

Ultrafiltración del suero de queso y evaluación química y microbiológica del concentrado proteico

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por

María Augusta Revelo Cadena

FECHA:	_____
EN°ARCADO:	_____

Zamorano-Honduras
Diciembre, 1998

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos del autor.



María Augusta Revelo Cadena

Zamorano-Honduras
Diciembre, 1998

DEDICATORIA

A Dios por guiarme siempre en el camino y darme la fortaleza para seguir adelante.

A mi madre que ha sabido hacer de mí una persona de bien, que ha sido un ejemplo de superación y sacrificio, que no se ha detenido ante los problemas y que ha triunfado, te quiero mucho mamita.

A mi tía Nelly, mi segunda madre que siempre me alentó a superarme.

A Alejandro Molina, mi amor, compañero y amigo, gracias por tu apoyo. Te amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por hacer de mí una persona de bien.

A mi madre por haber confiado en mí, haber sacrificado su vida para darme una educación, soportar nuestra separación y apoyarme en todos los momentos.

A mis abuelos que me apoyaron desde niña, que supieron guiarme y que acompañaron a mi madre durante todos este tiempo, los quiero mucho.

A mi tía Nelly, a la que quiero como a una madre, por haber creído en mí, a mi tío Homero y mis primos David, Paulo y Marco por acompañar a mi madre.

A ti Alejandro Molina, por estar conmigo en todo momento y por todo el amor y comprensión que me has dado.

A la familia Flores por brindarme una casa en Zamorano. Dra. Gladys gracias por su cariño y ayuda a lo largo de toda mi vida en Zamorano.

Al Ing. Manuel Morales por la colaboración prestada en la realización de mi tesis y al Ing. Josef Teuben por su asesoramiento y colaboración en mi tesis.

A la familia Medina-Ortega por acogerme en su hogar y hacerme sentir una miembro más en su casa a lo largo de toda mi carrera, gracias por todo, siempre serán mi familia en Honduras.

A mis amigos Sebastián y Rodrigo que estuvieron conmigo a lo largo de todo este camino, hemos triunfado y nos queda una amistad que nunca se terminará, los quiero mucho.

A Claudia, Anabell, Kenya, Camila, Carla y Pamela gracias por su amistad y preocupación, les deseo mucho éxito en su vida, gracias por su ayuda.

A todo el personal de la Planta de Lácteos de Zamorano y del Laboratorio de Nutrición por su amistad y colaboración.

RESUMEN

Revelo, María 1998. "Ultrafiltración del suero de queso y evaluación química y microbiológica del concentrado proteico". Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras, pp. 30.

El suero es un subproducto de las queserías subutilizado en alimentación animal o eliminado como desecho, causando problemas de contaminación al medio ambiente por su alta demanda de oxígeno (DBO). Por sus cualidades nutricionales y funcionales, el suero se puede procesar para obtener suero en polvo y condensado, concentrados y aislados proteicos, alcohol, ácido láctico y vitamina B12. Todos estos productos utilizados comercialmente en panadería, pastelería, alimentos infantiles, productos farmacéuticos y productos lácteos lo que incrementa su valor económico. En este estudio se utilizó un proceso denominado ultrafiltración, basado en la separación físico-química de moléculas por su peso a través de una membrana selectiva, que nos permite obtener un concentrado proteico. Se probaron tres temperaturas del suero: 20, 30 y 40°C en la ultrafiltración (UF) para medir parámetros de flujo, tiempo de proceso, cantidad de concentrado proteico y de filtrado, denominado permeato. Se vio que el flujo a 40°C era mayor que los demás lográndose así un menor tiempo de proceso y también una menor pérdida de materiales totales. Se encontró además que a 40°C el concentrado alcanzó 5.27% de proteína y 1.2% de grasa. El conteo microbiológico resultó muy elevado en el suero y el concentrado, debido al cultivo láctico añadido para la elaboración del queso; sin embargo, no se hallaron coliformes en el concentrado ni en el permeato. Se determinó el precio de venta del concentrado y permeato siendo de Lps.18.82 y Lps.5.08 por kg, respectivamente, dándole un valor agregado al suero que normalmente se transfiere a Lps.0.10 por kg. En conclusión se recomienda procesar el suero a 40°C, que es la temperatura a la que sale de la quesera, ya que se obtiene un producto concentrado con mayor proteína y grasa en menor tiempo y con mayor rendimiento en la ultrafiltración.

Palabras claves: Composición química, concentrado proteico, permeato, suero, ultrafiltración.

NOTA DE PRENSA

UN METODO PARA APROVECHAR COMERCIALMENTE EL SUERO

El suero del queso es comúnmente utilizado para engordar cerdos, pero lo que muy poca gente conoce es que este subproducto de las queserías tiene propiedades nutricionales, que en los países en desarrollo están siendo desaprovechadas.

Es por eso que en Zamorano se realizó un estudio para separar las proteínas del suero que en su valor y funcionalidad se pueden comparar con las proteínas del huevo. En países desarrollados existen métodos para obtener productos de suero que son utilizados industrialmente en panaderías, embutidos, bebidas y alimentos infantiles. El método inicial para separar las proteínas del suero se denomina ultrafiltración, que es un proceso que separa los componentes en base a peso molecular, a través de una membrana. Esta retiene la proteína y la grasa dando lugar a un producto concentrado en estos componentes.

En este ensayo se estudió el efecto de tres temperaturas del suero: 20, 30 y 40°C sobre el proceso de ultrafiltración (UF). La temperatura afectó el flujo, el tiempo de proceso y la cantidad de concentrado proteico y de filtrado obtenidos. Así, a 40°C el flujo fue mayor que los demás, lográndose un menor tiempo de proceso y también una menor pérdida de materiales totales. Se encontró además que a 40°C se logró la mayor concentración de proteína y grasa, alcanzando un nivel de 5,27% y 1,2% respectivamente.

El conteo microbiológico resultó muy elevado en el suero y el concentrado, debido al cultivo añadido para la elaboración del queso; sin embargo, no se hallaron coliformes en el concentrado ni en el filtrado. A pesar de esto, los productos se deben pasteurizar antes de usarlos comercialmente para garantizar su calidad.

