en polvo	1.0	35.35	8.53	55.12
Condiciones normales	1.91	59.97	8.81	29.31
Condiciones modificadas:				
a)	2.1	66.41	9.01	22.48
b)	1.81	60.56	8.92	28.71
c)	1.83	66.13	8.89	23.15
d)	1.61	57.54	8.86	31.99

De acuerdo a los resultados anteriores, dado el aumento en el contenido de proteína, de 35.35 a 66.41 % en base seca, podemos escoger como condiciones óptimas para el proceso:

$$T = 55^{\circ}\text{C}$$

$$P = 2 \text{ Kg/cm}^2$$

Una vez obtenidas las condiciones óptimas para ambos procesos se llevo a cabo nuevamente el proceso agregandose la dialtrafiltración de las muestras, lograndose los siguientes resultados:

## A) Leche:

(%)	Muestra original	U F	Dialultrafiltrada
Sólidos totales	11.86	22.16	17.70
Grasa	0.17	0.39	0.22
Proteína	4.41	14.41	16.06
Cenizas	0.98	1.78	0.70
Lactosa	6.30	5.56	0.72

## B A S E S E C A

Grasa	1.43	1.76	1.24
Proteína	37.18	65.02	90.73
Cenizas	8.27	8.03	3.95
Lactosa	53.12	25.18	4.07

## B) Suero:

(%)	Muestra original	U F	Dialultrafiltrada
Sólidos totales	5.83	9.08	7.74
Grasa	0.08	0.40	0.69
Proteína	0.63	3.90	5.17
Cenizas	0.54	0.84	0.50
Lactosa	4.58	3.94	1.38

## B A S E S E C A

Grasa	1.37	4.41	8.91
Proteína	10.81	42.95	66.80
Cenizas	9.26	9.25	4.46
Lactosa	78.56	43.39	17.83

Como se puede observar en ambas tablas, los resultados en base seca muestran claramente que existe un aumento considerable del contenido de proteína tanto en la ultrafiltración como en la dialultrafiltración, así como

también una pérdida considerable de lactosa y sales minerales.

Las muestras dialultrafiltradas se secaron por aspersión, obteniéndose el siguiente análisis bromatológico de dichos polvos:

	Suero	Leche
Humedad	5.2	4.9
Grasa	8.4	2.1
Proteína	67.0	78.9
Cenizas	8.4	9.2
Lactosa	11.0	5.9
	B A S E	S E C A
Grasa	8.86	2.21
Proteína	70.68	82.97
Cenizas	8.86	8.62
Lactosa	11.60	6.20

A los concentrados en polvo se les hicieron algunas pruebas físicas, observándose las siguientes características:

Los concentrados obtenidos son solubles, y su proteína no está desnaturalizada.

	Concentro de suero	Concentrado de leche
Color	blanco cremoso	blanco
Olor	característico	característico
Sabor	insípido	insípido
Textura	polvo fino	polvo fino

## 6.2 ANALISIS BACTERIOLOGICO:

Los análisis bacteriológicos solamente se realizarán para las muestras en polvo diaultrafiltradas, obteniéndose los siguientes resultados:

### A) Suero:

	Col/ g
Cuenta estandar	1300
Coliformes	< 5
Hongos	< 10
Levaduras	< 10

### B) Leche:

	Col/ g
Cuenta estandar	1500
Coliformes	< 7
Hongos	< 10
Levaduras	< 10

Debido a que no existe una norma oficial para concentrados proteicos, los resultados de los análisis sólo se pueden comparar con las normas establecidas por los proveedores para el caso del suero, sin embargo, para la leche no se puede hacer una comparación debido a que no existe en el mercado un concentrado proteico de leche.

A continuación se da la norma para concentrado de suero:

	Col/ g
Cuenta estandar	1500
Coliformes	< 10
Hongos	< 15
Levaduras	< 15

## 6.3 BALANCE DE MATERIA:

El balance de materia se realiza para conocer el comportamiento de los componentes de la materia prima, así como para conocer si existe alguna fuga durante el proceso.

