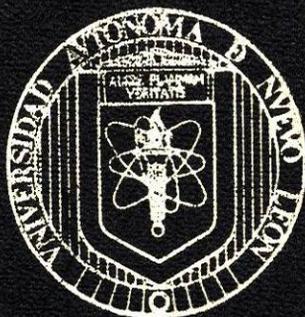


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



APROVECHAMIENTO DEL SUERO  
EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA

ISRAEL ABEL GONZALEZ MORENO

019.687  
FA2  
1992  
C.5

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1992.

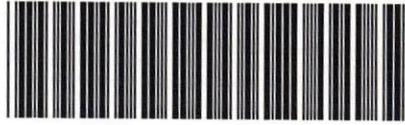
1

9235

.S8

66

c.1



1080061439

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

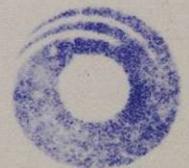
PRESENTA  
APROVECHAMIENTO DEL SUERO  
EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

COMISION EXAMINADORA:  
T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA  
ING. FÉLIX FLORES DE LA  
ISRAEL ABEL GONZALEZ MORENO

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1992.



011302E

F 1077

T  
SF275  
.S8  
G6

040.637  
FA2  
1992  
C.5



F tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

APROVECHAMIENTO DEL SUERO  
EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS

TESIS

REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA

ISRAEL ABEL GONZALEZ MORENO

COMISION REVISORA:



---

Ph.D. RIGOBERTO GONZALEZ GONZALEZ

ASESOR PRINCIPAL



---

ING. ROMULO FLORES DE LA CRUZ

ASESOR AUXILIAR

MARIN, N.L.

DICIEMBRE DE 1992.

## A G R A D E C I M I E N T O S

### A DIOS:

Por haberme permitido vivir hasta este momento en que culminó mi preparación profesional.

Por tener una familia que me ha apoyado en todo.

Por haberme dado el gusto de conocer compañeros estudiantes y maestros como los que tuve.

Por todo.

### A MIS PADRES:

Sr. Israel A. González Guerra

Sra. María del Carmen Moreno de González

### A MIS HERMANOS:

Leticia

Laura e Isidro

Nelly y Prisciliano

Diana y Ramiro

Sandra y Alonso

Elva

Martha

### A MI ASESOR:

Ph. D. RIGOBERTO GONZALEZ GONZALEZ

Por el apoyo y los consejos que me dió para la realización de este trabajo.

## INDICE

	Página
INTRODUCCION . . . . .	1
REVISION DE LITERATURA . . . . .	2
La elaboración de quesos y la obtención de suero . .	2
Composición de la leche. . . . .	3
Composición del suero. . . . .	4
Valor nutritivo del suero. . . . .	5
Historia del suero . . . . .	9
Utilización del suero. . . . .	12
Procesamiento del suero. . . . .	14
Obtención de las proteínas . . . . .	15
Obtención de la lactosa. . . . .	16
Productos de fermentación del suero. . . . .	17
Acido láctico. . . . .	17
Alcohol etílico. . . . .	18
Vitamina B <sub>12</sub> . . . . .	19
Riboflavina . . . . .	19
Acido lactobiónico . . . . .	21
Vinagre. . . . .	21
Otros. . . . .	22
Producción de grasa. . . . .	22
Producción de penicilina . . . . .	23
Producción de propionatos. . . . .	23
Acetona-alcohol isobutílico-alcohol isopropílico	23
Levaduras para alimento animal . . . . .	24
Utilidad del suero en alimentos. . . . .	25
Bebidas. . . . .	28
Bebidas de suero entero. . . . .	28
Bebidas no alcohólicas de suero desproteínizado.	30
Bebidas alcohólicas de suero . . . . .	32
Bebidas proteínicas. . . . .	36
Helados. . . . .	38

	Página
Quesos y productos de queso. . . . .	40
Ricotta. . . . .	40
Mysost, Gjetost y Primost. . . . .	40
Confitería . . . . .	41
Panadería. . . . .	44
Concentrados de proteína de suero. . . . .	45
Formulaciones de alimentos infantiles. . . . .	46
Alimentos para dietas especiales . . . . .	47
Productos cárnicos . . . . .	47
Sopas y salsas . . . . .	48
<b>MATERIALES Y METODOS . . . . .</b>	<b>49</b>
Formulaciones. . . . .	49
Evaluación sensorial . . . . .	51
Análisis bromatológico . . . . .	52
Vida de anaquel. . . . .	53
Costo de materiales directos . . . . .	54
<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>55</b>
Formulaciones. . . . .	55
Evaluación sensorial . . . . .	58
Análisis bromatológico . . . . .	58
Vida de anaquel. . . . .	60
Costo de materiales directos . . . . .	61
<b>DISCUSION. . . . .</b>	<b>62</b>
<b>CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>65</b>
<b>RESUMEN. . . . .</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFIA . . . . .</b>	<b>67</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Composición química de la leche de diferentes razas de vacas. . . . .	4
2	Composición química del suero . . . . .	5
3	Composición de aminoácidos esenciales de las proteínas de la leche . . . . .	6
4	Contenido vitamínico del suero. . . . .	7
5	Consumo diario de nutrimentos de acuerdo con las recomendaciones de la FAO . . . . .	8
6	Utilización del suero en alimentos para humanos . . . . .	27
7	Composición de sorbetes de suero hechos con cuatro fuentes de sólidos de suero. . . . .	39
8	Composición de productos de suero . . . . .	42
9	Fórmulas para dulces de suero . . . . .	42
10	Fórmula para la bebida de chocolate . . . . .	55
11	Fórmula para la bebida fermentada . . . . .	56
12	Fórmula para el helado tipo sorbete . . . . .	57
13	Frecuencia de calificaciones en escala de 1 a 7, de los tres productos a base de suero. . . . .	59
14	Frecuencia por edades, de gusto hacia los productos a base de suero. . . . .	59
15	Composición química de los tres productos a base de suero . . . . .	60
16	Costo de materiales directos de los tres productos a base de suero. . . . .	61
17	Porcentaje de nutrientes que aporta un litro diario de producto en base a lo que recomienda la FAO . . . . .	64

## INTRODUCCION

El suero es el líquido amarillo verdoso resultante que se separa de la cuajada en el proceso de elaboración de quesos. Contiene casi la mitad de los sólidos de la leche, de la cual se separa gran parte de la proteína y grasa que son las que principalmente formarán el queso, quedando en el suero la lactosa, sales y una pequeña porción de proteína.

Anualmente se producen en todo el mundo miles de toneladas de suero, de las que solo una pequeña parte se aprovecha en alimentos para humanos y animales, desechándose una gran parte de éste, lo cual causa además problemas de contaminación cuando se vacía en ríos y corrientes.

En muchos países, debido a la escasez de alimento, por aprovechar los nutrientes del suero o por evitar sanciones por desechar el suero en drenajes, aparte del procesado que comunmente se le dá (secado, concentrado, etc.), se ha investigado sobre otros usos posibles en alimentos, para utilizar el excedente, con lo cual se han encontrado excelentes formas de utilizar el suero en bebidas, panadería, confitería, alimentos infantiles, concentrados de proteína, etc. en donde contribuye al sabor, textura, valor nutritivo, etc.

El objetivo de este trabajo es el de encontrar una alternativa barata y de buena calidad organoléptica para aprovechar los nutrientes del suero en productos para la alimentación humana.

## REVISION DE LITERATURA

## La elaboración de quesos y la obtención del suero

Los procesos básicos que intervienen en la fabricación de la mayoría de los quesos son muy similares. La leche, ya sea cruda o pasteurizada, se coloca en un recipiente o tina adecuada. La temperatura de la leche se ajusta a un intervalo que generalmente está entre 30 y 35° C y se agregan los cultivos iniciales adecuados, (según el tipo de queso). Estos cultivos consisten generalmente de streptococos o lactobacilos que producen ácido láctico. Cuando se ha llegado a la cantidad adecuada de acidez en la leche por medio de los iniciadores, se agrega el cuajo. Luego la leche se deja reposar. La leche coagulada se corta en cubos de diferentes tamaños, esto facilita la eliminación del suero de la cuajada. Después de cortar la cuajada aparece suero libre entre los cubos y se forma una capa o nata delgada en la superficie externa. En esta etapa de fabricación de la cuajada las condiciones están diseñadas para controlar la función del suero y desarrollar una firmeza uniforme entre los cubos. La velocidad y el grado de expulsión del suero está controlado por la velocidad del desarrollo del ácido, por la temperatura a la cual se calientan o "cocinan" el suero y la cuajada y por el tiempo de exposición. Luego de cortar la cuajada, se inicia una agitación lenta, y dependiendo del tipo de queso, se sujeta al ca-

lentamiento o "cocción". Después de alcanzar la temperatura deseada, se le mantiene hasta que la cuajada se saca del suero.

El suero, la porción fluída de la leche drenada de la -- cuajada durante la fabricación de queso o caseína, puede ser dulce o ácido. De los 23 billones de libras de suero que se producen anualmente en los E.U.A., alrededor del 25% corresponden al suero ácido (pH 4.7) obtenido de la producción de queso Cottage. El resto es suero dulce de cuajo (pH 6.2) del queso Cheddar, del Suizo y de los quesos especiales. En cada área productora de suero, el problema de utilizarlo o descartarlo a las corrientes fluviales o drenajes está sujeto a una investigación intensa de nuevos usos que sean lucrativos. (4)

#### Composición de la leche

Los sólidos totales de la leche (grasa y sólidos no grasos), representan entre 10.5 y 15.5% de su composición total. Los componentes de la leche se encuentran en diferentes concentraciones y varían considerablemente de acuerdo con varios factores; raza de la vaca, alimentación, época del año, e incluso la hora en que se ordeña. El cuadro 1 muestra los valores promedio de varios análisis de la composición global de la leche de diferentes razas de vacas. (3)

Tabla 1. Composición química de la leche de diferentes razas de vacas (%).

Raza	Agua	Grasa	Protenia	Lactosa	Cenizas
Holstein	88.12	3.44	3.11	4.61	0.71
Airshire	87.39	3.93	3.47	4.48	0.73
Suiza café	87.31	3.97	3.37	4.63	0.72
Guernsey	86.36	4.50	3.60	4.79	0.75
Jersey	85.66	5.15	3.70	4.75	0.70

#### Composición del suero

El suero contiene la mitad de los sólidos de la leche original; la grasa y gran parte de la proteína se eliminan en la fabricación de queso. En la Tabla 2 aparece la composición del suero. En realidad el suero es una solución de lactosa al 5% que contiene 2% de otros componentes de la leche. Contiene casi tanta riboflavina como la leche. El suero ácido contiene más calcio y fosfatos que el suero dulce debido a la acción disolvente del ácido que se utiliza para precipitar la caseína. La proteína se calcula del contenido de nitrógeno del suero o de las fracciones separadas de éste. El suero que no está tratado para separar sus proteínas contiene  $\beta$ -lactoglobulina,  $\mu$ -lactoalbúmina, albúmina de suero, globulina de suero y otras proteínas desnaturizables por calor. El tratamiento de la leche con cuajo deja en el suero -

un macropéptido que se rompe de la  $\kappa$ -caseína en la etapa inicial del proceso de coagulación. (4)

Tabla 2. Composición del suero (%).