El precio de venta del concentrado y filtrado es de Lps.18,82 y Lps.5,08 por kg, respectivamente, dándole un valor agregado al suero que normalmente se transfiere en Zamorano a Lps.0,10 por kg.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas	ii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos	v
	Resumen.....	vi
	Nota de prensa... ..	vii
	Contenido.....	viii
	Índice de Cuadros.....	x
	Índice de Figuras.....	xi
	Índice de Anexos.....	xii
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Justificación del problema.....	2
1.2	Limitantes.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo General.....	2
1.3.2	Objetivos Específicos.....	2
2	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	El suero: definición, composición, clasificación y características:....	3
2.2	Aprovechamiento del suero.....	4
2.3	Recuperación de las proteínas del suero por ultrafiltración.....	5
2.4	Concentrado proteico de suero (CPS).....	6
2.5	Uso de las proteínas concentradas del suero (CPS).....	7
3	MATERIALES Y METODOS.....	8
3.1	Ubicación.....	8
3.2	Materiales.....	8
3.3	Metodología	8
3.3.1	Etapa de procesamiento.....	9
3.3.1.1	Tratamientos.....	9
3.3.1.2	Parámetros estudiados.....	9
3.3.1.3	Diseño experimental.....	9
3.3.1.4	Balace de materiales.....	9
3.3.2	Etapa de caracterización química y microbiológica.....	9
3.3.2.1	Caracterización química.....	9
3.3.2.2	Caracterización microbiológica.....	9
3.3.3	Etapa de análisis de costos.....	10

4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	11
4.1	Etapa de procesamiento.....	11
4.1.1	Descripción del proceso.....	11
4.1.2	Efecto de la temperatura sobre el proceso de ultrafiltración (UF).....	12
4.2	Caracterización química.....	13
4.3	Balace de materiales.....	15
4.4	Caracterización microbiológica.....	16
4.5	Análisis de costos.....	17
5	CONCLUSIONES.....	18
6	RECOMENDACIONES.....	19
7	BIBLIOGRAFIA.....	20
8	ANEXOS.....	21

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Composición del suero dulce y del suero ácido (%)	4
2.	Distribución de los componentes del suero en el concentrado y permeato obtenidos por ultrafiltración	6
3.	Efecto de la temperatura sobre los parámetros medidos en el proceso de ultrafiltración.....	12
4.	Efecto de la temperatura sobre la composición química (%) y el pH del suero, concentrado y permeato.....	14
5.	Distribución de los nutrientes del suero (g) en los productos obtenidos por ultrafiltración.....	14
6.	Porcentaje de pérdida de materiales totales y por nutrientes en la ultrafiltración.....	16
7.	Recuento total de microorganismos en el permeato (UFCx10 ³ / ml).....	16

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Principales procesos aplicados al suero y los productos obtenidos 5

INDICE DE ANEXOS

Anexos

1.	Esquema del flujo de proceso.....	22
2.	Efecto de la temperatura sobre los parámetros medidos en el proceso de ultrafiltración.....	23
3.	Resultados del análisis químico del suero (%)......	23
4.	Resultados del análisis químico del concentrado (%)......	24
5.	Resultados del análisis químico del permeato (%)......	24
6.	Balance de materiales en la ultrafiltración (kg)......	25
7.	Balance de proteína en la ultrafiltración (g)......	25
8.	Balance de grasa en la ultrafiltración (g)......	25
9.	Balance de lactosa en la ultrafiltración (g)......	25
10.	Balance de minerales en la ultrafiltración (g)......	26
11.	Análisis de costos para el concentrado.....	27
12.	Análisis de costos para el permeato.....	29

1. INTRODUCCION

El suero es la fracción soluble que resulta de la coagulación de la leche mediante ácido, calor, cuajo o la combinación de los anteriores. En países en desarrollo este subproducto generalmente es vendido a los productores de cerdos, por su valor nutricional. Sin embargo, en muchas industrias queseras, el suero es simplemente eliminado a los desagües causando problemas corrosivos, por su pH ácido, y de contaminación a los efluentes, por su alta demanda de oxígeno que provoca mortalidad en peces (Eck, 1986).

En los países industrializados, se aprovecha el alto valor nutritivo y las propiedades funcionales de las proteínas del suero, a través de productos industriales como: suero deshidratado, concentrados proteicos de suero con diversos niveles de proteína y aislados proteicos de alta pureza.

Las proteínas del suero pueden ser usadas nutricionalmente en compotas, productos dietéticos para controlar el peso, jugos de fruta fortificada con proteínas, además de otros alimentos procesados y bebidas saludables. Se debe evaluar la funcionalidad de estas proteínas para enfocar la investigación en el desarrollo innovador de productos nutricionales bajos en grasa y lactosa.

Grandes cantidades de suero son concentradas y utilizadas industrialmente, a través de métodos como: ósmosis reversa, ultrafiltración y microfiltración, entre los más empleados.

La ultrafiltración es un proceso de concentración de macromoléculas y separación molecular continua, que fracciona el suero a través de una membrana obteniéndose un concentrado proteico con niveles de grasa y proteína incrementados, además de una solución denominada permeato que contiene principalmente lactosa, sales solubles inorgánicas, compuestos no nitrogenados y vitaminas.

Este estudio se sustentó en la ultrafiltración como un método para aprovechar el suero, que actualmente se descarta de la Planta de Lácteos de Zamorano, y en la caracterización química del concentrado obtenido de suero dulce proveniente de la elaboración del queso Mozzarella.

Se evaluó su calidad para sugerir la posterior utilización en la elaboración de un alimento apto para el consumo humano y que nos permita reducir la eliminación de este subproducto, dándole un valor nutricional y económico.

Este es un estudio preliminar ya que es la primera vez que se trabaja con ultrafiltración en la Planta de Lácteos. Se basará en la experimentación con una membrana a nivel de

laboratorio, para separar dos productos a partir del suero dulce proveniente de la elaboración del queso Mozzarella.

1.1 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El suero de queserías es un subproducto que en los países en desarrollo no es utilizado apropiadamente, de acuerdo al potencial nutricional y económico que posee. Una utilización efectiva de este subproducto redundaría en beneficios enormes no sólo para la economía del país sino para el ambiente.