El diagrama de flujo para ambas materias primas es el siguiente:

$$\text{Balance general: } A = P + C \dots\dots 1$$

Balance por componentes:

$$Ax_a = Px_p + Cx_c \dots\dots 2$$

$$Ay_a = Py_p + Cy_c \dots\dots 3$$

A - alimentación

P - permeado

C - concentrado

x - % sólidos totales

Y - % proteína

A) Suero:

A = 100 kg	$x_a = 5.8 \%$	$y_a = 10.81 \%$
C = 4.3 kg	$x_c = 19.0 \%$	$y_c = 67.0 \%$
P = ?	$x_p = ?$	$y_p = ?$

Despejando en la fórmula 1 :  $P = A - C$

Sustituyendo :

$$P = 100 \text{ kg} - 4.3 \text{ kg} = 95.7 \text{ kg}$$

Despejando la fórmula 2 :  $x_p = (Ax_a - Cx_c) / P$

Sustituyendo:

$$x_p = ((100 \text{ kg}) [5.8 \%) - [4.3 \text{ kg}] [19.0\%]) / 95.7 \text{ kg} = 5.20 \%$$

Despejando de la fórmula 3 :  $y_p = (Ay_a - Cy_c) / P$

Sustituyendo:

$$y_p = ((100 \text{ kg}) [10.81 \%) - [4.3 \text{ kg}] [67.0 \%]) / 95.7 \text{ kg} = 8.28 \%$$

$$A = 6 \text{ kg suero en polvo} \times 10.81 \% \text{ proteína} = 0.649 \text{ kg proteína}$$

$$C = 0.710 \text{ kg concentrado} \times 67.0 \% \text{ proteína} = 0.476 \text{ kg proteína}$$

$$P = 1.5 \text{ kg permeado} \times 8.28 \% \text{ proteína} = 0.124 \text{ kg proteína}$$

Sustituyendo en fórmula 1:

$$0.649 \text{ kg proteína} = 0.476 \text{ (A)} + 0.124 \text{ (C)} = 0.600 \text{ kg proteína}$$

$$\text{Pérdida: } 0.649 \text{ kg proteína} - 0.600 \text{ kg proteína} = 0.049 \text{ kg p.}$$

B) Leche:

A = 100 kg	$x_a = 12.2 \%$	$y_a = 37.18 \%$
C = 15.8 kg	$x_c = 23.4 \%$	$y_c = 78.9 \%$
P = ?	$x_p = ?$	$y_p = ?$

Despejando en la fórmula 1 :  $P = A - C$

Sustituyendo:

$$P = 100 \text{ kg} - 15.8 \text{ kg} = 84.2 \text{ kg}$$

Despejando la fórmula 2 :  $x_p = (Ax_a - Cx_c) / P$

Sustituyendo:

$$x_p = ([100 \text{ kg}] [12.2 \%] - [15.8 \text{ kg}] [23.4\%]) / 84.2 \text{ kg} = 10.09 \%$$

Despejando de la fórmula 3 :  $y_p = (Ay_a - Cy_c) / P$

Sustituyendo:

$$y_p = ([100 \text{ kg}] [37.18\%] - [15.8 \text{ kg}] [78.9 \%]) / 84.2 \text{ kg} = 29.35 \%$$

A = 12 kg leche descremada polvo x 37.18% proteína = 4.46 kg proteína

C = 3.754 kg concentrado x 78.9 % proteína = 2.962 kg proteína

P = 3.255 kg permeado x 29.35 % proteína = 0,955 kg proteína

Sustituyendo en fórmula 1 :

$$4.46 \text{ kg proteína} = 2.962 \text{ (C)} + 0.955 \text{ (P)} = 3.917 \text{ kg proteína}$$

$$\text{Pérdida: } 4.46 \text{ kg proteína} - 3.917 \text{ kg proteína} = 0.543 \text{ kg p.}$$

El porcentaje de recuperación de proteína en ambos casos es bueno, esto nos da una idea de la factibilidad que el proceso puede tener a nivel industrial.

La pérdida se puede considerar proveniente de los errores experimentales y de una deficiente recuperación del concentrado al final del proceso.

La proteína encontrada en el permeado se considera básicamente ni-

trógeno no proteico que es detectado por el método analítico utilizado, pues a menos que haya fugas durante la operación es imposible el paso de proteína a través de la membrana del cartucho.

Se recomienda en procesos a nivel industrial checar el contenido de proteína en el permeado para detectar fugas, pues en una unidad con varios cartuchos no se detectan a simple vista como sucede en una unidad piloto como la empleada, de esta manera la cantidad de proteína en el permeado sirve de control de fugas.

## 6.4 COSTOS:

## A) Suero:

	Kg	6Kg
Suero en polvo	\$139.-	\$834.-
Gastos de operación		\$420.-
		<u>\$1254.-</u>

710 g concentrado de suero - \$1254.-

1 Kg concentrado suero (70.6%) - \$1766.20

## B) Leche:

	Kg	12Kg
Leche descremada en polvo	\$220.-	\$2640.-
Gastos de operación*		\$1320.-
		<u>\$3960.-</u>

3754 g concentrado de leche - \$3960.-

1000 g concentrado de leche (82.9%) - \$1054.90

A continuación se enlistan algunos de los costos de operación más significativos:

- Estudios de mercado.
- Mano de obra de producción.
- Depreciación de equipo y materiales.
- Mantenimiento de la planta.
- Materiales de consumo y manufactura.
- Servicios generales.
- Control de calidad de materia prima, producto terminado y materiales de servicio.
- Servicios técnicos, de equipo, líneas, proceso, etc.
- Administración de la planta.
- Manejo de efluentes.
- Intereses.