	Suero de queso dulce	Suero de queso ácido	Suero de caseína
Lactosa	4.9	4.6	5.1
Proteína coagulable por calor	0.5	0.5	0.6
Proteína no coagulable por calor	0.4	0.4	0.4
Cenizas	0.6	0.7	0.7
Grasas	0.3	0.1	0.1
Acido láctico	0.2	0.6	-
Sólidos totales	7.0	7.0	7.0
Agua	93.0	93.0	93.0

#### Valor nutritivo

El valor nutritivo del suero es alto en algunos aspectos pero bajo en otros. La grasa y la mayoría de las proteínas se han concentrado en el queso. Sin embargo, el valor biológico de las proteínas restantes del suero es más alto que el de la caseína, pero su concentración es baja. El calor excesivo durante el procesamiento, en especial durante el secado del suero en rodillos, puede disminuir su contenido de aminoácidos - haciendo que no estén disponibles biológicamente, en especial

la lisina. La mayoría de la lactosa y los minerales permanecen en el suero dulce, menos en el suero ácido. En algunas personas que no tienen la capacidad para hidrolizar los azúcares, existe una intolerancia a la lactosa; esto produce -- trastornos abdominales temporales. Los sólidos del suero pueden hacer una contribución nutricional positiva a los alimentos cuando se utilizan a niveles de 3 a 10% de sólidos. (4)

Tabla 3. Composición de aminoácidos esenciales de las proteínas de la leche (porcentaje del aminoácido en cada proteína). (3)

Aminoácido	Caseínas	Proteínas del suero
Lisina	6.45	9.7
Leucina	8.45	10.77
Cisteína	0	2.2
Triptofano	1.1	2.6
Treonina	4.5	5.82
Arginina	3.05	3.17
Histidina	3.12	2.37
Isoleucina	5.25	4.32
Metionina	2.82	1.32
Fenilalanina	5.0	4.22
Valina	5.82	5.7

Tabla 4. Contenido vitamínico del suero. (8)

	Fluido	Deshidratado
A (UI/100 gr)	11.0	50.0
	(Mg/lt)	(Mg/lt)
Tiamina	0.4	3.7
Riboflavina	1.2	23.4
Acido nicotínico	0.85	9.6
Acido pantoténico	3.4	47.3
Vitamina B <sub>6</sub>	0.42	4.0
Biotina	0.14	0.37
Acido fólico	-	0.89
Vitamina B <sub>12</sub>	0.002	0.021
Colina	-	1356.0
Vitamina C	13.0	-

La lactosa es una fuente de energía, como otros carbohidratos, pero es muy posible que sea algo más. Existen numerosos argumentos en favor del valor nutritivo particular de este azúcar, comparado con los glúcidos comunes.

La galactosa es un componente de los cerebrósidos que forman los tejidos nerviosos y se le ha llamado "glúcido de estructura", suponiéndose que la lactosa tiene una importancia especial en el suministro de este elemento.

Tabla 5. Consumo diario de nutrimentos de acuero con las recomendaciones de la FAO. (3)

Edad	Proteína gr	Tiamina mg	Riboflavina mg	Vit. C mg	Vit. B <sub>12</sub> µg
<b>Niños</b>					
1	14	0.3	0.5	20	0.3
1 - 3	16	0.5	0.8	20	0.9
4 - 6	20	0.7	1.1	20	1.5
7 - 9	25	0.9	1.3	20	1.5
<b>Adolescentes masculinos</b>					
10 - 12	30	1.0	1.6	20	2.0
13 - 15	37	1.2	1.7	30	2.0
16 - 19	38	1.2	1.8	30	2.0
<b>Adolescentes femeninos</b>					
10 - 12	29	0.9	1.4	20	2.0
13 - 15	31	1.0	1.5	30	2.0
16 - 19	30	0.9	1.4	30	2.0
Hombre adulto	37	1.2	1.8	30	2.0
Mujer adulta	29	0.9	1.3	30	2.0

La lactosa favorece una fermentación de tipo ácida, que es una de las causas de mejor utilización del calcio; pero - esta fermentación tiene también por consecuencia producir - condiciones desfavorables para los microorganismos de la putrefacción. Estas propiedades tienen gran importancia en la nutrición de los jóvenes.

La lactasa parece ser una enzima cuya disponibilidad se reduce considerablemente cuando se deja de beber leche, lo - que explica el hecho de que el hábito de beber leche es difi

cil de recuperar cuando se ha dejado. Por otra parte, es preciso señalar que las cantidades elevadas de lactosa en la ración pueden dar origen a diarreas. La riqueza de lactosa en lactosueros industriales es un obstáculo para su uso en la alimentación, pero puede superarse.

### Historia

El procesado del suero como una empresa comercial empezó en los años de depresión de los 30's. De sus principios, el retorno a la cadena alimenticia de los nutrientes del suero en formas comercialmente valiables ha sido el primer objetivo de la industria de procesado del suero. El primer producto industrial fué el concentrado entero de suero. Fué vendido para su uso de alimento animal. Debido a su naturaleza acuosa y perecedera, la distribución fué limitada por los altos costos de flete y a su corta vida de anaquel, a mercados en las proximidades geográficas de las plantas de procesado del suero. Estas dificultades fueron superadas por una más completa separación de la humedad hecha posible por el mejoramiento del equipo de concentración y secado.

Estos son los principales eventos que influenciaron el crecimiento y estructuración de la industria del suero de 1940 a 1981.

1940 - 1980. Expansión de la producción y el mercado de la lactosa. Los principales usos fueron en la preparación de

fórmulas infantiles, cubiertas de píldoras y como vehículo o excipiente en tabletas farmacéuticas, píldoras y cápsulas. Sin embargo, la posición prominente en los mercados de edulcorantes artificiales se perdió por los vehículos menos caros.

La producción de suero comestible se expandió. Los usos en panadería, dulces de leche, mezclas lácteas (con caseína, caseinatos y proteína de soya), confitería y mezclas preparadas deshidratadas representaron los principales mercados.

1942 - 1950. La lactosa fué usada como medio de fermentación para la producción de penicilina. El mercado se perdió por carbohidratos menos caros.

1950 - 1980. Los estándares de Estados Unidos para suero deshidratado fueron establecidos por la USDA. Los desarrollos en el proceso de membrana (electrodialísis, ultrafiltración, ósmosis inversa y filtración por gel) condujeron a la manufactura de un rango de productos de suero modificado usados como ingredientes en fórmulas infantiles, mezclas preparadas deshidratadas, confitería y alimentos lácteos. Los mercados fueron limitados por normas inciertas de la FDA (Food and Drug Administration).

1970 - 1980. Las regulaciones ambientales causaron que los productores de queso procesaran y mercadearan los anteriormente desechados sólidos de suero para evitar nuevos costos de tratamiento de desperdicio. Este movimiento sirvió pa

ra disminuir la posición una vez dominante de los procesadores independientes de suero.

1971. El Instituto de Productos de Suero (WPI) fué organizado para promover el mercado del suero y sus productos.

1972. Algunos procesadores de suero pidieron a la FDA - la afirmación del GRAS (Generalmente Reconocido Como Seguro) para los productos de suero modificado.

1975. El Estándar de Identidad de la Lactosa fué establecido por la FDA. El WPI pidió a la USDA permitir el uso del suero modificado como un ingrediente opcional en salchichas cocidas.

1975 - 1980. Las acciones legislativas, regulatorias y administrativas se tomaron para restringir el uso del suero en competencia con la leche descremada deshidratada.

1978. La Corporación de Crédito Conveniente, adquirió la bebida mezcla de suero-soya terminada por acción federal dirigida a promover el uso de leche descremada deshidratada del propio gobierno en programas de asistencia estadounidense.

1979. Un reporte de la Comisión Internacional de Comercio mostró que su industria de procesamiento de suero podría - perder cerca del 15% de su mercado actual si la cuota de importación cero en caseína (y caseinato) fuera aprobada. Las mezclas de suero-caseína (caseinato) ahora utilizan más de

91 millones de kg de suero deshidratado cada año.

1980. Los estándares de E.U. para suero deshidratado revisados por la USDA incluyen suero de mayor acidez hecho de ciertos tipos de queso Italiano y queso Cottage. (6)

1981. La FDA ha afirmado que el suero, el suero bajo en lactosa, el suero bajo en minerales y el concentrado de proteína de suero son GRAS (Generalmente Reconocidos Como Seguros) para su uso como ingredientes directos en alimentación humana.

La FDA ha enmendado los estándares de identidad para helado y flan congelado, leche helada y sorbete, para permitir en adición al suero dulce ahora permitido, el uso de productos de suero ácido y suero modificado de sueros dulces y ácidos como fuentes de sólidos de suero. Esas fuentes de suero pueden ser usadas singularmente o en combinaciones tan grandes que el total de sólidos de suero no exceda el máximo especificado en el estándar aplicable a postres congelados. (1)

### Utilización

Las prácticas industriales y ecológicas sanas requieren que el suero se salve para propósitos constructivos. Las Normas estatales y federales de calidad del agua materialmente han eliminado la práctica de desechar el suero en ríos y corrientes. La mayoría de los municipios están cobrando una cuota basada en la DBO para el desecho en los drenajes de la

ciudad. El suero contiene 6.3% de sólidos orgánicos. Su demanda biológica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno disuelto que la muestra absorbe expresada en partes por millón (ppm). La medida de la DBO en un período de 5 días se expresa como  $DBO_5$ . El  $DBO_5$  de 45 kg de suero de queso Cheddar es 3.5 y el equivalente de la población es 21. Así pues, se considera que 2.3 kg de suero provoca una contaminación igual al desperdicio de un individuo promedio. Una fábrica de queso que descarta 45 toneladas de suero al día requeriría de instalaciones de drenaje del tamaño de una población de 20,000 personas. Esto indica claramente la importancia del procesamiento del suero para obtener alimentos o productos alimenticios útiles.

Los aspectos económicos de la utilización del suero son los que gobiernan principalmente su disposición final. Este tiene muchos usos posibles, pero el costo de prepararlos para propósitos especiales no debe hacer que pierda su posición competitiva con materiales alternos. Cuesta casi tanto secarlo y embolsarlo como otro ingrediente en alimentos. En forma líquida no procesada puede darse a los cerdos o recircularse de nuevo a las vacas, pero de nuevo los costos de manejo casi no se recuperan como nutrientes disponibles para el animal. Sin embargo, el procesarlo a precio de costo es mejor que pagar una multa de acuerdo a la DBO por desecharlo a los drenajes. Los sólidos de suero son valiosos como alimentos para los humanos, especialmente cuando se preparan de ellos compo-

siciones de alto contenido de proteína. Estas deben competir con la caseína, la proteína vegetal y la clara de huevo. (4)

### Procesamiento

El suero dulce debe procesarse pocas horas después de ser eliminado de la cuajada del queso para preservar su calidad. El suero ácido producido en la fabricación de caseína o queso Cottage es más estable ya que el desarrollo de las bacterias del ácido láctico y muchos otros organismos se inhibe cuando la acidez es baja, inferior a un pH de 4.7 aproximadamente.

La primera etapa en el procesamiento es la pasteurización a la cual sigue la concentración y el secado. La pasteurización se lleva a cabo a 82 o 96°C. Si debe evitarse la desnaturalización de las proteínas del suero, deberán emplearse temperaturas menores a 74°C. El suero se concentra al vacío hasta 40 o 50% de sólidos excepto en los nuevos procedimientos de ósmosis inversa (RO). La RO puede utilizarse para concentrar pequeñas cantidades de suero (hasta 45 ton. por día) a 25% de sólidos. Esta reducción de volumen facilita el embarque a una planta de procesamiento o secado central donde se dispone de equipo a gran escala para evaporación o secado. Debe disponerse cuando menos de 45 a 340 ton. de suero al día para justificar la instalación de un evaporador al vacío o un secador por aspersion. Las grandes opera--

ciones de secado del suero manejarán de uno a varios miles de toneladas de suero al día.