1.2 LIMITANTES

Al no contar en la Planta de Lácteos con la bomba de desplazamiento positivo recomendada, se utilizó una bomba centrífuga que no genera la presión requerida (42 – 70 psi) para el proceso. Como tanque para recibir y recircular el suero se utilizó la envasadora de yogurt, cuya capacidad de 25 kg estableció el límite de suero a usar en cada corrida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Obtener un concentrado proteico del suero de queso a través de ultrafiltración y evaluarlo desde el punto de vista químico, microbiológico y económico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudiar el efecto de la temperatura del suero sobre el proceso de ultrafiltración, respecto al flujo en la membrana, tiempo de procesamiento y composición química de los productos.
- Estudiar el efecto de la temperatura del suero sobre el balance de materiales y de nutrientes del proceso de ultrafiltración.
- Caracterizar microbiológicamente los productos obtenidos.
- Evaluar los costos de producción de los productos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL SUERO: DEFINICION, COMPOSICION, CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS

Según Madrid (1994) puede definirse el suero como el líquido resultante de la coagulación de la leche en la fabricación del queso, tras la separación de la mayor parte de la caseína y la grasa.

La composición del suero varía dependiendo de las características de la leche y de las condiciones de elaboración del queso del que proceda; pero, en términos generales, podemos decir que el suero contiene: 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas, 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y 93.1 % de agua. Aproximadamente 70% del nitrógeno total (proteína cruda) corresponde a proteína verdadera, la cual tiene un valor nutritivo superior al de la caseína y está compuesta por β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, inmunoglobulinas, proteosa-pectonas y enzimas nativas. El resto del nitrógeno lo forman aminoácidos, urea, creatina, amoníaco, ácidos nucleicos. El suero también es rico en vitaminas del complejo B y vitamina C (Madrid, 1994).

El suero, es un líquido opaco color amarillo verdoso que representa el 90% del volumen de la leche, contiene la mayoría de compuestos hidrosolubles que van del 6-6.5% y que tienen una demanda biológica de oxígeno de 30g/L o más (Kosikowski, 1977). Esta demanda biológica de oxígeno hace que las sustancias biodegradables sean descompuestas por los microorganismos en presencia de oxígeno, causando una grave contaminación al medio ambiente (Manual de Industrias Lácteas, 1986).

Según Alais (1994) y Madrid (1994), el suero de quesería es un líquido pobre en materia seca (5 -6.5%) que se altera rápidamente bajo la acción de diversos microorganismos; por esto debe utilizarse o tratarse sin dilación. En todos los casos es preciso tener en cuenta su origen:

1. Suero dulce, procedente de la coagulación por cuajo de leches no ácidas. Su pH es mayor a 5.8 y contiene calcio en pequeñas cantidades.
2. Suero ácido, procedente de la fabricación de quesos frescos o de pasta blanda por acidificación, o bien de la separación de la caseína láctica; éste debe neutralizarse previamente para la mayor parte de sus aplicaciones. El contenido de lactosa se reduce a causa de la fermentación láctica y por esto su pH es menor a 5.0.

En el Cuadro 1 se presenta la composición de ambos tipos de sueros, las diferencias se dan básicamente en el contenido de grasa y sales minerales.

Cuadro 1. Composición del suero dulce y del suero ácido (%)

Componente	Suero dulce	Suero ácido
Humedad	93 - 94	94 - 95
Grasa	0.2 - 0.7	0.04
Proteína	0.8 - 1.0	0.8 - 1.0
Lactosa	4.5 - 5.0	4.5 - 5.0
Sales minerales	0.05	0.4

Fuente: Madrid (1994), adaptado por el autor.

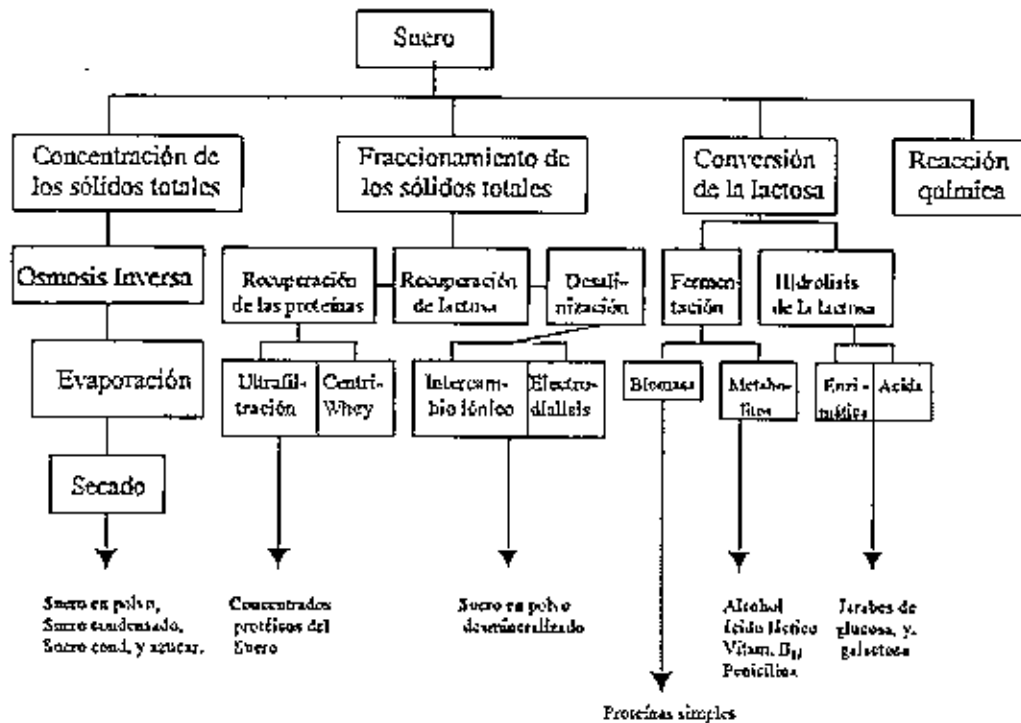
2.2 APROVECHAMIENTO DEL SUERO

1. Suero en polvo, a base de concentrar los sólidos por evaporación y secado.
2. Suero en polvo desmineralizado, donde se eliminan las sales minerales por intercambio iónico o por electrodiálisis previo a la deshidratación.
3. Lactosa, obtenida por concentración, cristalización y separación.
4. Concentrados proteínicos, obtenidos por ultrafiltración del suero.