\* Los gastos de operación no se pueden precisar debido a que se realizó el proceso a nivel piloto, por lo que su costo no es el real.

Nota: Estos costos no deberán considerarse como reales, pues como se especificó antes, las materias primas utilizadas están previamente procesadas lo cual las encarece considerablemente.

A continuación se enlistan algunas fuentes de proteína animal, el contenido porcentual de la misma, su precio aproximado por kilogramo y el costo de un gramo de proteína.

Fuente	% Proteína	gr proteína/kg	Precio aprox. kg	Costo gr prot.
Pollo	18.1	181	\$650.00	\$3.59
Huevo	11.3	113	\$230.00	\$2.03
Res	16.6	166	\$900.00	\$5.42
Robalo	20.0	200	\$1350.00	\$6.75
Concentrado de suero	67.0	670	\$1766.20	\$2.64
Concentrado de leche	78.9	789	\$1054.90	\$1.34

Los datos anteriores sirven para realizar una comparación del costo por gramo de proteína de las diferentes fuentes animales mencionadas; uno de los concentrados proteicos es el de valor más bajo, siendo un punto a favor para considerar su producción, y, en el caso del suero que actualmente se tira, la utilización de ésta proteína sería muy provechoso. (13)

### 6.5 DISCUSION DE RESULTADOS:

-Las condiciones óptimas del proceso fueron escogidas basándose en los resultados del análisis bromatológico de las muestras ultrafiltradas y variando las condiciones de presión y temperatura. Se infiere de éstos resultados que los mayores rendimientos de proteína se obtuvieron a 55 °C, 2 Kg/cm.<sup>2</sup> para la leche, y, 50 °C, 2 Kg/cm.<sup>2</sup> para suero; para dichas condiciones se aplicó posteriormente la técnica de diaultrafiltración buscando un mayor rendimiento de proteína.

-En el caso de la leche por encontrarse la caseína ligada a las sales minerales es necesario la aplicación de una temperatura más elevada para lograr una mayor separación y eliminación de las sales. En el suero las sales no se hayan ligadas a las proteínas por lo que se requiere de una menor temperatura para lograr su eficaz eliminación..

En ambos casos la lactosa es soluble por lo que la temperatura sólo hace posible un mejor movimiento del agua que la contiene.

-El cartucho utilizado para el proceso esta equipado con una membrana que por su peso molecular y tamaño de poro es específico para concentrar la proteína de leche y suero lácteo; sin embargo, existe retención de lactosa y minerales debido a que a mayor concentración de proteína se forma una capa que impide el paso de las sales y lactosa a través de los poros del cartucho para ser eliminados en su totalidad.

-En los resultados comparativos entre la ultrafiltración y la diaultrafiltración podemos observar para el caso de la leche tenemos una etapa de ultrafiltración se obtuvo 65% de proteína y 25.1% de lactosa pero en el producto diaultrafiltrado los resultados expresados también en base seca son de 90.7% de proteína y 4.07% de lactosa. Para el suero los resultados fueron en ultrafiltración de 42.6% de proteína y 43.3% de lactosa y para la diaultrafiltración 66.8% de proteína y 17.83% de lactosa. Estos resultados demuestran que la diaultrafiltración es una parte del proceso efectiva, ya que en el caso del suero la proteína fué aumentada casi 6 veces y la lactosa reducida alrededor de 4 veces, partiendo de la muestra original, mientras que la ultrafiltración sólo logra un aumento de 4 veces para la proteína y una reducción de 3 veces para la lactosa. En el caso de la leche la ultrafiltración duplica la proteína y disminuye a la mitad la lactosa, mientras que al diaultrafiltrarse se logra triplicar la proteína y disminuir 10 veces la lactosa.

-El análisis bromatológico de los concentrados en polvo ratifican los resultados para el suero, pero existe una diferencia del valor obteni-

do del concentrado líquido al concentrado de leche en polvo, esto puede ser un reflejo de errores experimentales u otros factores como podría ser algún tipo de contaminación microbiana que en la muestra líquida para analizar se haya propagado, alterando el resultado del análisis la proteína de la cual están constituidos dichos microorganismos; en tanto, en la muestra a secar, debido al tratamiento térmico la población microbiana fué reducida y no interfiere considerablemente en el análisis de la muestra.