La mayor parte del suero que se procesa, se seca y así - preservar para su almacenamiento, embarque y manejo como -- alimento o ingrediente para alimentos animales. Con este propósito se requiere un producto no higroscópico. Como el 70% del suero seco es lactosa, que normalmente al secarse produce un vidrio higroscópico, en general la lactosa se cristaliza en el concentrado (50% ST) y durante el proceso de secado. En el suero seco de este concentrado se produce un azúcar estable cristalina que no absorbe la humedad como la forma de jarabe. El polvo se envasa en bolsas de hojas múltiples con 23 o 45 kg de capacidad. (4)

#### Obtención de las proteínas

El suero contiene un 0.8% de proteínas. En la práctica - estas proteínas se precipitan por calentamiento, según el siguiente método:

- Se ajusta el pH del suero a un pH alrededor de 4.6 adicionando ácido o álcali según el pH inicial de la materia prima.
- El líquido se calienta hasta 95°C, manteniendo esta temperatura durante 45 minutos.
- Se escurre y filtra el líquido.
- La cuajada se introduce en sacos de tela y se prensan.

Por cada 1,000 kg de suero, se obtienen entre 20 y 25 kg de proteína que todavía contiene el 80% de agua. Este producto se envasa en barriles que se almacenan bajo refrigeración. Para prolongar su capacidad de conservación, este producto se tiende a secar bajo condiciones moderadas. Las proteínas secas se muelen y se envasan en bolsas de plástico. (2)

### Obtención de la lactosa

La lactosa es un azúcar cuyas propiedades específicas se aprovechan en la fabricación de antibióticos y productos farmacéuticos, dietéticos y alimenticios. Se distinguen dos clases de lactosa: lactosa bruta y lactosa refinada. La refinación normalmente se efectúa en laboratorios especiales.

La obtención de la lactosa bruta consiste en las siguientes operaciones:

- Eliminación de las proteínas.
- Concentración del suero al 60% de sólidos solubles.
- Cristalización de la lactosa. La masa concentrada se introduce en un recipiente enfriador, aquí se enfría paulatinamente hasta 30°C. Esta temperatura se mantiene 3 horas. Enseguida, se baja la temperatura hasta 20°C y se mantiene durante 4 horas y luego a 10°C removiendo la masa lentamente cada 2 horas. Después de 24 horas se forma una pasta cristalizada en gruesos cristales.

Centrifugación. La masa cristalizada se mezcla con agua

en una proporción de 5 a 2 respectivamente para hacerla más fluída. En una centrífuga la lactosa cristalizada se separa de la melaza.

- Deseccación. La lactosa húmeda se seca en cámaras secadoras a una temperatura de 75°C durante 6 horas.

Envasado. (2)

### Productos de la fermentación del suero

#### Acido láctico

La producción de ácido láctico por fermentación es de menor importancia ahora que éste compuesto se hace en cantidades considerables por síntesis química. Sin embargo, la fermentación usada para derivarlo del suero puede continuar encontrando aplicaciones limitadas ya que un producto útil puede ser obtenido de uno el cual a menudo es de menor valor económico.

La bacteria más comunmente usada en la fermentación es el Lactobacillus bulgaricus. Los pasos en el proceso de conversión de lactosa de suero en ácido láctico son: (a) se desarrolla un cultivo de Lactobacillus bulgáricus hasta que pueda ser usado un 10% del inóculo, (b) el suero libre de albúmina se fortifica con 0.5 a 0.65% del líquido del macerado de maíz estéril, (c) el suero se inocula y se incuba a 100° a 110°F (37 a 43°C), (d) el pH debe mantenerse entre 5 y 6 (nunca arriba de 7) por la adición periódica de CaCO<sub>3</sub> o cal, (e) la fermentación

tación se completa en 24 horas con un rendimiento de ácido láctico equivalente al 85 a 90% de lactosa y (f) cuando la fermentación se completa el pH se eleva a 12 con cal, la temperatura se eleva hasta ebullición, y el líquido se deja calentando por 20 minutos (esto precipita el fosfato de calcio y mata a la bacteria), el fosfato de calcio se remueve por filtración y el pH se reduce a 7.0 con ácido láctico.

En este punto hay dos opciones para recobrar el ácido láctico. En la primera, el lactato de calcio es inmediatamente convertido a ácido láctico por adición de ácido sulfúrico,  $\text{CaSO}_4$  (el cual se forma) se remueve por filtración, y el líquido se concentra en un recipiente al vacío hasta que el ácido láctico sea de la fuerza deseada. En el segundo procedimiento, el líquido de fermentación conteniendo lactato de calcio se concentra para permitir luego, su cristalización, el lactato de calcio se remueve por centrifugación, se lava y luego se seca. (14)

#### Alcohol etílico

El alcohol etílico puede ser producido a partir del suero por una de las levaduras fermentadoras de lactosa. El procedimiento es el siguiente: (a) se remueve la grasa de leche residual del suero, (b) el suero se calienta a  $212^\circ\text{F}$  ( $100^\circ\text{C}$ ) y el pH se ajusta a 4.7 a 5.0 usando ácido sulfúrico, (c) el suero caliente se filtra para recobrar la proteína precipitada y es enfriada a  $93^\circ\text{F}$  ( $33.8^\circ\text{C}$ ), (d) un inóculo de 1 libra (453 gr)

de levadura por 120 galones (454 litros) de suero, se añade y la fermentación se lleva a cabo en 48 - 72 horas, (e) el suero fermentado se sujeta a centrifugación para recobrar las células de levadura, y (f) el líquido se destila para recobrar el etanol. El mayor rendimiento teórico de etanol (84 - 91%) - fué obtenido con Torula cremoris. (14)

### Vitamina B<sub>12</sub>

El proceso para la producción de vitamina B<sub>12</sub> emplea los siguientes pasos: (a) preparación de un medio conteniendo 6 a 8% de sólidos de suero, 0.5 a 1% de extracto de levadura, y 15 ppm de cobalto; (b) adición de un 10% de inóculo de Propionibacterium shermanii y manteniendo la temperatura del medio inoculado a 84°F (28.8°C), (c) ajuste del pH diariamente hasta que vuelva a 6.5 a 7.0, (d) suministrar CO<sub>2</sub> por 84 horas (1,000 ml de aire por litro por minuto darán un máximo rendimiento de vitamina B<sub>12</sub>), y (e) secado del material fermentado. El producto seco obtenido de la fermentación contiene 365 g de vitamina B<sub>12</sub> por gramo; mientras que el máximo rendimiento obtenido en el líquido sin concentrar parece ser de 15.04 g por ml (15,040 g por litro). (14)

### Riboflavina

Producción por Eremothecium ashbyii.- El suero sirve como medio apropiado para el crecimiento y producción de riboflavina por Eremothecium ashbyii. Este organismo, sin embargo, no fermenta la lactosa y debe proveerse de una fuente -

de glucosa.

El primer paso en esta fermentación es la composición de un medio satisfactorio; éste puede componerse de partes iguales de suero y leche descremada y 5% de sacarosa o glucosa. - El segundo paso consiste en la esterilización del medio, ajustando el pH a 5.5 a 6.5, inoculando con 2% de un cultivo de Eremothecium ashbyii, e incubando a 77 a 86°F (25 a 30°C). La mezcla en fermentación se aerea durante 4 a 6 días de incubación para obtener el máximo rendimiento de riboflavina. El último paso es el que concierne a la obtención de la vitamina; la mezcla fermentada se puede pasteurizar si es usada pronto o secarse por pulverización. El máximo rendimiento de riboflavina está en el rango de 0.28 a 0.38 mg/ml de cultivo fluido.

Producción por Clostridium acetobutylicum.- Se llevan a cabo los siguientes pasos: (a) un cultivo de Clostridium acetobutylicum se transfiere a un medio estéril, tal como extracto de hígado, aplicando un shock térmico luego del cual se incuba a 100°F (37.7°C) por algunas horas; el cultivo se transfiere entonces, al suero estéril e incubando a 100°F (37.7°C) se hacen transferencias repetidas de tal manera que 50 lbs -- (22.7 kg) de cultivo son disponibles por cada 1,000 lbs (454 kgs) de suero que se fermenta, (b) el medio de suero se prepara ajustando el pH a 5.8 a 6.5 con NaOH, KOH o Ca(OH)<sub>2</sub>; añadiendo hierro (como sal ferrosa) para proveer 0.5 a 3 ppm de hierro (preferiblemente 0.63 a 1.54 ppm); añadiendo sulfato -

de zinc, sulfato de manganeso, ácido paraminobenzóico, carbonato de calcio (1 a 3 lbs. por 1,000 lbs.), y fosfato de calcio, (c) el suero se esteriliza calentando a 250°F (121°C) por 15 a 20 minutos, enfriando a 100°F (37,7°C) e inoculando con 4% de un cultivo de Clostridium acetobutylicum; la incubación continúa por 12 a 48 horas, (d) el etanol, acetona y alcohol butílico formados durante la fermentación se remueven por destilación fraccionada, y (e) el licor restante se concentra y seca. (14)

#### Acido lactobiónico

El ácido lactobiónico puede ser producido a partir de la lactosa por ciertas bacterias del género *Pseudomonas* como *P. -graveolens*, *P. fragi*, *P. putida*, *P. mucidolens*.

En su proceso, una solución de lactosa es (a) fortificada con fósforo monopotásico, sulfato de magnesio, urea, líquido del macerado del maíz y carbonato de calcio, (b) puesta en un fermentador, ajustada a 77°F (25°C) e inoculada con la bacteria escogida y (c) aereada a razón de 400 ml de aire por litro por minuto. Luego de 165 horas, la solución en un ensayo - (inicialmente conteniendo 288 gr de lactosa) contiene 222 gr de ácido lactobiónico como la sal de calcio lo cual representa un rendimiento del 77%. (14)

#### Vinagre

Huberty (1922). (14) propuso que el suero desproteínizado fortificado con etanol podría ser fermentado para producir vi-

nagre. El recomendó que el suero sea desproteínizado para el proceso requiriendo un mínimo de calor para reducir defectos de sabor en el producto terminado. Sus sugerencias para llevar a cabo esto incluyen: (a) precipitación de proteína con taninos (podría hacerse en el suero, en el suero fortificado con etanol o en el producto terminado), (b) precipitación con el etanol añadido para la subsecuente acetificación, o (c) evaporación del suero hasta secar y resuspensión en agua; la lactosa y las sales se disuelven pero la proteína queda insoluble. La acetificación se llevó a cabo con un generador de vinagre - equipado con astillas de madera. El vinagre final fué filtrado antes de embotellarse. (14)

Otros

Producción de grasa.- Treinta especies de hongos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* y *Fusarium* fueron examinados por su habilidad para crecer en el suero, utilizar la lactosa y producir grasa. Wix y Woodbine (1959) (14) revelaron que; (a) *Aspergillus ustus* y *Penicillium oxalicum* exhibieron mayor utilización de la lactosa y desarrollo en cultivos agitados, (b) *Penicillium frequentans* y *P. notatum* dieron iguales o mejores resultados en cultivos estacionarios, (c) el mayor rendimiento de grasa fué obtenido con cultivos aereados (en agitación) de *Aspergillus ustus* creciendo en suero fortificado con 1.14 gr de nitrato de amonio por litro; el 96% de la lactosa fué utilizada y el micelio contenía 13% de proteína y 28% de grasa.