En la actualidad (Figura 1) se están obteniendo otros productos tales como: alcohol, vitamina B₁₂ (alto contenido en el suero), jarabes de glucosa y galactosa, lactosil, urea, amoníaco, lactatos, entre otros.

Otras posibles aplicaciones del lactosuero no mencionados en la Figura 1 son:

- Producción de bebidas a partir del suero, que se combina con grasa de origen lácteo o vegetal, sustancias aromáticas, etc.
- Utilización del suero en la fabricación de helados.
- Conversión biológica de la lactosa del suero en ácido láctico por fermentación con levaduras, el producto resultante puede ser secado y aprovechado como alimento para el ganado. Incluso, si antes del secado se procede a un lavado, el producto final obtenido puede ser utilizado en alimentación humana.
- Producción de quesos a partir de suero, tales como: Camembert, Crema, Ricotta, Feta (Alfa Laval, 1980). Se puede utilizar la ultrafiltración para realizar preconcentraciones bajas, concentraciones moderadas y así normalizar la relación proteína/grasa en la leche, previas a la elaboración del queso con un equipo convencional (Manual de Industrias Lácteas, 1996).
- Producción de yogurt a partir de suero (Alfa Laval, 1980).



Fuente: Madrid (1994), adaptado por el autor.

Figura 1. Principales procesos aplicados al suero y los productos obtenidos.

2.3 RECUPERACION DE LAS PROTEINAS DEL SUERO POR ULTRAFILTRACION

La ultrafiltración es un método en donde una suspensión o solución de proteínas de suero dulce o ácido, pasa bajo presión a través de una membrana fina y semipermeable. La mayor parte del agua, lactosa, sales solubles, ácido láctico y nitrógeno no protéico traspasan la película hacia la superficie, dejando en el lado interior la proteína y sales insolubles en suspensión. Este proceso concentra selectivamente las proteínas y sales insolubles durante el proceso de ultrafiltración (Kosikowski, 1982).

La ultrafiltración normalmente se utiliza para la concentración de las proteínas de la leche y el suero y para la normalización proteica de la leche destinada a la fabricación de queso, yogurt y otros productos lácteos (Tetrapak, 1996).

Este método de recuperación de proteínas usa como principio básico la filtración por membranas según un flujo cruzado. Los módulos de filtración que se utilizan pueden tener diferentes diseños: láminas enrolladas en espiral, placas y bastidor, tubular (ya sea de cerámica o de polímeros) y fibra hueca (Tetrapak, 1996).

El uso de la presión es importante en la filtración por membranas, constituye la fuerza impulsora de la separación. La presión que generalmente se usa es de 1 – 10 bar y la membrana posee un tamaño de poro que va de 10^{-2} – 10^{-1} μm . (Cheryan, 1986).

En la ultrafiltración se obtienen dos productos; el retentato o concentrado que es el líquido retenido en la membrana y el permeato o filtrado que es el líquido que pasa a través de las membrana (Tetrapak, 1996). En las plantas de ultrafiltración normalmente se usan varias membranas en serie para evitar la recirculación, formando un proceso continuo.

En el Cuadro 2, se puede observar la composición que normalmente tienen el suero inicial, el concentrado y el permeato resultantes de la ultrafiltración (Tetrapak, 1996).

Cuadro 2. Distribución de los componentes del suero en el concentrado y permeato obtenidos por ultrafiltración.

Nutriente	Peso en 100 kg de Suero		Peso en 17 kg Concentrado		Peso en 83 kg Permeato	
	kg	%	Kg	%	kg	%
Proteína	0.55	0.55	0.55	3.24	0	0
Lactosa	4.80	4.80	0.82	4.82	3.96	4.80
Cenizas	0.80	0.80	0.14	0.82	0.66	0.80
NNP*	0.18	0.18	0.03	0.18	0.15	0.18
Grasa	0.03	0.03	0.03	0.18	0	0
MS** Total	6.36	6.36	1.57	9.24	4.79	5.78

* NNP = Nitrógeno no proteico.

** MS = Materia seca.

Fuente: Tetrapak, 1996. Adaptado por el autor.

2.4 CONCENTRADO PROTEICO DE SUERO (CPS).

El concentrado proteico del suero es definido como un producto proteico obtenido por ultrafiltración del suero. Las proteínas del suero son las proteínas de la leche que no se han coagulado o precipitado cuando la leche fue cuajada o acidificada.

La FDA define al concentrado proteico del suero como la sustancia obtenida por la remoción de los constituyentes no proteicos del suero y su posterior deshidratación, dando un producto con no menos del 25% de proteína. Las proteínas se concentran por separación física como precipitación, filtración o diálisis.

Al igual que el suero, el concentrado proteico del suero puede ser usado como un fluido, o como concentrado o seco. La acidez del concentrado proteico del suero puede ser ajustada por la adición de ingredientes que ajustan el pH.

2.5 USO DE LAS PROTEINAS CONCENTRADAS DEL SUERO (CPS).

El suero líquido se puede usar para el consumo humano en productos como pastelería y bebidas. El suero concentrado o en polvo se puede usar en alimentos infantiles, sopas, productos de pastelería, aderezos de ensalada, queso fundido natural, para dulces y productos farmacéuticos y embutidos (Manual de Industrias Lácteas, 1996).