- De las características organolépticas de los concentrados proteicos y de un estudio completo de sus propiedades funcionales se pueden dar aplicaciones específicas para su aprovechamiento industrial.

- Del análisis bacteriológico podemos deducir que cumpliendo con las reglas establecidas de higiene es posible obtener resultados que se encuentran dentro del rango establecido para los concentrados, haciendo posible que sean aceptados en los alimentos.

- Del balance de materia se obtienen datos que confirman la efectividad de éste proceso en su aplicación para la recuperación y concentración de proteína .

- Los costos obtenidos son preliminares debido a que el proceso se hizo a nivel piloto y sin considerar las variables de equipo y destino del producto; por lo que es necesario realizar un balance de materia más amplio y un estudio de ingeniería para su producción industrial, con lo que se conocería el costo real de los productos y la viabilidad industrial del proceso.

**CAPITULO VII**  
**CONCLUSIONES**

## VII.-CONCLUSIONES:

- 1.- Utilizando las condiciones y metodología propuestas se obtuvieron concentrados que caen dentro del rango (35-85%) de proteína, cumpliéndose con el objetivo fijado.
- 2.- Debido a las condiciones de operación del proceso podemos decir que la proteína obtenida no sufre desnaturalización, por lo que no se altera su valor nutricional.
- 3.- Por sus propiedades nutricionales y organolépticas los concentrados pueden ser empleados en una gran variedad de alimentos, por ejemplo, quesos, pasteles, caramelos, helados, etc.
- 4.- Por su alto valor nutricional pueden ser empleados como fortificadores de alimentos.
- 5.- Por su bajo contenido en lactosa pueden usarse en formulaciones para enfermos, ejemplo, como sustituto de leche para aquellos enfermos que presentan intolerancia a la lactosa.
- 6.- Se abre una posibilidad para el aprovechamiento de la ultrafiltración en México, y su utilización en varias ramas de la industria como la farmacéutica, alimentaria, etc.
- 7.- La ultrafiltración se puede emplear para el aprovechamiento de un recurso natural disponible como es el suero lácteo.

ANEXO

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO

## ANEXO:

## ESTUDIO TECNICO - ECONÓMICO:

En éste trabajo no se ha pretendido establecer las condiciones para la instalación de una planta productora de concentrados, si no como su nombre lo indica, lograr la obtención de estos a nivel piloto. Sin embargo, se ha considerado interesante el dar las pautas a seguir en el caso de que alguien desee utilizar este estudio para proyectar la planta para recuperación de proteínas, enfocándose en el suero, por ser de menor costo y con mayor disponibilidad que la leche descremada, tomando en cuenta también el hecho de conocer que de la producción de 1.120 millones de litros de suero en México en 1984, sólo el 33% se destinó a su utilización industrial.

## Elementos de diseño de proceso:

En la literatura existen varias descripciones acerca de los procesos de recuperación de suero que comparten etapas comunes, independientemente del proceso de separación, muchos de los equipos requeridos son similares en varios procesos, tanques, bombas, válvulas e instrumentos de medición, así como muchos otros accesorios que se requieren en cualquiera de las opciones que se tomen, estos tienen implicaciones en los costos así como un plazo de recuperación.

Debe darse énfasis al proceso total de recuperación del suero desde la etapa de separación hasta el empaque del producto final. Comúnmente las plantas de suero se localizan cerca de los establecimientos lecheros donde se dispone fácilmente de la materia prima, estas últimas plantas no han sido diseñadas teniendo en mente el procesamiento del suero, los requerimientos de servicios en términos de mano de obra y técnica que una planta de suero puede requerir pueden ser la principal barrera de una planta ya existente. En algunos casos el establecer una unidad central de procesamiento en el campo facilitará la operación de la planta, algunos de los elementos más importantes en el diseño y planificación de una planta de recuperación de suero se describen a continuación:

Características de la materia prima: Abundante información puede encontrarse sobre la composición del suero, pero es mejor establecer las características reales del suero generado en el establo o región donde va a instalarse la planta. Puesto que el rendimiento es un punto crítico para el éxito de las operaciones, un mínimo error en la estimación del contenido de proteína verdadera puede traer serias consecuencias económicas. También la calidad microbiológica del suero debe conocerse así como sus caracterís-

ticas físicas (presencia de materia insoluble y grasa), a fin de determinar el tipo de tratamiento requerido.