Producción de penicilina.- El uso del suero o un concentrado de suero para proveer de lactosa y materia nitrogenada en un medio de fermentación para penicilina fué defendido por Mayer (1949) (14). Aunque él declaró que se obtuvieron incrementos en los rendimientos del antibiótico cuando se añadió suero al medio, la lactosa ha sido en gran parte reemplazada por carbohidratos menos caros.

Producción de propionatos.- Una patente expedida a Sherman y Shaw (1923) (14) describe un proceso para la producción de ácido propiónico o propionatos del suero. El proceso emplea suero esterilizado fortificado con caliza pulverizada e inoculado con Propionibacterium shermanii. Esta bacteria produce ácido propiónico de lactosa y lactato y el ácido se recupera como la sal.

Acetona - alcohol butílico - alcohol isopropílico.- En 1940 - Loughlin (14) patentó un proceso en el cual fermentó un medio lácteo conteniendo aproximadamente 5% de azúcar y enriquecido hasta con 0.2% de sulfato de amonio para producir una mezcla de alcohol butílico (75%), acetona (23%) y alcohol isopropílico (0.5 a 1.2%). El empleó 2.5% de un inóculo de Clostridium saccharobutyl-isopropil-acetonicum (Clostridium acetobutylicum.) y una incubación de 75 hrs a 86-95°F (30 a 35°C). La atención se dirige al hecho de que estos solventes también se forman en la fermentación la cual emplea Clostridium acetobutylicum para producir riboflavina y que se describió anteriormente.

## Levaduras para alimento animal

En la actualidad hay una tendencia a la producción de levaduras sobre suero. Las levaduras constituyen, para los animales, una excelente fuente de proteínas y vitaminas.

Las levaduras que es posible obtener son sólo las que pueden utilizar la lactosa del suero. Entre ellas figuran algunas cepas de *Torula* y de *Saccharomyces fragilis*.

Desde hace diez años se vienen efectuando experimentos en Francia y Estados Unidos, fruto de los cuales ha sido la puesta a punto de nuevas técnicas industriales que constan las siguientes fases:

1. Desproteínización del suero pasteurizado con ácido láctico. Los ensayos de Wasserman (1959) (13) demuestran sin embargo que no es necesario efectuar esta desproteínización para obtener excelentes rendimientos.

2. El suero, desproteínizado o no, se vierte en cubas profundas o en cilindros provistos de un dispositivo de inyección de aire a presión. Se enriquece entonces el líquido en elementos nutritivos, principalmente en sulfato amónico. Según Wasserman, la adición de 0.5% de este producto proporciona nitrógeno suficiente para posibilitar la multiplicación de la levadura durante 2 o 3 horas. Con 1% de sulfato amónico se puede prolongar la operación durante 4 horas. La influencia de la adición de nitrógeno se refleja también en la composición de la levadura obtenida. Sin esta adición el contenido

de nitrógeno es sólo del 66% del de la levadura sembrada. Con una adición del 1% se conserva, durante las 4 horas de multiplicación, el contenido de nitrógeno de la levadura inicial.

El inóculo de levaduras ha de alcanzar unos valores determinados. Wasserman preconiza un inóculo cuyo peso seco represente aproximadamente el 30% del peso de la lactosa presente en el suero.

Si se mantiene la temperatura del medio a 30-32°C y el pH inicial es de 5 - 5.5, se inyecta aire en el líquido a fin de interrumpir el poder fermentativo de la levadura y acelerar simultáneamente la proliferación celular. En la práctica hay que disponer de unos 15 a 20 gramos de oxígeno para transformar los 45 gramos de lactosa presentes en un litro de suero.

Se extrae la levadura por centrifugación con un separador apropiado. La masa de levadura así obtenida se lava suspendiéndola en agua y recentrifugándola. El producto concentrado que se obtiene se deseca finalmente en un aparato de cilindros.

Los procedimientos puestos a punto recientemente permiten obtener una media de 20 kg de levadura seca por cada - - 1,000 litros de suero. (13)

#### Utilidad del suero en alimentos

Un estudio de las tendencias de producción y utilización

en los Estados Unidos durante 1974 indicaron que aproximadamente 13.8 billones de kg de suero de queso o 0.9 billones de kg de sólidos de suero disponibles, solamente cerca del 56% - fueron usados en alimentos humanos y animales y el resto fué desechado. Sólidos de suero para nutrición humana están siendo producidos en una variedad de formas tales como suero deshidratado, suero condensado, suero parcialmente deslactosado, suero parcialmente desmineralizado, etc. Ha habido una constante tendencia ascendente en la utilización del suero para alimentación humana en años recientes, debido principalmente a una mejor comprensión de las características nutricionales, biológicas y funcionales únicas de los componentes del suero. Muchos de los métodos de utilización disponibles, tales como concentrados de proteína de suero, se dirigen al fraccionamiento de algunos de los constituyentes selectivamente en mayor grado que el uso del suero entero, así solo se resuelve parcialmente el problema de la utilización y desecho.

El suero puede ser incorporado ventajosamente en varias formulaciones alimenticias (Tabla 6). La lactosa, la cual es el principal componente, actúa como vehículo del sabor y color cuando se añade a muchos alimentos. Actúa también como potenciador de la "sensación en la boca" cuando el suero se usa como un ingrediente.

Los sólidos de suero ablandan y ayudan a retener humedad y frescura en alimentos en contraste con la firmeza de los -

productos que contienen leche descremada. Estas propiedades son especialmente notables en la corteza suave y quebradiza de pays o pizzas.

Tabla 6. Utilización del suero en alimentos para humanos.

Alimento	Sólidos de Suero usados (%)	Contribución de los sólidos de suero
Alimento infantil deshidratado	25 - 40	Nutricional, biológica
Bebidas	6	Sabor, cuerpo
Sopas deshidratadas y bases para salsas	50 - 75	Sabor, cuerpo
Medio de cultivo deshidratado	85 - 97	Nutricional
Productos de panadería	3 - 10	Sabor, textura, calidad de conservación
Productos de confitería	4 - 10	Sabor, humedad, propiedades de batido
Alimentos de queso	10	Sabor, cuerpo
Mezclas deshidratadas	10	Suavizante, color, vehículo de grasas y aceites

Los sólidos de suero en combinación con pequeñas cantidades de gelatina han sido mostrados como una nueva clase de agente de flujo que tiene la capacidad de retener dos veces su peso en aceites, grasas y sabores. Esta propiedad es especialmente útil para la fabricación de productos no acuosos. Superficies grandemente expandidas para retener aceites, gra-

sas y sabores pueden ser provistos por inyección de aire en el suero antes de su secado por atomización.

Las cubiertas a base de suero han sido apropiadas para aplicaciones alimenticias. Para alimentos espaciales, las cubiertas a base de suero que contienen grasas altamente fundibles son usadas para reducir el grado al cual esos productos se desintegran en la boca y permiten su fácil deglución. (12)

#### Bebidas

El uso del suero como una bebida en la nutrición humana, especialmente para propósitos terapéuticos, puede hallarse desde la antigua Grecia; Hipócrates en el año 460, prescribió suero para ciertas enfermedades humanas. En la Edad Media, el suero fué recomendado por muchos doctores para diversas enfermedades, y a mediados del siglo XIX, las curas con suero alcanzaron un alto grado con el establecimiento de más de 400 casas de suero en Europa Occidental. Más tarde, en los años 1940's en spas de Europa Central, dispepsia, uremia, artritis, gota, enfermedades del hígado, anemia y hasta tuberculosis fueron tratados con la ingestión de hasta 1,500 gr de suero al día.

A continuación se presenta una clasificación de las bebidas de suero que presentaron Holsinger, Posati y de Vilbiss (7).

Bebidas de suero entero.- El más barato y eficiente método para preparar una bebida a base de suero, es drenar el suero -

de la tina quesera, pasteurizarlo, deodorizarlo si se desea, -saborizarlo apropiadamente y empacarlo para su posterior consumo.

Besserezhnov (7) ha descrito un proceso simple para preparar una bebida con sabor a yogurt. El suero dulce fresco pasteurizado, fué inoculado con 10% de un cultivo consistente de -- Lactobacillus bulgaricus, L. acidophilus, L. helveticus, L. casei y Streptococcus thermophilus. Después de 24 hrs de incubación, el producto fué enfriado y empacado.

Un producto desarrollado en la Universidad del Estado de Michigan (7), fué visualizado como un alimento de desayuno incorporando suero dulce o ácido y jugo de naranja. Un volumen de jugo de naranja fresco concentrado fué mezclado con cuatro volúmenes de suero deodorizado y empacado. El producto contenía 0.7 a 1.0% de proteína; los autores sugirieron que la bebida podría ser carbonatada y vendida como un refresco nutritivo.

Para una bebida burbujeante, Anatovskii y Yaroshenko, incubaron primero suero dulce por 24 hrs con Lactobacillus acidophilus o Streptococcus lactis, entonces añadieron levaduras y 8 a 10% de azúcar. La mezcla fué envasada y sellada, manteniéndola a 8°C por 3 o 4 días, entonces estuvo lista para consumirse. Los autores enfatizaron sobre sus propiedades curativas.

Una nueva bebida basada en suero, llamada Freshi, fué desarrollada por una compañía de lácteos de Suiza. Este producto

contenía cerca de 50% de suero purificado, azúcar, agua y saborizado con naranja y notas de sabor limón y toronja. La mezcla de suero se pasteurizó a 90°C y se empacó asépticamente en envases de 0,25 litros. Como el producto fue muy ácido, fue posible usar bajas temperaturas de esterilización; la vida de anaquel mostró ser de cerca de 6 meses sin refrigeración.

Bebidas no alcohólicas de suero desproteínizado.- Las bebidas de suero desproteínizado han sido sujeto de considerable investigación en algunos países. El suero puede fermentarse antes o después de remover la proteína y la bebida terminada puede o no ser burbujeante. Este tipo de bebida representa una versión más nutritiva de refrescos carbonatados tan familiares al consumidor americano.

Los métodos para desproteínizar el suero pueden ser por calor y ácido, que es el más popular; por la acción de taninos junto con calor, los cuales se encuentran en extractos herbales o jugos de frutas, que también imparten sabor al suero base; y por coagulación con enzimas proteolíticas, que incrementan el contenido de nitrógeno soluble, aumentando el valor nutritivo de las bebidas.

A. Bebidas sin fermentar. Dordevic y Kolev describieron la manufactura de una bebida clara sabor fruta carbonatada. Ellos recomendaron que el suero se deodorizara después de la remoción de la proteína, se filtrara y desaereara, saborizándolo después para reducir la oxidación del producto termina--

do. La bebida fué entonces pasteurizada y embotellada en una línea embotelladora regular equipada con máquinas para impregnar con dióxido de carbono bajo una presión de 1 a 2 N/m<sup>2</sup>. La bebida fué estable al menos por 30 días. El pH final fué de 3.7; el producto contenía 4.4% de lactosa, 14.8% de azúcar total y 188 mg/100 mg de calcio. Si se deseara una bebida opaca, el paso de la filtración después de saborizarlo se elimina.

Rzewuska y Rutte, mostraron que la desproteínización del suero es necesaria para producir bebidas de buena calidad de mantenimiento. La desproteínización con calor a pH 7 removi6 el 63% de la protefna. Mezclando con jugos naturales de fruta desproteínizando el suero luego, de tal manera que 1 litro de producto final contenía 3 a 4 gr de protefna soluble. Los mejores refrescos contenían 95% de suero; concentrados de todo tipo de frutas se usaron. Pruebas panel mostraron que los sabores de naranja y menta fueron los preferidos, y las bebidas de suero dulce fueron superiores a las del suero ácido.