Las áreas de aplicación más importantes del concentrado proteico del suero (CPS), de acuerdo a su funcionalidad son:

- a. En panadería, los CPS son usados en pasteles y en pan por sus propiedades funcionales, su valor nutricional y sus cualidades de sabor neutro. Tiene propiedades emulsificantes, especialmente en productos de alto contenido de grasa. Debido a que el CPS contiene grupos hidrofílicos e hidrofóbicos ayuda en la creación de poros que dan lugar a una buena textura en el producto de panadería. Por su contenido de lactosa se logra un color café atractivo en la costra del pan. En panadería el CPS reemplaza la leche descremada y así reduce el costo.
- b. En la elaboración de las cubiertas de chocolate el CPS puede reemplazar la leche descremada en polvo que se usa, lo cual no cambia el flujo de proceso, reduce el contenido de grasa en el chocolate y da una emulsión de baja viscosidad.
- c. En la elaboración de helados se puede reemplazar la leche descremada en un 25 al 50% por CPS sin afectar la calidad.
- d. En la elaboración del yogurt las propiedades de la proteína del suero modificada pueden ser útiles para una mejor retención del agua. También puede ser usada para ajustar la cremosidad y la sensación bucal.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN

El estudio sobre la ultrafiltración y análisis microbiológico se desarrolló en la Planta de Lácteos de Zamorano y la posterior caracterización química del producto se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Zamorano.

3.2 MATERIALES

Materia prima:

- Se trabajó con un suero dulce proveniente de la elaboración del queso Zamorella, el cual es obtenido a partir de la leche pasteurizada y estandarizada al 2%, se realiza una coagulación por medio de adición de cultivo láctico (*Lactococcus lactis*), separando la caseína y la grasa del suero. El desuerado se lleva a cabo luego de calentar durante 15 minutos la cuajada a 41°C, se deja escurrir por 5 minutos y se obtiene el suero dulce que se concentra por medio de la ultrafiltración (UF).

Maquinaria y equipo:

- Membrana de ultrafiltración Romicon PM10, con límite de permeato de 10000 de peso molecular. La membrana de filtración utilizada fue donada por el Departamento de Ciencia de Alimentos de la Universidad de Purdue.
- Envasadora de yogurt de acero inoxidable, con capacidad de 25 kg.
- Tubería y codos de acero inoxidable.
- Bomba centrífuga, diseñada para trabajar a 50 Hz, que representa a 3000 rpm con un motor bifásico.
- Tambos y tinas de plástico.
- Manómetro
- Termómetro.
- Manta gruesa.
- Manguera.

3.3 METODOLOGIA

El estudio se dividió en tres etapas: procesamiento, caracterización química y microbiológica y costeo del producto.

3.3.1 Etapa de procesamiento

3.3.1.1 Tratamientos. Con el suero del queso Zamorella, se investigó el efecto de tres temperaturas de procesamiento: 20, 30 y 40°C sobre los parámetros estudiados.

3.3.1.2 Parámetros estudiados. Flujo medido como ml por m² de superficie de la membrana por minuto, concentración proteica del concentrado líquido y tiempo total del proceso (medida desde el inicio de la ultrafiltración hasta que ya no fluya el permeato).

3.3.1.3 Diseño experimental. Cada tratamiento se efectuó por triplicado, en un diseño de bloques al azar, en que los parámetros medidos fueron evaluados a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y se estableció diferencias a un nivel de $P < 0.05$.

3.3.1.4 Balance de materiales. En cada corrida se tomaron datos del peso total del permeato y concentrado obtenidos, para efectuar el balance de materiales en base a estos datos y los de composición química.

3.3.2 Etapa de caracterización química y microbiológica

Todos los productos obtenidos en las 9 corridas efectuadas (3 tratamientos x 3 réplicas) se caracterizaron químicamente, además de evaluarlo desde el punto de vista microbiológico.

3.3.2.1 Caracterización química. Se evaluó la calidad nutritiva del concentrado proteico obtenido, a través de los siguientes análisis químicos:

- Agua (% humedad), por deshidratación a 105°C (AOAC, 1990)
- Minerales (% cenizas), por incineración a 580°C (AOAC, 1990)
- Proteína cruda (% PC), (N*6.38) por Kjeldahl (AOAC, 1990)
- Grasa (%), por método de Babcock.
- Lactosa (%), por método de carbohidratos totales con fenol y ácido sulfúrico.
- PH, con potenciómetro.

3.3.2.2 Caracterización microbiológica. También se debe tener en cuenta la calidad microbiológica, para lo cual se realizó un conteo total de microorganismos y coliformes totales en las tres muestras tomadas para análisis químico. Para esto se utilizó los procedimientos estándares (Revilla, 1996).

- Para el conteo total se uso agar para recuento total, las placas fueron incubadas a una temperatura de 32°C por espacio de 48 horas. En estas placas se contó las que tenían entre 25 y 250 colonias de microorganismos.
- Para determinar coliformes se uso la prueba de coliformes en medio sólido con agar rojo-violeta con bilis, estas placas se incubaron a 32°C por espacio de 24 horas.

3.3.3 Etapa de análisis de costos

Adicionalmente, se realizó el análisis de costeo para determinar los costos reales de producción y poder establecer un precio real de transferencia del producto a obtener, dando así un valor agregado a un subproducto de las queserías que actualmente se descarta.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ETAPA DE PROCESAMIENTO

En esta etapa hubo que instalar la membrana en la Planta de Lácteos de Zamorano, adaptándola a las instalaciones y el equipo disponible.

4.1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

La membrana se fijó a una pared de la sala de procesamiento para evitar la vibración resultante de la presión ejercida por la bomba; posteriormente, se estableció un sistema de recirculación utilizando la envasadora de yogurt cuya capacidad fue la que limitó el uso de 25 kg de suero para cada corrida. Esta se adaptó a la bomba, luego de la cual se colocó una manguera flexible entre la bomba y la parte inferior de la membrana; en la parte superior de la membrana, se colocó tubería de acero inoxidable con una válvula que nos permitió controlar el flujo del suero que se estaba concentrando y que regresa a la envasadora. De la membrana sale el permeato que es recibido en baldes plásticos.

Normalmente se usa una bomba de desplazamiento positivo pero, a falta de ésta, se usó una bomba centrífuga que no proporcionó la presión deseada. Según las recomendaciones, la ultrafiltración requiere de una presión de 42-70 psi, mientras que con la bomba centrífuga se obtuvo una presión de 5 a 6 psi.

El flujo del proceso (Anexo 1) consistió en recuperar el suero de la elaboración del queso Zamorella, que sale a una temperatura de 40-42°C; posteriormente, se pesó 25 kg del suero el que se acondicionó a la temperatura de acuerdo al tratamiento que se iba a utilizar (20, 30 y 40°C), seguido de esto fue filtrado a través de una manta fina que ayudó a retener pedazos de coágulo o impurezas provenientes del queso, que afectarían el flujo y obstruirían la membrana, evitando una buena ultrafiltración. Seguidamente, se colocó en la envasadora de yogurt y se puso en marcha la bomba.