Tipo de producto a elaborar: Esta selección debe basarse en los tipos de productos proteicos que la industria alimentaria esta preparada para comprar. Una posible conclusión de la experiencia obtenida en la última década es que los tecnólogos lecheros deben comunicarse con los grupos de desarrollo de nuevos productos para aprender de estos las potencialidades y tendencias del mercado. Deben estar también preparados para trabajar con el consumidor y desarrollar aplicaciones específicas. La decisión es también influenciada por las políticas gubernamentales en materia lechera. Los costos de tratamiento de efluentes puede ser un factor determinante en el diseño. En el caso de costos altos para el tratamiento de efluentes, el suero puede tener un alto costo negativo. La manufactura de concentrados proteicos de bajo costo, con 25-35% de proteína puede ser una opción lógica, a pesar de que esto sea a expensa de productos tales como leche descremada en polvo. Una vez que los diferentes productos han sido identificados deben establecerse las especificaciones para cada uno de ellos.

Capacidad: Para industrias que trabajen todo el año, la capacidad de una planta de concentrados proteicos de suero con frecuencia igualará la capacidad máxima de suero disponible de que serias o en la región. Para una industria estacional una capacidad igual a la producción pico de suero disponible no ha demostrado ser económica.

Balances de masa y energía: Estos son los aspectos más críticos de un estudio de factibilidad, la información generada proporcionará muchas de las bases para los cálculos de costos operacionales. Para hacer una balance de masas adecuado es necesario conocer la composición de las materias primas, las separaciones de masa en los componentes del suero durante el proceso, las especificaciones de producto terminado, así como cantidades y composiciones de cada desecho.

Flujos de vapor y agua deben también ser cuantificados, este aspecto puede ser mejor estudiado desde el punto de vista de un diagrama de ingeniería y usando información conocida en los principales puntos del proceso. Los rendimientos teóricos proporcionados por los vendedores de equipo deben ser chequeados ya que normalmente pueden exceder los alcanzados en la práctica. Para el caso del suero otro factor importante es la proporción de compuestos de nitrógeno no proteico y proteína verdadera. En algunos procesos el nitrógeno no proteico no se recupera. El contenido de proteína del suero varía de 0.75 a 0.90% pero el contenido de proteína verdadera

se considera casi siempre de 0.5 a 0.65% para los propósitos de procesos de recuperación.

Para el balance de energía deben conocerse los consumos de vapor y potencia, si se ha elaborado un diagrama de ingeniería minucioso y trabajando de acuerdo a los principios básicos del proceso es posible hacer predicciones del rendimiento del producto (Kg de producto terminado/m<sup>3</sup> de suero procesado), y consumos de vapor, energía eléctrica, agua, etc.

Diagramas y planos: El alcance del proyecto deberá definirse de acuerdo con el grado de complejidad a través de diagramas de bloque, esquematización del proceso, diagramas de flujo y diagramas de ingeniería. Estos documentos son vitales en el proyecto y si es posible deben prepararse en la primera etapa, el diagrama de ingeniería en particular permitirá la recopilación de catálogos de equipo y combinado con los balances de masa y energía permitirá una estimación de los costos de manufactura del producto, así mismo, permitirá la identificación de los puntos críticos en el control del proceso y se podrá seleccionar los instrumentos apropiados para la seguridad.

Costos de capital: Puesto que los rendimientos de los concentrados proteicos de suero son generalmente bajos, el costo de capital de una planta de recuperación de suero tiene un impacto muy fuerte en el precio del producto terminado. Por esta razón la estimación del costo de capital debe hacerse con sumo cuidado. Entre los factores a considerar están:

a) Disponibilidad de servicios: cuando la planta procesadora de suero va a integrarse con una planta leñera existente, es necesario considerar si hay o no necesidad de aumentar la capacidad de los servicios o introducir otros no existentes como por ejemplo, agua desmineralizada.

b) Terminación de los diagramas de flujo: si el diagrama de ingeniería pudiera elaborarse como parte de un estudio de factibilidad la precisión en la estimación del costo de capital puede mejorarse considerablemente; ayuda mucho la preparación de catálogos con información de precios y tamaños. El diagrama de flujos mostrará las facilidades existentes tales como líneas de vapor y sistemas de lavado in situ, puesto que son servicios necesarios en el nuevo proceso.

Costos de operación: Los principales componentes que forman parte de los costos de capital y de operación se muestran en la figura A.

Un aspecto significativo en el costo de muchos productos proteicos de suero, particularmente, aquellos producidos por medio de tecnologías caras, es la elevada proporción de los costos fijos respecto de los costos

totales. Aún aquí la obtención de altos rendimientos de producto de buena calidad tiene un considerable efecto desde el punto de vista comercial, un aspecto importante es desde luego el costo del suero mismo. En algunos países este tiene un costo negativo debido a los altos costos de eliminación como contaminante.