B. Bebidas fermentadas. Rivella, una burbujeante y clara infusión de hierbas alpinas, apareció primero en Suiza en 1952. Rivella fué preparada por fermentación del suero desproteínizado con bacterias acidolácticas, filtrada condensada a razón de 7:1, añadiendo azúcar y saborizando, refiltrando, diluyendo y carbonatando, luego de lo cual el producto fué embotellado y pasteurizado. La bebida terminada contenía 9.7% de

sólidos totales, 0.125% de nitrógeno total y el pH fué de alrededor de 3.7. Veinte a 30 millones de litros son vendidos - anualmente.

Un producto polaco, champán de suero, se ha descrito extensamente. A pesar de su nombre no es alcohólica. Después de la separación de la grasa residual y desproteínización por calor, se añadió 7% de azúcar al filtrado de suero, y fué inoculado con 1% de levaduras de pan frescas. Fué incubado entonces a 25°C hasta una acidez de 35°SH, coloreado con 1.5% de color caramelo, saborizado, embotellado y almacenado a 8°C. - Correctamente hecha, la bebida debe tener un sabor agradable característico del sabor añadido y debe ser fuertemente burbujeante. La acidez no debe exceder los 45°SH. Aproximadamente 230,000 litros fueron producidos anualmente.

Bebidas alcohólicas de suero.- Bebidas alcohólicas pueden ser manufacturadas del suero con técnicas apropiadas. Una buena bebida debe ser transparente, clara y preferiblemente burbujeante. La desproteínización del suero sería de especial importancia en la producción de tales bebidas.

La escasez de materia prima durante la Segunda Guerra Mundial aceleró la investigación para el desarrollo de bebidas alcohólicas de buena calidad derivadas del suero, y se alcanzaron algunos éxitos, particularmente en la manufactura de cerveza de suero.

A. Bebidas que contienen menos de 1% de alcohol. Schulz

y Fackelmeier, usando técnicas cerveceras estándar, desarrolló un tipo completamente nuevo de bebida de suero aromática fermentada, la cual se llama Milone. El suero fue primero fermentado con un cultivo de kéfir para obtener 1% de ácido láctico y 3.5% de lactosa. Un volumen igual de un 3% de extracto de hojas y hierbas fue agregado; los taninos precipitaron las proteínas de suero (proceso Lactanid). Después de la filtración del suero aromático saborizado fue finalmente fermentado con levaduras fermentadoras de la lactosa y endulzada con sacarina. La bebida final contenía 0.8% de alcohol. Fue embotellada bajo dióxido de carbono y fue estable por 1 año.

Whevit, una bebida burbujeante descrita como un refresco nutritivo, fue recientemente desarrollada en India. Después de la desproteínización, 50% de jarabe de azúcar a razón de 3.6 litros a 16 litros de suero fue añadido y la mezcla fue hecha con 0.2% de ácido cítrico. La mezcla fue inoculada con 0.5 a 1.0% de Saccharomyces cerevisiae e incubada a 22°C por 14 a 16 hrs. Después de la adición de sabores cítricos, el producto fue embotellado y pasteurizado. La bebida terminada contenía 10 a 11% de azúcar total, 0.4 a 0.6% de material nitrogenado, y 0.5 a 0.7% de alcohol.

B. Cerveza de suero, Roeder, mostró que hasta un 30% de malta podría ser reemplazada por suero desproteínizado. El suero fue desproteínizado parcialmente por cocción a pH 4.5 a 5.5 con el lúpulo y el filtrado fue mezclado con el mosto. La fermentación fue llevada a cabo con levaduras de cerveza de -

fermentación profunda. Debido a que éstas no pueden fermentar la lactosa, suficientes constituyentes de malta con carbohidratos fermentables deben ser usados para que de esta manera, los contenidos de dióxido de carbono y alcohol deseados estén garantizados.

Dietrich, desarrolló un sustituto de cerveza mezclando 5.4% de malta con 2.5% de suero desproteínizado. La mezcla malta-suero fué fermentada con Saccharomyces lactis; después de 5 a 7 días, el producto desarrolló sabor y características de una verdadera cerveza.

Bochyu, una bebida desarrollada en Rusia fué hecha con suero desproteínizado, el cual se diluyó 2.5 veces con agua, y endulzada con 7.5% de azúcar. La mezcla fué entonces pasteurizada, se le agregó 0.2% de sultanas y 0.2% de levaduras y fué fermentada por 6 a 8 horas. Luego se le añadió 1% de azúcar caramelizada y 0.3% de extracto de lúpulo, la mezcla se filtró en barriles cerveceros de madera y se mantuvo por 6 a 8 hrs a 6 a 8°C. El producto burbujeante final tenía un sabor láctico-lúpulo y contenía 3.8% de alcohol.

C. Vino de suero. Engel, patentó un proceso de producción de una bebida alcohólica sabor cereza del suero. Suero fresco y sacarosa en una proporción de 2.5:1 a 9:1 fué fermentado con 1.2 a 9.9% de levaduras de pan. La mezcla fué almacenada por 3.5 meses. Los primeros días se mantuvo a 17.8°C y gradualmente se enfrió. Luego de 10 días, una capa negra se

le formó en la superficie; esta fué removida y una película grasosa que se le formó después fué también removida. El líquido fué sifoneado del tanque y almacenado en oscuridad por 10 a 54 días para permitir el desarrollo de sabor. Luego de congelar a  $-23^{\circ}\text{C}$  por 4 días para fijar el sabor, fué envejecida a  $10^{\circ}\text{C}$  por algunos días luego de lo cual estuvo lista para usarse como agente saborizante o bebida.

Zadra patentó un proceso para hacer una bebida alcohólica carbonatada del suero. Después de retirarle la proteína, el suero fué enfriado a  $35^{\circ}\text{C}$  y se añadió lactosa o 1% de almendras pulverizadas. Después de 4 hrs de incubación, el líquido fué decantado, enfriado de 4 a  $6^{\circ}\text{C}$ , tratado con levaduras de cerveza, fermentado, decantado, almacenado de 0 a  $2^{\circ}\text{C}$  bajo presión por 1 a 2 semanas, filtrado y embotellado. Por hidrólisis de la lactosa en sus monosacáridos glucosa y galactosa, la fermentación no necesitó de la adición de sacarosa.

D. Bebidas alcohólicas que contienen proteínas. Una bebida semejante al kumiss fué producida de una mezcla de leche, suero y lactosa por Jagielski. La fermentación acidoláctica y alcohólica condujo a un producto burbujeante el cual contenía alcohol, ácido láctico y dióxido de carbono.

Khrulkevich también produjo una bebida tipo kumiss a partir de suero. Una mezcla de volúmenes iguales de suero y leche fué inoculada con 25% de un cultivo de levaduras de kumiss, Lactobacillus bulgaricus y L. acidophilus. Se declaró -

que la bebida tenía una refrescante sensación ácido-alcohólica. La estabilidad y consistencia de la bebida fué mejorada - por la adición de gelatina.

Bebidas proteínicas.- Las bebidas de alto contenido de proteína a base de suero ofrecen una posibilidad atractiva, no solo desde el punto de vista de los procesadores de proteína, también estas bebidas tienen gran potencial de aceptación popular. Estas caen en dos grupos:

A. Bebidas imitación leche. Investigadores de la Universidad de Estado de Michigan, han preparado un producto imitación leche, formulado con suero, aceites vegetales seleccionados, hidrocoloides vegetales y algunas veces leche descremada. La bebida contenía 2.4% de grasa y de 1 a 1.5% de proteína. La dispersión grasa-proteína fué físicamente estable por 3 a 4 semanas.

Un estudio reciente por Vajdi y Pereira describieron el uso del suero como un sustituto de leche en la producción de bebidas de fresa, limón y chocolate. El pH del suero líquido fué ajustado a 6.7 con KOH 0.1N. La bebida de fresa fué preparada por adición de 2.59 kg de crema con 35% de grasa, 2.27 - kg de azúcar, 2.72 kg de leche descremada en polvo, estabilizantes y saborizante a 39 kg de suero líquido. La mezcla fué agitada fuertemente, calentada a 82°C por 2 min, y homogenizada a 35,2 y 105.5 kg/cm<sup>2</sup>. Luego de la homogenización el producto fué enfriado a 10°C y embotellado. La bebida de limón -

fué preparada de forma similar después de la adición de 2.59 kg de crema con 35% de grasa, 2.27 kg de azúcar, sabores y estabilizantes a 40.8 kg de suero concentrado. La bebida de chocolate fué preparada luego de la adición de 2.27 kg de azúcar 0.91 kg de chocolate, 3.63 kg de suero en polvo y estabilizante a 38.6 kg de suero líquido. Estos productos tienen bajos costos de producción y buen sabor. Estudios de vida de anaquel no mostraron cambios en estado o sabor durante 1 mes de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración. Además las pruebas panel no mostraron diferencias significantes entre leche con chocolate comercial y la bebida de suero con chocolate.

B. Bebidas que semejan refrescos. En 1971, una bebida carbonatada sabor naranja, semejante a las bebidas convencionales que dominan en mercado americano, fué probada en el mercado brasileño. Este producto, Tai, contenía 1.5% de proteína de suero y fué manufacturada de un concentrado de alto contenido de proteína preparado por ósmosis inversa.

Holsinger y sus asociados enriquecieron los refrescos existentes con aislados de proteína de suero manufacturados por ultrafiltración seguida de filtración por gel, evaporación al vacío y secado por espreas o por vacío. Ellos demonstraron que las bebidas carbonatadas podrían ser enriquecidas hasta con 1% de proteína de suero sin cambios detectables de apariciencia o sabor, en donde las proteínas fueron aisladas en

forma sin desnaturalizar. Estos aislados deshidratados pueden usarse para enriquecer bebidas en polvo.

### Helados

Probablemente el uso simple más grande del suero en un producto lácteo es en helados. Las regulaciones federales permiten el uso de suero en helados hasta un 25% de la leche descremada usada. Como resultado, muchos millones de kilogramos de sólidos de suero son usados cada año en helados. El problema de textura arenosa asociada con el uso de sólidos de suero en mezclas para helados ha sido controlada por la elección de un estabilizante apropiado. (12)

El suero en forma fresca, natural, condensado azucarado, o deshidratado, es una fuente excelente de sólidos derivados de leche en sorbetes. Este mejora el cuerpo y textura del sorbete produciendo una mayor suavidad de la que posee el sorbete normal hecho con mezcla para helado. La composición de sorbetes de suero se dan en la Tabla 6. Los sorbetes contienen 4 a 5% de sólidos de suero. Cuando se usa suero de queso Cottage, la acostumbrada adición de ácido cítrico a los sorbetes - sabor fruta puede ser grandemente reducida o eliminada.

Potter y Williams encontraron que el suero mejoró grandemente las propiedades de batido de los sorbetes. La excesiva incorporación de aire durante la congelación se evitó agregando 0.6 a 2% de crema a la mezcla del sorbete la cual fué entonces homogenizada. Un análisis del efecto de los constituyen--

Tabla 7. Composición de sorbetes de suero hechos de cuatro - fuentes de sólidos de suero.