El flujo parte desde la envasadora hacia la membrana donde se separa la proteína y la grasa principalmente, denominándose a esto retentato o concentrado. Por otro lado, la fracción que atraviesa la membrana está constituida por agua, sales minerales y lactosa que caen por una salida que posee la unidad de ultrafiltración, denominado permeato.

Una vez instalado el equipo se verificó las condiciones de procesamiento: la temperatura del suero, presencia de goteos, ajuste de las conexiones. Durante el proceso se monitoreó cada 15 minutos el flujo del permeato (ml/min), recolectándolo en una probeta por

espacio de 30 segundos; el tiempo del proceso se midió tomando como referencia el momento en que el permeato deja de fluir. Al final de la operación, se procedió a pesar la cantidad de retentato y permeato obtenidos a partir del suero inicial y a tomar muestras de cada uno de ellos para los análisis.

Luego del proceso se realizó la limpieza de la membrana, parte muy importante para su mantenimiento y funcionamiento. Esta limpieza consiste en circular agua seguida de un detergente alcalino y por último cloro, para que éste remueva las partículas de proteína que se pudieron haber adherido a los poros de la membrana. Frecuentemente se usa también ácido para eliminar los minerales que pueden ensuciar la membrana. Este procedimiento se debe realizar no sólo en dirección del flujo normal sino también en sentido contrario, esto facilita la remoción de los materiales pegados a la membrana.

Al estar trabajando con suero dulce, la limpieza de la membrana se efectuó exhaustivamente debido a su elevada población de microorganismos. Se recirculó el agua, el detergente y el cloro por 10 minutos cada uno y se mantuvo la membrana en solución de cloro hasta su uso.

4.1.2. Efecto de la temperatura sobre el proceso de ultrafiltración (UF)

En el Anexo 2, se presenta los datos individuales de las tres corridas efectuadas para cada temperatura; estos datos promediados por tratamiento se observan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de la temperatura sobre los parámetros medidos en el proceso de ultrafiltración.

Tratamiento	Flujo ml / min	Tiempo min	Concentrado kg	Permeato kg
20°C	203.33 b	119.33 a	2.33 b	21.30 a
30°C	216.66 b	83.33 b	3.23 a	20.93 a
40°C	286.67 a	66.67 b	3.76 a	20.50 a
R	0.97	0.97		
%CV	3.74	6.79		

Letras diferentes dentro de columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Respecto al flujo del permeato, se encontró que a medida que la temperatura de procesamiento aumenta hay un aumento en la velocidad de flujo. Las soluciones de proteína de suero son fluidos tixotrópicos, es decir aquellos cuya viscosidad disminuye con el flujo pero que al cesar este no recupera de inmediato su viscosidad original. A medida que se va concentrando la proteína y la grasa el concentrado se vuelve más viscoso, pero por el efecto de la temperatura los glóbulos de grasa y la proteína se vuelven más solubles y facilitan el flujo a través de la membrana, evitando que partículas se queden adheridas a las paredes de la membrana.

El tiempo de operación mostró una relación inversa a la temperatura del suero. A 20°C el proceso se demoró más tiempo (119.3 minutos) comparado con 30 y 40°C ($P < 0.05$) que fueron de 83.3 y 66.7 minutos respectivamente, sin mostrar diferencias significativas entre sí. Este efecto es el resultado del mayor flujo a mayor temperatura.

En cuanto a los productos obtenidos, se encontró que a 20°C se obtiene menos concentrado que a mayores temperaturas; sin embargo la cantidad de permeato obtenido fue igual en todos los tratamientos. Esto se debe a que a mayor temperatura hay menor pérdida de proteína y grasa en el concentrado por adhesión a la membrana, reflejándose esto en menor peso del concentrado obtenido en composición a 20°C.

4.2 CARACTERIZACION QUIMICA

Los resultados de los análisis químicos efectuados en los productos obtenidos a diferentes temperaturas y para cada repetición se muestran en los Anexos 3, 4 y 5. Observando la composición del suero (Anexo 3) notamos que en la tercera repetición hay un descenso de lactosa y un incremento en grasa para todos los tratamientos. Mientras que en el concentrado (Anexo 4) se observa menor concentración proteica en la repetición 3 respecto a las dos primeras. En el caso del permeato (Anexo 5) se encontró menos lactosa en esa repetición que en la primera y segunda. Estos resultados nos indican que la repetición 3 no es consistente con respecto a las dos anteriores y esto se deben a problemas en esa corrida.

En la tercera repetición se tuvo problemas con la bomba y se terminó usando la bomba de recepción de leche; en ese lapso es probable que la temperatura del suero haya bajado de 40 C y esto determinó una menor recuperación de proteína en los concentrados obtenidos a 40 y 30 C. Debido a esto se decidió eliminar esta repetición en el análisis estadístico de la composición química y de los balances de materiales.

Una vez efectuado el análisis estadístico a los resultados obtenidos del análisis químico, se obtuvieron los datos presentados en el Cuadro 4. En el suero no existió diferencias en composición debido a la temperatura, esto significa que se trabajó con un suero homogéneo en todos los tratamientos y que contenía alrededor de 94 % de humedad, 5% de cenizas, 0.9 % de proteína, 0.20 % de grasa, 7% de lactosa y un pH de 5.8; estos resultados son consistentes con la composición química encontrada en la literatura (Madrid, 1994).

Se observa un cambio notorio entre el suero inicial y el concentrado en el contenido de proteína y grasa, ya que si partimos de un suero que contiene 0,9% de proteína y 0,2% de grasa terminamos con un concentrado que alcanza más de 5 % de proteína y más de 1% de grasa, dependiendo de la temperatura. Esto significa que estamos logrando la separación de la lactosa y los minerales en el permeato. Por otro lado, el permeato resultó con apenas 0.2% de proteína y sin grasa.

Cuadro 4. Efecto de la temperatura sobre la composición química (%) y el pH del suero, concentrado y permeato.