Es necesaria una investigación básica a fin de establecer previamente, a escala piloto, las condiciones de operación que lleven a un rendimiento de producto terminado considerado económicamente viable. (44)

FIGURA A.-  
COMPONENTES PRINCIPALES DE COSTO DE CAPITAL Y OPERACION PARA EL PROCESO DE RECUPERACION DE PROTEINA DE SUERO:



## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA:

1. AGENJU, C. "Contenido microbiológico de la leche". 13º Congr. Intern. Laiterie, 1973, 2:153.
2. ALAIS, C. "Ciencia de la leche". Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1980.
3. ALFA-LAVAL. "Dairy Handbook". Dairy and Food Engineering Division. P.O. Box 1008, S-22103, 1981, Lund, Sweden.
4. ALFA-LAVAL. "Ultrafiltrationsanlagen". Dairy and Food Engineering Division P.O. Box 1009, S-22104, 1982, Lund, Sweden.
5. A.O.A.C. 12º Edición, 1975, México, D.F., 277.
6. ASCHAFFENBURG, R.; DREWRY, J. "Determinación de las fracciones nitrogenadas de la leche". 15º Congr. Intern. Laiterie, 1981, 3:1631.
7. ASTAPAVICH, N.I.; GREL, M.V. "Change of lactose content during biosynthesis of enzymes by *Sclerotinia sclerotiorum*". Ispoliz. Mikroorganizmov IKH. Metab. Nar. Khoz. 1973, 50-53.
8. BALAM, G.; CHAVEZ, A.; FAJARDO, J.L. "Las zonas del país con mayores problemas nutricionales. La desnutrición y la salud en México". División de Nutrición I.N.N., 1976.
9. BELNARSKI, W.; JAKUBOWSKI, J.; SURAZYNSKI, A. "Production of bacteria mold biomass on whey medium". Techn. Odstinje Technol. Zycan 1973, 3-13.
10. BURGSTALL, G. "World food resources". Intext Educat. Publ., 1973, New York and London.
11. BROWN, W.D. "Present knowledge in nutrition". 3ª ed., The Nutrition Foundation Inc., 1976, New York, 9.
12. CATALOGO LAB. 50 NUCLEOPORE CO., 7035 Commerce Circle Plessanton, California 74566 USA.
13. COLE, H.H. "Producción animal". 2º Edición, Editorial Acribia, 1973, Zaragoza, España.
14. CUELLAR, A. "Nutrición en pediatría". Ed. Soc. Mex. de Pediatría A.C., 1972, México, D.F., 221.
15. DANMARK PROTEIN, Product Bulletin, 1984, Sumtravej, D.K.
16. DELANEY, R.A.M.; DUNELLY, J.K. "Manufacture of undenatured whey protein concentrates by ultrafiltration and spray dryin". Low Protein Powders. J. Agr. Res., 1972.
17. DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION EN SALUD PUBLICA. "Técnicas de muestreo y análisis microbiológico de alimentos". 1980, México, D.F.
18. FOREMOST, M.K. "Confections". Pat. Brit. 1, 259, 074, 1972.
19. FOREMOST, M.K. "Preparation of a nonfat dry milk substitute". Pat. Brit. 1, 343, 528, 1974.