Fuente de suero en sorbete	Ingredientes	%	Instrucciones de mezclado
Suero fluído, 6.4% de sólidos totales	Azúcar de caña	21.0	Mezclar los azúcares con el estabilizante y añadir al suero. Pasteurizar y enfriar.
	Azúcar de maíz	7.0	
	Suero fresco	71.5	
	Estabilizante (pectina o gelatina)	.5	
Suero condensado 60% de sólidos totales	Agua	63.17	Mezclar azúcares y estabilizante, añadir a la mezcla de suero-agua. Pasteurizar y enfriar.
	Azúcar de caña	21.00	
	Azúcar de maíz	7.00	
	Suero condensado	8.33	
	Estabilizante (pectina o gelatina)	.5	
Suero condensado azucarado, 38% azúcar de caña, 38% sólidos de suero	Agua	63.35	Mezclar azúcares y estabilizante, añadir a la mezcla de suero-agua. Pasteurizar y enfriar.
	Azúcar de caña	16.00	
	Azúcar de maíz	7.00	
	Suero condensado azucarado	13.15	
	Estabilizante (pectina o gelatina)	.5	
Suero en polvo, 95% de sólidos totales	Agua (a temperatura ambiente)	66.25	Mezclar los azúcares suero y estabilizante, agregar al agua despacio y agitando. Pasteurizar y enfriar.
	Azúcar de caña	21.00	
	Azúcar de maíz	7.00	
	Suero en polvo	5.25	
	Estabilizante (pectina o gelatina)	.5	

tes del suero sobre las propiedades de batido de los sorbetes mostraron que la presencia de proteínas de suero coagulables por calor decrecen el batido y que la fracción nitrogenada no coagulable del suero fué el agente activo productor de espuma. El uso de suero en sorbetes hace posible alcanzar al adecuado "overrun" o desarrollo, bajo condiciones de congelado o composición las cuales producen un efecto depresivo sobre el batido de las mezclas sin suero. (14)

#### Quesos y productos de queso

Ricotta.- Es originario de Italia, pero ahora se elabora en muchas partes del mundo. Se hace a partir del suero obtenido de la manufactura de otros quesos. En los Estados Unidos, se le agrega leche descremada o entera para elevar el contenido de sólidos y mejorar la precipitación y el sabor. El contenido de grasa varía usualmente de 4 a 10% dependiendo del tipo de suero usado. La proteína de suero se coagula calentando a 185°F (85°C) o más y añadiendo suero ácido, ácido cítrico o vinagre blanco. El precipitado, el cual se eleva a la superficie, es sumergido y drenado y luego enfriado, se le agrega sal y se empaca. A veces se prensa en diversas formas, se cura con sal en la superficie y se usa para gratinar.

Mysost, Gjetost y Primost.- El Mysost, es un queso hecho con suero de leche de vaca, el Gjetost de suero de leche de cabra y el Primost, del suero al cual se le agrega grasa de leche. En éstos, todos los sólidos de suero se utilizan. El Primost

es de color claro con un sabor dulce caramelizado y un cuerpo suave y cremoso. El Mysost y Gjetost, son más café oscuro y tienen una textura granulosa.

El suero dulce se concentra en un evaporador de doble efecto hasta 60% de sólidos y luego se sigue concentrando en una marmita abierta hasta 84% de sólidos. Se calienta con una constante agitación hasta que alcance una condición plástica con un color café definido. La masa plástica se transfiere a una caja de amasado y se agita mientras se enfría para prevenir la formación de cristales grandes de lactosa. Mientras está tibio se empaca en cajas cúbicas y se enfría hasta que pueda ser cortado y empacado.

Si no se cuenta con equipo de evaporación, el suero puede ser concentrado hirviendo en marmitas abiertas. La proteína coagulada se retira durante la operación y se regresa al concentrado cuando éste alcanza 1/4 de su volumen original.

#### Confitería

La leche está compuesta de cuatro constituyentes básicos que necesitan considerarse en el procesamiento de dulces. Estos son la grasa de leche, la proteína, la lactosa y los minerales o ceniza. La composición de los sueros fluidos y de productos apropiados para la manufactura de dulces, suero condensado azucarado y suero deshidratado se da en la Tabla 8.

Los sueros fluidos, debido a su alto contenido de agua

Tabla 8. Composición de productos de suero.

Productos	Agua	Proteína	Grasa	Lactosa	Ceniza	Sacarosa		
							%	
Sueros frescos fluídos								
Suero dulce de renina	93.2	.8	.6	4.7	.5	-		
Suero de queso Cottage	93.6	.8	.2	4.3	.6	-		
Sueros deshidratados								
Suero dulce de renina	4.0	12.5	1.0	72.0	8.0	-		
Suero de queso Cottage	3.5	12.9	.3	67.0	8.5	-		
Suero condensado azucarado	24.0	5.3	.6	28.6	3.5	38.0		

Tabla 9. Fórmulas para dulces de suero.

Ingredientes	"Wheyfer"	Dulce batido de chocolate	Dulce de chocolate	Caramelo	Jarabe de chocolate		
						%	
Suero condensado azucarado	84	32	43	45	52		
Azúcar		40	11				
Jarabe de maíz		16	9	28	42		
Azúcar invertido		5	3	6			
Sólidos no grasos de leche				6			
Grasa vegetal				4			
Grasa de leche			2.5	5			
Cereal seco precocido	4						
Fondant			20	0			
Chocolate		7	6		6		
Nueces	12		5.4	6			
Vainilla							
Lactosa en polvo			0.1				

nó pueden usarse fácilmente para la manufactura de dulces. - El suero condensado azucarado es excelente para usarse en dulces, pero contiene gran cantidad de sacarosa, es pesado y voluminoso, y los sólidos de suero pueden a veces obtenidos más económicamente en el suero seco.

En la Tabla 9 aparecen las fórmulas para dulces de suero. Los porcentajes de sólidos de los dulces son: para los "wheyfers", 40%; dulce batido de chocolate, 14%; dulce de chocolate, 20%; caramelo, 21% y para el jarabe de chocolate, 2.6%.

La lactosa es el principal componente del suero y es única en varios aspectos, ésta puede ser usada para formar estructuras cristalinas, lo cual es deseable en ciertos dulces, pero indeseable en otros, con lo cual se deben tomar medidas para evitar la formación de grandes cristales.

La proteína del suero es menos capaz de contribuir a la firmeza del dulce como lo hace la caseína, pero tiene la capacidad de formar espumas, las cuales no coagulan con calor como las de la clara de huevo, esto ayuda en ciertas formulaciones.

Las sales contribuyen de manera importante al sabor característico de la leche, lo cual beneficia al dulce elaborado con suero. (15)

## Panadería

Las panaderías en los Estados Unidos han sido el más grande consumidor de suero. En 1976, una cantidad estimada de 45.4 millones de kg de sólidos de suero fueron usados por la industria panadera. Como una medida para reducir costos de manufactura, los sólidos de suero han ido reemplazando provechosamente la más costosa leche descremada en polvo.

Sin embargo, el uso de sólidos de suero tiene ciertas limitaciones aún cuando se usa un producto tratado a alta temperatura. El uso de sólidos de suero incrementa el tiempo de mezclado de la masa, disminuye la absorción de agua y decrece el volumen del pan. Este problema puede superarse con los productos de suero modificado los cuales son bajos en lactosa y altos en proteína. (12)

Singleton et al. (14) reportaron que los sólidos del suero están encontrando uso en muchas aplicaciones en panadería. El suero dulce es excelente en masa para pays, dando más suavidad y "laminosidad". Los niveles de grasa y agua pueden mantenerse al mínimo debido al suavizamiento y bajos requerimientos de agua del suero. Las galletas hechas con suero tienen excelente sabor y color. Debido a sus cualidades de mejoramiento del sabor, los sólidos de suero dulce también están siendo recomendados para panqués, pays de carne congelados, caserolas y rellenos para pays. (14)

### Concentrados de proteína de suero (CPS)

Las proteínas de suero tienen los aminoácidos esenciales adecuados, y son considerados altamente nutricionales y fisiológicamente completas. Y además tienen excelentes características funcionales. Mathur y Shahani (12), aislaron las proteínas de suero con carboximetilcelulosa, cloruro férrico, ferrilpolifosfatos, ácido poliacrílico y hexametáfosfato de sodio. Estos polielectrolitos enlazan proteínas de suero vía interacción electrostática y producen un precipitado en su punto isoeléctrico. Como esta técnica de "precipitación en frío" recobra las proteínas del suero en su forma nativa, las proteínas del suero retienen la mayoría de sus características funcionales y de esta manera son consideradas superiores a aquellas recobradas por el proceso de "coagulación caliente". Sin embargo, de este método resulta un concentrado de proteína de suero con alto contenido de ceniza, variando de 12.8 a 28.4%, lo cual causa numerosos problemas nutricionales y de procesado. No obstante, el contenido de ceniza puede reducirse significativamente por combinación de un tratamiento químico con ditionito de sodio y filtración por gel.

El CPS también puede prepararse comercialmente por ultrafiltración, ósmosis inversa y electrodiálisis. Las características generales deseables del CPS aislado por esta técnica son solubilidad, viscosidad, capacidades estabilizantes y emulsificantes, espumado, gelación y absorción de agua. -

Así, el CPS puede usarse en sustitutos de leche, sustitutos de huevo, mezclas para helados, quesos procesados, cremas - batidas y otros.

#### Formulaciones de alimentos infantiles

Los bebés nacen con funciones orgánicas relativamente subdesarrolladas, especialmente de riñones e intestinos. - Esto requiere que se cubran ciertas demandas nutricionales especiales, particularmente durante los 3 primeros meses de vida. Trabajos de investigación en esta área, muestran que los bebés alimentados exclusivamente con leche de vaca desarrollaron alteraciones en la fisiología intestinal.

Sólidos de suero modificado pueden agregarse a la le- che de vaca para dar características de leche humana. Estu- dios en Japón, han mostrado que bebés alimentados con formu- laciones humanizadas agregando caseína al suero a razón de 60:40 (como la leche humana) muestran funciones fisiológi- cas normales. La alimentación con formulaciones humanizadas ejerce considerablemente menos presión osmótica en riñones e incrementa la retención y utilización de nitrógeno.

La elaboración de estas fórmulas incluye la filtración por gel del concentrado de proteína de suero, mediante la - cual se separa la  $\alpha$ -lactoalbúmina, la albúmina de suero y las inmunoglobulinas que luego de deshidratarse forman un - preparado para alimento infantil. (12)

### Alimentos para dietas especiales

Durante la etapa de senilidad, el cuerpo humano exhibe diferentes condiciones celulares, funciones orgánicas y proporción del cuerpo comparado con las etapas previas del desarrollo. Esto demanda requerimientos nutricionales especiales para el sustento de la vida. De la misma manera, las personas que se encuentran en cuidado postoperatorio pueden sufrir trastornos en sus funciones digestivas y requieren dietas especiales bajas en grasa y residuos. Por otra parte, algunos bebés nacen con ciertas malfunciones del corazón y necesitan de operación a edad temprana. Estos bebés necesitan ganar peso rápidamente para que se pueda llevar a cabo la cirugía. Dietas especiales ricas en calorías y de bajo contenido mineral son recomendadas en tales casos. En esta formulación, se usa suero electrodiálizado como una fuente de carbohidratos y proteínas de alta calidad mientras un suplemento calórico adicional se toma de diferentes fuentes. Se pueden llevar a cabo fórmulas alimenticias para pacientes convalecientes proporcionando proteínas hidrolizadas enzimáticamente para su fácil digestión. (12)

### Productos cárnicos

Lauck (11), investigó la funcionalidad de un producto de suero modificado deslactosado. Mediante investigaciones de laboratorio, él encontró que dicho producto, ligó grasa en las emulsiones eficientemente, también funcionó mejor cuando el cortado de la emulsión se llevó a cabo de 20 a --

25°C que a temperaturas normales (14°C). Además puede reemplazar alguna de la proteína cárnica sin pérdida de la estabilidad de la emulsión. Las emulsiones con suero igualaron o superaron el funcionamiento con el control que tenía 100% de carne, a pesar de su menor viscosidad.