Producto	T°C	Humedad	Canizas	Proteína	Grasa	Lactosa	pH
Suero	20	94.95 a	4.56 a	0.87 a	0.20 a	7.24 a	5.83 a
	30	94.66 a	4.92 a	0.89 a	0.22 a	8.08 a	5.75 a
	40	94.78 a	4.64 a	0.94 a	0.20 a	6.99 a	5.75 a
Concentrado	20	91.39 ab	8.06 a	3.62 b	0.60 b	6.89 a	5.74 a
	30	92.23 a	8.35 a	5.41 a	0.70 b	6.68 a	5.70 a
	40	89.92 b	9.69 a	5.27 a	1.25 a	7.07 a	5.69 a
Permeato	20	95.76 a	3.79 a	0.24 a	0.00 a	7.06 a	5.77 a
	30	95.81 a	3.88 a	0.24 a	0.00 a	6.76 a	5.74 a
	40	95.21 a	4.26 a	0.25 a	0.00 a	6.66 a	5.74 a

Letras diferentes dentro de columnas para cada producto indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

En el Cuadro 5, se observa la distribución de los nutrientes del suero en el concentrado y permeato obtenidos en el proceso. Al comparar los contenidos de lactosa del suero, concentrado y permeato (Cuadro 4) parece que no hubiera habido concentración del azúcar en el permeato; esto se debe a que está en términos porcentuales. Al tomar en cuenta los kg de cada producto y convertirlo a peso total de lactosa contenido en cada fracción, ya se nota que más del 80% de la lactosa del suero está en el permeato. Lo mismo se ve respecto a la proteína, el concentrado contiene la mayor parte de ella dependiendo de la temperatura del suero. En el caso de la grasa, ésta se encuentra totalmente en el concentrado y para los minerales se ve que hay más en el permeato que en el concentrado.

Cuadro 5. Distribución de los nutrientes del suero (g) en los productos obtenidos por ultrafiltración

Nutriente	T°C	Suero 25 kg	Concentrado 3.1 kg	Permeato 21 kg	Pérdida
Proteína	20	217.50	83.26	51.12	83.12
	30	222.50	173.12	50.16	-
	40	235.00	200.26	51.25	-
Grasa	20	50.00	13.80	0.00	36.2
	30	55.00	22.40	0.00	32.6
	40	50.00	47.50	0.00	2.5
Lactosa	20	1810.00	158.47	1503.78	147.75
	30	2020.00	213.76	1412.84	393.4
	40	1747.50	266.66	1365.30	113.54
Minerales	20	1145.00	185.38	807.27	152.35
	30	1230.00	267.20	810.92	151.86
	40	1210.00	368.22	873.30	-

El efecto de la temperatura, sobre la composición de los productos obtenidos, se observa claramente en las diferencias encontradas en los contenidos proteico y graso del concentrado. A 30 y 40°C los contenidos de proteína no fueron diferentes entre sí (5.41 y 5.27%, respectivamente) pero son mayores que el del tratamiento a 20°C (3.6 %). Esto se debe a que a esta temperatura la solubilidad de la proteína es baja, entonces en el proceso estas moléculas se quedan adheridas a la membrana y no llegan al producto concentrado.

En lo que se refiere a grasa también hay una concentración desde 0.20 % en el suero hasta 0.60 y 0.70% para los concentrados a 20 y 30°C, respectivamente; estos valores difieren del 1.25% de grasa encontrado en el concentrado a 40°C. Esto se debe al mismo efecto de la temperatura sobre la adhesión de partículas sobre la superficie interna de la membrana, discutido anteriormente para la proteína.

Respecto al efecto de la temperatura sobre los demás nutrientes del concentrado, no se encontraron diferencias significativas debidas al tratamiento. Los minerales están entre 8.06 y 9.69% y la lactosa entre 6.68 y 7.07%. El contenido de minerales del concentrado es casi el doble que el del suero inicial.

El permeato, es un producto que no contiene grasa porque la membrana de ultrafiltración no permite que el glóbulo de grasa traspase sus poros, quedando este componente en el concentrado. Según la permeabilidad selectiva de la membrana no debería existir proteína en el permeato; en nuestro análisis apareció 0.24% de proteína, pero esto es debido a la metodología usada para determinar la proteína (%N Total*6.38). Esta fracción probablemente corresponde al nitrógeno no proteico, aminoácidos y ácidos nucleicos, que sí llegan a pasar la membrana.

El pH del suero inicial, se mantiene en el concentrado y en el permeato, ya que el proceso no afecta la acidez; así el pH con que se comienza a trabajar determina la acidez presente tanto en el permeato como en el concentrado. Los niveles de pH con que se realizó este estudio estuvieron entre 5.81 – 5.71 (Cuadro 4).

4.3 BALANCE DE MATERIALES

En los Anexos 6, 7, 8, 9 y 10 se presentan los balances efectuados para materiales totales y para cada nutriente en la ultrafiltración. El balance de materiales se realizó comparando la sumatoria de la cantidad de concentrado y de permeato obtenidos con respecto a los 25 kg de suero inicial y expresados como porcentaje de pérdida. De igual forma para realizar el balance por nutrientes se tomó en cuenta los kg totales de producto y su composición porcentual en dicho nutriente (Cuadros 3 y 4) y se expresaron igualmente como porcentaje de pérdida.

En el Cuadro 6 se ve una tendencia a reducirse las pérdidas de materiales y nutrientes a medida que se aumenta la temperatura. Respecto a la proteína, se llega a recuperar totalmente esta fracción a 30 y 40°C mientras que a 20°C se perdió 38%. En cuanto a minerales, grasa y lactosa el menor porcentaje de pérdida se da a 40°C.

Estas pérdidas se deben a que en la membrana a bajas temperaturas, se quedan partículas en la superficie y no continúan en el fluido.

Cuadro 6. Porcentaje de pérdida de materiales totales y por nutrientes en la ultrafiltración.