20. FORSUM, E.; HAMREUS, L. "Biological evaluation of whey protein fractions with special reference to its use as a phenylalanine low protein source in dietary treatment of PKU". *Nutr. Met.*, 1972, 14, 48-52.
21. FORSUM, E. "The use of a whey protein concentrate as animal protein source in protein-rich weaning foods". *Environmental Child Health*, 1973, 19, 333-338.
22. GAINES, W.L.; OVERMAN, O.R. "Interrelations of milk-fat, milk-protein and milk-energy yield". *J. Dairy Sci.*, 1983, 21(6): 211-274.
23. GANONG, W.F. "Manual de fisiología médica". 8ª Ed., El manual moderno, S.A., 1980, México, D.F.
24. GOLDSMITH, R.L.; MILLIPPI, R.P.; HOSSAIN, S. "New membrane-process applications". *Amer. Ind. Chem. Eng. Symp. Ser.* 1972, 7-14.
25. GUEGUEN, L.; SALMON-LEGAGNEUR, E. "Composición salina de la leche". *C.R. Acad. Sci.*, 1975, 249: 784.
26. GUEGUEN, L.; JOURNET, J. "Minerales de la leche". *Ann. Bim. Anim. Bioch. Biophys.*, 1981, 1:305.
27. HADORN, H.; ZUERCHER, K. "Preparation, analysis and evaluation of whey nitrogén". *Mitt. Geg. Lebensn. Hygiene* 1973, 480-503.
28. HANSEN, P.M.T.; BLACK, D.H. "Whipping properties of spray-dried complexes from whey". 1972, *J. Food Sci.*
29. HANSLER, W. "Standard methods for the examination of dairy products". 30 Ed., American Public Health Association, 1972.
30. HARGROVE, R.E.; LYNCH, G.P. "Solid animal feeds from whey and whey products". *Proc. Whey Conference, Chicago, III.*, 1974, 18-19.
31. HERHATI, M.; LAME, H. "Nouvelle utilisation de lactosérum en Iran". *Ind. Alim. et Agric.*, 1974, Paris 91, 107-109.
32. HORTON, S.B.; GOLDSMITH, L.R. "Membrane processing of cheese whey reaches commercial scale". *Food Technol.* 26: 30-35, Feb. 1972.
33. HOWE, S.; PHILLIS, W.D. "Nutrition for practical nurses". Saunders Company. 1976, Philadelphia, 38.
34. JABARIT, A. "Effect of some grow factors and various heat treatments of whey on the alcoholic fermentation of lactose". *LAIT* 1970, 653-666.
35. JASIROWSKI, H.A. "¿Veinte años sin progreso?". *Revista Mundial de Zootecn.* 1973, Roma, 6, 1-5.
36. KON, S.K.; COWIE, A.T. "Fisiología de la lactación". 1971, New York.
37. KON, S.K. "Vitaminas de la leche". 16º Congr. Intern. Laiterie, 1978, Vol. D 611.
38. KUNACHOWILZ, H.; GRADAPEK, K.; SZKILLADZICOWA, W. "Nutritional value of whey protein preparations". *Roz. Panstw. Zakl. Hig.*, 1974, Pol., 171-178.

39. LAWTON, J.T.; MANAK, L.S.; RHEE, K.C.; LUSAS, F.W. "Production of oil and protein food products from raw peanuts by aqueous extraction and ultrafiltration". *J. of Food Sci.*, 1981, 46, 391-395.
40. LEE, D.N.; MERSON, R.L. "Prefiltration of cottage cheese whey to reduce fouling of ultrafiltration membranes". *J. of Food Sci.*, 1976, 403-409.
41. LEHNINGER, L.A. "Bioquímica". Ediciones Omega, S.A., 5º Ed., 1982, Barcelona; España.
42. LOEWENSTEIN, M.; REDDY, M.P. "Using cottage cheese whey fractions and their derivatives in ice cream". *Food Prod. Developm.* 9, 1975, 91-96.
43. MACY, I.G.; KELLY, H.J.; SLOAN, R.E. "The composition of milks". *Natl. Acad. of Sci.*, 1980, Natl. Research Council, Pub., Washington, D.C., 254.
44. MATTHEWS, M.E. "Advances in whey processing-ultrafiltration and reverse osmosis". *New Zealand J. of Dairy Sci. and Technol.*, 1979, 14, 86-92.
45. MAUBEIS, J.L. "Ultrafiltration of whey". *J. of the Society of Dairy Technol.*, 1980, 33, No. 2, 55-58.
46. MERSON, R.L.; MORGEN JR., A.I. "Juice concentration by reverse osmosis". *Food Technol.*, 1978, 22, 97-103.
47. MIF LABORATORY MANUAL. "Methods of analysis of milk and its products". 19º Ed., Milk Industry Foundation, 1974, Washington, D.C.
48. MONTREVIL, J. "Los glúcidos de la leche". *Full. Soc. Chím. Biol.*, 1980, 42, 1399.
49. MOULIN, G.; GALZY, P.; JOUX, J.L. "Remarks on the production of single cell yeast on whey". *IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de alimentos*, 1974, Madrid, Sept. 22-27.
50. NARAYANA, R. "Proteínas animales en la nutrición humana". *Rev. Mundial de Zootec.*, 1973, Roma, 3, 30-42.
51. NEW ZEALAND DAIRY BOARD. *Product Bulletin*, 1984, Wellington, N.Z.
52. NIRO ATOMIZER. "Métodos de análisis para productos lácteos en polvo". 4º Ed., 1978, Copenhagen, Dinamarca.
53. NIETO, F.J. "Sueros de queserfa: orientación sobre su aprovechamiento y revalorización". *Revista Española de Lechería*, 1974, 11-21.
54. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 20º Ed., 1975, Washington, D.C.
55. OLSON, C.F. "Nutritional product of whey protein and collagen hydrolyzate". *Pat. EEUU* 3, 778, 514, 1973.
56. ORLA-JENSEN, S. "Bacterias lácticas: clasificación y actividad". *Dairy Bacteriology*, 1980, Londres.
57. PEARSON, E. "The chemical analysis of foods". 6º Ed., 1970, Great Britain.