Kopp (10) comparó suero de queso Cottage con ligadores comunes en embutidos. El encontró que solo cuando la emulsión con suero fué amortiguada a un pH similar al de las fórmulas con 100% de carne, se obtuvieron resultados favorables comparados con los mejores ligadores usados en embutidos, con respecto al rendimiento del producto, pelabilidad, separación de grasa, color inicial y estabilidad del color.

#### Sopas y salsas

El suero contribuye a un cuerpo deseable y características de sabor de una gran variedad de sopas y salsas. Un estudio del Intituto de Productos de Suero estimó que un total de 0.3 millones de kg de sólidos de suero fueron vendidos a fabricantes de sopas en los Estados Unidos en 1976. (12)

## MATERIALES Y METODOS

### Formulaciones

Se buscó desarrollar algunos productos cuyo ingrediente principal fuera el suero, que fueran nutritivos, de buen sabor y bajo costo, con lo cual, mediante diversas investigaciones, se optó por elaborar los siguientes productos:

A. Bebida de chocolate. Para lograr este producto, imitación de leche con chocolate, se hicieron distintas mezclas y probando ingredientes como azúcar, de 4 a 6%; glucosa, 1 a 4%; grasa vegetal, 1 a 3%; crema de leche, 1 a 2%; cocoa, 0.7 a 2%; polisorbato y lecitina (emulsificantes), de 0.05 a 0.2%; carragenina (estabilizante), 0.05 a 0.3%; almidón de maíz, 0.1 a 0.7%; saborizante artificial de crema, 0.02 a 0.04%.

B. Bebida fermentada. Se desarrolló una bebida fermentada tipo yogurt, probando los siguientes ingredientes: azúcar, 4 a 6%; leche en polvo, 2 a 4%; cultivos base para yogurt, 4 a 6%; almidón de maíz (espesante), 0.2 a 1%; alginato de sodio y carboximetilcelulosa (estabilizantes), 0.1 a 0.5%; colorante rojo, 0.02%; sabor artificial de fresa, 0.02 a 0.04%; mermelada de fresa, 5 a 10%.

C. Helado. Se elaboró un producto tipo sorbete el cual es algo ácido, mediante la prueba de ingredientes como: azúcar, 18 a 21%; glucosa, 3 a 7%; leche en polvo, 2 a 3%; almidón de maíz, 0.5 a 2%; cultivos de yogurt, 4 a 6%; grenetina

y carboximetilcelulosa (estabilizantes) de 0.1 a 0.5%; sabor artificial de fresa, 0.02 a 0.04%; sabor crema, 0.02 a 0.04%; colorante rojo, 0.02%; mermelada de fresa, 5 a 10%.

El método de elaboración que mejor funcionó para cada uno de estos productos fué:

A. Bebida de chocolate. El suero recién obtenido se pasteurizó en una marmita con camisa de vapor a 70°C por 30 minutos. Se mezcló el polisorbato con la lecitina y luego se le agregó la grasa; luego esto se homogenizó en una licuadora junto con la crema y algo del suero caliente, agregándose después al suero en pasteurización. Se diluyó la glucosa en el suero. Se mezcló el azúcar, cocoa, carragenina, y se añadió esta mezcla al suero. Se le agregó el saborizante de crema, se enfrió y se envasó.

B. Bebida fermentada. Se mezcló el azúcar, la leche en polvo, el almidón, la carboximetilcelulosa y el alginato. Se agregó esta mezcla al suero y se pasteurizó a 70°C por 30 minutos. Se bajó la temperatura a 40-42°C, agregándose durante esto, el colorante y saborizante. Al alcanzar la temperatura anterior, se le agregó la base de cultivos para yogurt. Se incubó a 40-42°C por 5 horas, que fué el tiempo en que se desarrolló una acidez de 0.65% y un pH de 4.6. Luego de esto, el producto presentó coágulos con una textura grumosa, por lo cual se licuó, dando buen resultado. Posteriormente se envasó y se enfrió.

C. Helado. El suero fresco se mezcló con la leche en polvo y se pasteurizó a 70°C por 30 minutos. Se enfrió a 40-42°C y se le añadieron los cultivos de yogurt. Se incubó a esta temperatura hasta que desarrolló una acidez de 0.5% y un pH de 4.7. Se mezcló el azúcar, almidón, carboximetilcelulosa y gredina; se añadió esta mezcla al suero y se calentó a 70°C por unos minutos, agregándose en esto la glucosa. Luego se agregaron los saborizantes de fresa y crema y el colorante rojo. Se enfrió manteniéndose esta mezcla a 2-4°C por 24 hrs. Después se congeló y se batió en un aparato para hacer helados, agregándose por último la mermelada.

#### Evaluación sensorial

Este análisis sirve para determinar la actitud o aceptación del producto a prueba.

Dethmers et. al. (5) proponen la escala Hedonica para evaluar la preferencia, aceptación u opiniones del producto. Esta fué la que se siguió. En este método, como lo propusieron los autores, los catadores fueron seleccionados al azar, fueron personas que no recibieron entrenamiento en el análisis de alimentos, siendo personas potencialmente consumidoras del producto.

Se elaboró 2 veces cada producto, y se dió a probar a 25 personas, siendo un total de 50 catadores para cada uno de los productos. Estas personas llenaron una encuesta en la

cual se les preguntó el nombre, la edad, opinión del producto y su calificación en base a la escala siguiente:

- 7 Me gusta mucho
- 6 Me gusta regular
- 5 Me gusta poco
- 4 No me disgusta
- 3 Me disgusta poco
- 2 Me disgusta regular
- 1 Me disgusta mucho

La encuesta se llevó a cabo en la sección de ventas de la Planta de Lácteos de la FAUANL, con los clientes de la misma.

#### Análisis bromatológico

Se realizó un análisis bromatológico para determinar el valor nutritivo de los productos obtenidos. Cada determinación se realizó por duplicado. A continuación se dan los componentes determinados y el método utilizado en cada uno:

**Humedad.** Se pesaron 2 gr del material en un crisol tarado, se introdujo éste en una estufa a 105°C por 5 hrs hasta alcanzar un peso constante. La diferencia de peso con el material original da el contenido de humedad.

**Cenizas.** La muestra previamente seca, se introdujo a una mufla a 550°C por un par de horas. Luego de enfriarse se pesó dando por diferencia, el contenido de cenizas o minerales.

Extracto etéreo o grasa cruda. Se utilizó el método Soxhlet de extracción con éter, ya que el método Babcock para grasa de leche no funcionó con estos productos. Se pesaron 10 gr del material y se fijó mediante secado a un papel filtro. El papel filtro se colocó en el aparato de extracción, obteniéndose luego de 5 hrs el extracto que se secó y se pesó.

Proteínas. Se realizó por el método Kjeldahl, en la cual el material se digirió con ácido sulfúrico y luego se destiló y recogió el nitrógeno en una solución de ácido bórico. Luego se efectuó la titulación para determinar el porcentaje de nitrógeno en el material, el cual multiplicado por un factor, que para las proteínas de la leche es de 6.38 (9), dió el porcentaje de proteína.

Hidratos de carbono. Se calculó según lo reportado por Kirk y Othmer (9), en donde ellos proponen que el porcentaje de carbohidratos puede determinarse por diferencia, o sea, restando a 100 los porcentajes reunidos de humedad, extracto etéreo, proteína y ceniza.

#### Vida de anaquel

La vida de anaquel o fecha de caducidad de los productos se determinó subjetivamente mediante la evaluación organoléptica de éstos.

Cada producto se elaboró 2 veces y se almacenaron muestras en refrigeración (2 a 4°C) de las bebidas de chocolate

y la de tipo yogurt. El helado se mantuvo en congelación. Estos fueron probados diariamente para determinar el tiempo en el cual se mantuvieron sin alteraciones de sabor, olor, consistencia, apariencia, etc.

#### Costo de materiales directos

Estos representan el costo de la materia prima o materiales que intervienen directamente en la elaboración de los productos. Estos son solo una parte para determinar el costo de producción, en lo cual intervendrían también los costos de materiales auxiliares, mano de obra, etc.

Los precios fueron investigados durante el mes de Noviembre de 1992.

## RESULTADOS

## Formulaciones

Las fórmulas que resultaron ser las más apropiadas funcional y económicamente para elaborar la bebida de chocolate, la bebida fermentada y el helado se presentan en las Tablas 10, 11 y 12 respectivamente.

Tabla 10. Fórmula para la bebida de chocolate.

Ingrediente	%
Suero	89
Azúcar	6
Glucosa	2
Grasa vegetal hidrogenada	1
Crema de leche	1
Cocoa	0.8
Carragenina	0.1
Polisorbato	0.05
Lecitina	0.05
Sabor artificial de crema	0.03

Tabla 11. Fórmula para la bebida fermentada.

Ingrediente	%
Suero	90,4
Azúcar	5 (1)
Leche en polvo	4
Almidón de maíz	0,25
Cultivos de yogurt	5
Carboximetilcelulosa	0,1
Alginato de sodio	0,3
Sabor artificial de fresa	0,02
Colorante rojo	0,02

(1) En base al peso final del producto

Tabla 12. Fórmula para el helado tipo sorbete.

Ingrediente	%
Suero	66.5
Azúcar	20
Glucosa	4
Leche en polvo	3
Almidón de maíz	1
Cultivos de yogurt	5
Grenetina	0.2
Carboximetilcelulosa	0.2
Sabor artificial de fresa	0.02
Sabor artificial de crema	0.02
Colorante rojo	0.02
Mermelada de fresa	10 (1)

(1) En base al peso final del producto

### Evaluación sensorial

De los resultados de la evaluación sensorial se tiene - que, de la escala de calificación empleada de 1 a 7, la bebida sabor chocolate tuvo un valor medio de 6.3, la bebida fermentada obtuvo una calificación media de 6 y el helado 5.9.

En la Tabla 13 se presenta la frecuencia de cada calificación dada por los catadores. En ésta se muestra que la bebida de chocolate tuvo con mayor frecuencia una calificación de 7 ("me gusta mucho"), mientras que en la bebida fermentada y el helado predominó la calificación 6 ("me gusta regular").

En la Tabla 14 aparece la frecuencia de cada calificación para cada producto en 3 rangos de edades. De aquí se observa que las personas jóvenes de 16 a 27 años fueron de gustos algo más exigentes, ya que su calificación más frecuente para los tres productos fué de 6 ("me gusta regular"), mientras que las personas mayores calificaron con 7 más frecuentemente excepto para el helado. No se dió a probar a niños debido a que la evaluación se hizo solo con los clientes que acudían a la sección de ventas de la Planta de Lácteos de la FAUANL.

### Análisis bromatológico

En la Tabla 15 aparece la composición química de los tres productos de suero. Compárese con la de la leche, la -

Tabla 13. Frecuencia de calificaciones en escala de 1 a 7, de los tres productos a base de suero.

Escala	Bebida de chocolate		Bebida fermentada		Helado	
	# personas	%	# personas	%	# personas	%
7	24	48	14	28	10	20
6	21	42	27	54	30	60
5	2	4	6	12	5	10
4	3	6	2	4	5	10
3	0	0	1	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
	50	100	50	100	50	100

Tabla 14. Frecuencia por edades, de gusto hacia los productos a base de suero (%).

Escala	16 a 27 años			28 a 39 años			40 o más años		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
7	43.5	12.5	20	50	50	20	53.8	55.7	20
6	47.8	66.7	60	28.5	41.6	60	46.1	42.8	60
5	4.3	12.5	8	7.1	8.3	13.3	0	14.3	10
4	4.3	4.1	12	14.3	0	6.6	0	7.1	10
3	0	4.1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- (1) Bebida de chocolate  
 (2) Bebida fermentada  
 (3) Helado

cual contiene un promedio de 3.5% de proteína, 0.73% de cenizas, 3.9% de grasa y 13.3% de sólidos totales. Los valores de los componentes en los productos, principalmente proteína, - grasa y ceniza, son menores que en la leche, ya que la mayoría de éstos pasan a formar parte del queso.

Tabla 15. Composición química de los tres productos a base de suero y de la leche (%).

	Leche	Bebida de chocolate	Bebida fermentada	Helado
Sólidos totales	13.3	16.51	13.99	35.59
Proteína	3.5	0.81	1.62	1.39
Grasa	3.9	1.23	0.68	0.52
Ceniza	0.73	0.41	0.52	0.32
Carbohidratos	5.17	14.06	11.17	33.36

#### Vida de anaquel

La vida de anaquel o el tiempo en que aproximadamente se mantuvieron en condiciones estables los productos fué:

Bebida de chocolate.- 12 días. Hubo algo de sedimentación y - separación de grasa.

Bebida tipo yogurt.- 16 días. Se separó algo de suero desde - los primeros días.

Helado.- No se determinó, pero ya que éste es un producto con gelado, puede durar varias semanas.

### Costos de materiales directos

En la Tabla 16 aparecen los costos de la materia prima - empleada y el costo de los materiales en un litro de cada producto. Compárese con el precio de un litro de leche (\$1,700.).

Tabla 16. Costo de materiales directos de los tres productos a base de suero.

	Bebida de chocolate	Bebida fermentada	Helado
Cantidad de producto	100 lts	105 lts	110 lts
Azúcar	\$15,000	\$12,500	\$50,000
Glucosa	9,000		18,000
Leche en polvo		56,000	42,000
Crema de leche	6,000		
Cultivos de yogurt		13,000	13,000
Grasa vegetal hidrogenada	3,000		
Cocoa	22,400		
Almidón de maíz		750	3,000
Grenetina			5,400
Carboximetilcelulosa		4,500	9,000
Alginato de Sodio		15,000	
Carragenina	4,700		
Polisorbato	1,700		
Lecitina	1,500		
Saborizante de fresa		280	280
Saborizante de crema	510		340
Colorante rojo		260	260
Mermelada de fresa			60,000
<b>Costo de materiales directos</b>	<b>\$63,810</b>	<b>\$102,290</b>	<b>\$201,280</b>
<b>Costo por litro</b>	<b>\$638.10</b>	<b>\$974.20</b>	<b>\$1,829.80</b>

## DISCUSION

Las fórmulas alimenticias desarrolladas en este trabajo tuvieron muy buena aceptación por la mayoría de las personas que las probaron, a pesar de no haber sido realizadas de una manera muy tecnificada, lo que demuestra la gran posibilidad de explotación del suero.

A estos productos, particularmente la bebida fermentada y el helado, se les agregó leche en polvo como fuente de sólidos y de proteína, pero puede usarse también para este propósito suero en polvo, caseinatos o proteína de soya.

Con la tecnificación en la elaboración de los productos, controlando factores como manejo del suero e ingredientes, - tratamiento térmico, mezcla de ingredientes, envasado, almacenamiento, etc., podría lograrse una mayor duración y una - calidad más alta de los productos.

Los costos de materia prima principal para la elaboración de los productos de suero hechos en este trabajo, son bajos, sin embargo, deben sumársele costos de otros materiales como empaque, combustible, etc., costos de mano de obra y costo de equipo, aunque generalmente, en las plantas donde se produce el suero, existe el equipo adecuado para su procesamiento, lo que ayudaría a reducir costos. Aún así, estos productos competirían en precio con los de leche.

En el presente trabajo se propusieron algunas alternati

vas de utilización del suero en alimentos, en las cuales se utilizó el suero entero sin procesos complicados para evitar altos costos y demostrar que éste tiene un excelente potencial que aún no se desarrolla por completo, sin necesidad de mayor inversión. No es un trabajo concluyente, queda abierta la propuesta de mejorar estos productos o desarrollar otros, que con el uso del suero entero, los ingredientes, equipo y proceso adecuados, pueden recuperarse con bajo costo y buen sabor, los nutrientes que por alguna razón aún se siguen des-aprovechando.

Como un dato adicional, se presenta en la Tabla 17, el porcentaje de proteínas en cada producto elaborado y el de vitaminas y minerales en el suero, que aportan un litro diario de éstos, en base a lo que recomienda la FAO, según la bibliografía consultada. Aunque las proteínas de suero son de buena calidad ya que tienen buena cantidad de aminoácidos esenciales, son bajas en otros como metionina, cisteína y -troptofano, por lo que éstos deben tomarse de otros alimentos. Durante el procesado de los productos pueden perderse -algunos nutrientes, aunque no tan considerablemente como -cuando se deshidrata o concentra el suero.

Además de la proteína láctea, en la bebida fermentada y el helado está presente la proteína microbiana, la cual tiene un gran valor nutritivo.

Tabla 17. Porcentaje de nutrientes que aporta un litro de producto en base a lo que recomienda la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Edad	Proteína (1)		Tiamina (2)	Riboflavina (2)	Vit. B <sub>12</sub> (2)	Vit. C (2)	Calcio (2)	Hierro (2)
	Chocolate fermentada	Bebida						
<b>Niños</b>								
1	57	Más de 100	99	Más de 100	Más de 100	66	63	12.4
1 - 3	50	Más de 100	86	Más de 100	Más de 100	66	63	10
4 - 6	40	80	69	Más de 100	Más de 100	66	63	8
7 - 9	32	64	55	92	Más de 100	66	63	8.8
<b>Adolescentes masculinos</b>								
10 - 12	26	54	46	40	74	100	46	6.4
13 - 15	21	43	37	33	70	100	36	6.4
16 - 19	21	42	36	33	66	100	36	6.4
<b>Adolescentes femeninos</b>								
10 - 12	27	55	47	44	85	100	46	6.4
13 - 15	26	52	44	40	80	100	36	6.4
16 - 19	26	54	46	44	85	100	36	6.4
Hombre adulto	21	43	37	33	66	100	63	10
Mujer adulta	27	55	47	44	92	100	63	6.4

(1) Porcentaje del requerimiento diario de proteína que aporta un litro de producto.

(2) Porcentaje del requerimiento diario del nutriente que aporta un litro de suero.

## CONCLUSIONES

1. El suero es un producto lácteo que posee un gran valor nutritivo y es benéfico a la alimentación humana cuando se consume en ciertos límites. En alimentos contribuye además al valor biológico, al sabor, textura, cuerpo, etc.
2. La forma más sencilla y barata de usar el suero es tal como se drena de la cuajada, como en las bebidas, donde éste se pasteuriza, se le agregan los ingredientes saborizantes y se envasa.
3. Se demuestra con los productos elaborados en este trabajo, que se pueden desarrollar fórmulas sencillas con suero que tengan buena aceptación al consumidor.
4. El suero tiene un relativamente alto valor nutritivo, el cual aumenta cuando al elaborar un producto, se le agrega leche en polvo, fruta, etc. como se hizo con los productos elaborados en este trabajo.
5. Con los productos alimenticios de suero entero, se usan to dos los nutrientes del mismo de la forma más económica, - evitando los problemas de contaminación que suceden cuando éste se desecha.

## RESUMEN

El suero es un subproducto de la industria quesera, del cual se desaprovechan grandes cantidades. Este tiene la mitad de los sólidos de la leche y un gran valor nutritivo.

En el presente trabajo se realizó una investigación para analizar el potencial de uso del suero en la alimentación humana, con lo cual se logró desarrollar tres fórmulas alimenticias con el suero como principal ingrediente las cuales fueron: bebida de chocolate, que es una imitación de leche con chocolate; bebida fermentada, que semeja al yogurt para beber; y un helado, con características del que se conoce como sorbete. A estos productos se les hicieron distintas pruebas como la de evaluación sensorial, en donde 150 personas probaron un producto para luego calificarlo, la calificación promedio en una escala de 1 a 7 fue: chocolate, 6.3; bebida fermentada, 6; helado, 5.9. Se les hizo un análisis bromatológico para determinar humedad, cenizas, proteína, grasa y carbohidratos, en donde para el chocolate, bebida fermentada y helado, el contenido de proteína fue de 0.81, 1.62 y 1.39% respectivamente y los sólidos totales de 16.51, 13.99 y 35.59% respectivamente. La vida de anaquel para el chocolate fue de 12 días y para la bebida fermentada de 16 días aproximadamente, ambas a temperatura de refrigeración. Además los costos fueron bajos, ya que para elaborar 1 litro de cada producto el costo de materia prima fue de \$638., \$974. y \$1,829. pesos aproximadamente para el chocolate, yogurt y helado.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anónimo. 1981. Washington News Notes. Food Technology, 35 (11). p. 27.
2. Anónimo. 1982. Elaboración de Productos Lácteos. 1a. ed. Trillas. México, D.F. p. 121-122.
3. BADUI, S. 1981. Química de los Alimentos. 1a. ed. Alhambra. México, D.F. p. 356, 376, 383.
4. DESROSIER, N. 1987. Elementos de Tecnología de Alimentos. CECSA. México, D.F. p. 448-449, 454-457.
5. DETHMERS, A. et. al. 1981. Sensory Evaluation Guide for Testing Food and Beverage Products. Food Technology. 35 (11). p. 50-57.
6. GRAHAM, D. M. 1981. Whey and Whey Products. Journal of Dairy Science. 64 (6). p. 1057-1060.
7. HOLSINGER, V.; L. POSATI and E. de VILBISS, 1974. Whey Beverages: a Review. Journal of Dairy Science. 57 (8). p. 849-856.

8. JONHSON, A. H. and M. S. PETERSON. 1974. Encyclopedia of Food Technology. AVI. Westport, U.S.A. p. 959.
9. KIRK, R. y D. OTHMER. 1961-66. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo I. UTEHA. México, D.F. p. 969-973.
10. KOOP, J. A. et. al. 1969. Dried Cottage Cheese Whey as a Nonmeat Binder in a Emulsion Type Sausage. Journal of Dairy Science. 52 (6). p. 900.
11. LAUCK, R. M. 1974. Modified Whey in Imitation Frankfurters. Journal of Dairy Science. 57 (5). p. 585.
12. MATHUR, B. N. and K. M. SHAHANI. 1979. Use of Total Whey Constituents for Human Food. Journal of Dairy Science. 62 (1). p. 99-104.
13. VEISSEYRE, R. 1971. Lactología Técnica. 2a. ed. Acribia. Zaragoza, España. p. 458-460.
14. WEBB, B. H. and E. O. WHITIER. 1970. Byproducts from Milk. 2nd. ed. AVI. Westport, U.S.A. p. 17-20, 43-74, 189-192, 213-215, 292-294.

15. WEBB, B. H. 1966. Whey, a Low-Cost Dairy Product for -  
Use in Candy. Journal of Dairy Science. 49 (10).  
p. 1310-1313.

011342