58. PÉREZ, H.C. "Encuestas nutricionales en México". Vol. III, División de Nutrición I.N.N., 1977.
59. PERRY, R.H.; CHILTON, C.H. "Chemical Eng. Handbook". 5<sup>o</sup> Ed., Mc. Graw-Hill Kogakusha, 1973.
60. PIKE, L.H.; BROWN, L.M. "Nutrition, an integrated approach". John Wiley and Sons Inc., 1976, New York, 401.
61. PORTER, M.C.; MICHAELS, A.S. "Applications of membrane ultrafiltration to food processing". 3<sup>o</sup> International Congress of Food Sci. and Technol. August 9, 1970.
62. PROJANSKI, P.; SIMOV, Z. "Effect of added protein on the curdling of milk during manufacturing of the high-protein yellow cheese vltosha". Khranit. Prom., 1973, Bulg., 22, 8-9.
63. RAKES, J.M.; STALLERF, O.T.; GIFFORD, W. "Persistency and the lactation curve of dairy cows". 1973, Univ. of Ark. Agr. Expt. Sta. Bull. 678.
64. RAMÍREZ, M.J.; ARROYO, P.; CHAVEZ, A. "Aspectos socioeconómicos de los alimentos y la alimentación en México". Comercio exterior, México, 1971.
65. RASH, K.E.; COLMEY, J.C. "Candies prepared from various amounts of sugar, fat whey and soluble caseinate". Pat. Alem. 2, 207, 844, 1972.
66. RICHARD, P. DE FILIPPI. "Filtration principles and practices chemical processing and engineering". Vol. 10, ch. 6, 475-514 dekker.
67. ROZEN, J.P.; PILNIK, M. "Addition of whey proteins to orange juice". IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1974, España, 22-27.
68. ROSENFELD, D. "Utilizable quantity and quality concepts in assessing food". Food Prod., 1973, Developn., 7, 57-59.
69. ROVALEYN, I. FENTON MAY; HILL JR., G. CH. "Use of ultrafiltration and reverse osmosis systems for the concentration and fractionation of whey". J. of Food Sci., 1971, 36, 14-20.
70. ROWLAND, S.J. "Separación de la crema en la leche calentada". J. Dairy Research, 1975, 8, 195.
71. RUSSOFF, L.L. "The miracle of milk". Jour. Dairy Sci., 1975, New York, Vol. 38:1.057-1.068.
72. SATTERLEE, L.D. "Protein for use in food". Food Technol., 1981, USA.
73. SHAHANI, K.M. "Utilization of whey as human food". Proc. Fourth Whey Prod. Conf., 1976, Atlantic city, N.J.
74. SOOD, V.K.; KOSIKOWSKI, F.V. "Ultrafiltration of skim milk at high temperature". J. of Food Protection, 1979, 42, 958-960.
75. SWANITZ, M.; WONG, C. "Milk proteins: nutritional and functional uses". Cereal Foods World, 1985, Vol. 30, Num. 2, 173-175 (3).

76. SUBIRAN, S.; CHAVEZ, A. "Algunos datos sobre la nutrición en México". La desnutrición y la salud en México, División de Nutrición I.N.H., 1976.
77. WEBB, B.M.; WHITFIELD, B.O. "Byproducts of milk". AVI Publ. Con., 1970.
78. WYETH, L. "Deminerzalized whey for baby feeding formula marks first commercial use of technique to process foods". Chem. and Eng. News, 1972, 8: 44-45.
79. ZAENRINGER, H.V. "Properties of glutens from doughs containing complements of cheddar-cheese wheys". Cereal Chem. 1972, 307-316.
80. ZALASHKOV, L.S.; TSVICUN, V.I.; OLESHKOV, V.S. "Growth of torulopsis Candida F.K. in whey". Ispol'z Mikroorganizmov IKH. Metab. Nar. Khoz., 1973, Rus., 25-30, 31-35.
81. ZANZING, G.F.; PEDERSON, H.T. "Protein products and lactose from whey processing". Pat. Alem. 2. 137, 376, 1972.
82. ZUBIRAN, S.; CHAVEZ, A.; BONFIL, G.; AGUIRRE, G.; CRAVIOTO, J.; DE LA VEGA, J. "La desnutrición del mexicano". Testimonio del fondo, 1974.