T°C	Total	Cenizas	Proteína	Grasa	Lactosa
20	5.60	13.31	38.22	72.40	8.16
30	3.80	12.35	-	59.27	19.48
40	2.80	-	-	5.00	6.50

4.4 CARACTERIZACION MICROBIOLÓGICA

En el conteo total de microorganismos en el suero y en el concentrado, hasta una dilución de 10^{-5} , se obtuvieron poblaciones demasiado numerosas para contar. Esto se debe a la inoculación de la leche con cultivo láctico en la elaboración del queso Zamorella, puesto que al desuerarlo los microorganismos permanecen en el suero y durante la ultrafiltración son retenidos selectivamente por la membrana en el concentrado.

En el conteo total de microorganismos en el permeato (Cuadro 7) se encontró una población de alrededor de 1.8×10^5 UFC/ml en todos los tratamientos. Teóricamente el permeato no debería presentar microorganismos debido a que la membrana no permite el paso de estos. La población microbiana presente puede provenir de la contaminación del permeato por los utensilios empleados para su recolección, para medir su flujo y por la espera hasta terminar el proceso. No se ve un efecto de la temperatura del suero sobre este conteo.

Cuadro 7. Recuento total de microorganismos en el permeato (UFC $\times 10^5$ / ml).

Repetición	20°C	30°C	40°C
1	1.90	1.90	1.60
2	1.80	2.00	1.80
3	1.80	1.90	1.80
X	1.82	1.89	1.71
DE	5.30	4.73	8.00
CV %	0.029	0.025	0.0047

Respecto al conteo de coliformes totales se encontró ausencia de éstos, tanto en el suero como en sus productos, para todos los tratamientos. Esto se debe a que el suero proviene de un queso elaborado con leche pasteurizada.

Si se decidiera darle algún tipo de uso comercial al permeato o al concentrado debe tomarse en cuenta la pasteurización del producto, para evitar el deterioro, la acidificación y la pérdida de sus propiedades funcionales. Estudios posteriores podrían determinar la combinación de tiempo y temperatura adecuada para cada fracción. Especial atención merece el concentrado, puesto que temperaturas mayores a 65°C pueden afectar la solubilidad de la proteína, perdiendo ésta su funcionalidad al desnaturalizarse.

4.5 ANALISIS DE COSTOS

En el Anexo 11, se presenta el análisis de costos para la elaboración del concentrado a partir de 25 kg de suero, como se ve la materia prima constituye el menor costo variable ya que cada kilogramo de suero cuesta Lps. 0.10, la mano de obra es el 39.5 % de los costos y gastos totales, mientras que los costos fijos como suministros para la planta y servicios de mantenimiento son el 53 % de los costos totales, vemos que esto es lo que eleva el costo de producción del concentrado de suero, que debería tener un precio de equilibrio, o sea para cubrir los costos de Lps. 15.06, pero con un margen de ganancia del 25 % se vendería el concentrado proteico en Lps. 18.32.

El Anexo 12, nos presenta los costos de producción del permeato a partir de 25 kg de suero cuyo costo representa el 3% de los costos totales. Los costos más elevados son los referentes a mano de obra y costos fijos que representan el 49 y el 40 %, respectivamente de los costos totales, el precio de equilibrio de este producto es de Lps. 4.07; pero para cumplir con el margen de ganancia del 25% subiría el precio a Lps. 5.08

5. CONCLUSIONES

La temperatura afecta directamente el proceso de ultrafiltración, en el flujo, tiempo del proceso y en la concentración de proteína que se puede obtener.

A 40° C se logra una mayor concentración proteica y mejor balance de materiales. Con esta temperatura el concentrado obtenido presentó 5.27% de proteína y 1.25% de grasa; mientras que el permeato, 0.25% de proteína y 0% de grasa.

Entre las variables de % humedad, % cenizas, % lactosa y pH, no se encontró diferencias significativas entre los productos (concentrado y permeato).

Se debe controlar estrictamente las condiciones de ultrafiltración para obtener productos de composición constante.

El suero debe ser procesado tan pronto como sea posible, después de su recogida, ya que su temperatura y composición promueven el crecimiento de bacterias. Si no es así el suero debe enfriarse rápidamente hasta 5°C para detener eventualmente el crecimiento bacteriano.

El precio de transferencia para el concentrado proteico es de Lps.18.82, mientras que del permeato es Lps.5.08.

6. RECOMENDACIONES

Realizar el proceso de ultrafiltración utilizando una bomba de desplazamiento positivo para evaluar el comportamiento de los parámetros de flujo, tiempo y concentración proteica.

Evaluar el concentrado proteico y el permeato desde el punto de vista funcional para determinar su uso potencial a nivel industrial.

Estudiar la forma de concentrar la proteína a niveles altos (35-90%), mediante la deshidratación del concentrado obtenido por ultrafiltración del suero .

Estudiar la ultrafiltración de sueros ácidos en caso de altaq disponibilidad de este tipo de subproducto.

En los posteriores proyectos, se debería estudiar la forma de separación de la lactosa del concentrado, puesto que es un producto de mucha demanda hoy en día.

7. BIBLIOGRAFIA

ALAIS, C. 1994. Ciencia de la Leche. Principios de la Técnica Lechera. 9 Reimpresión. Compañía Editorial Continental, México, México, 594p.

ALFA-LAVAL. Ultrafiltration in Daires. UF Pilot testing is carried out in Alfa-Laval's Dairy Reserch station..

CHERYAN, M. 1986 Ultrafiltration Handbook, 1^{ra}. edición. Technomic Publishing Company. Pennsylvania, Estados Unidos. 375p.

ECK, A. 1986. Cheesemaking. 2^{da}. edición. Lavoisier, París, Francia. 539 p.

HUFFMAN, L. 1996. Food Technology. Processing Whey Protein for use as a Food Ingredient. pag 49-52.

KEATING, P. Y RODRIGUEZ H. 1986. Introducción a la Lactología. 1 edición. LIMUSA, México, México 283P.

KOSIKOWSKI, F. 1977. Cheese and Fermented Milk Food. 1 edición. Edwards Brothers, Michigan, USA, 711p.

KOSIKOWSKI, F. 1982. New Cheese-Making procedures utilizing ultrafiltration. Food technology. Pag 71-77.

MADRID, A. 1994. Nuevo Manual de Tecnología Quesera. 1 edición. Iragra S.A., Madrid, España, 380p.

Milk Protein, Casein and Caseinates Whey Protein Concentrate. Royal Proteins, Inc.SF.

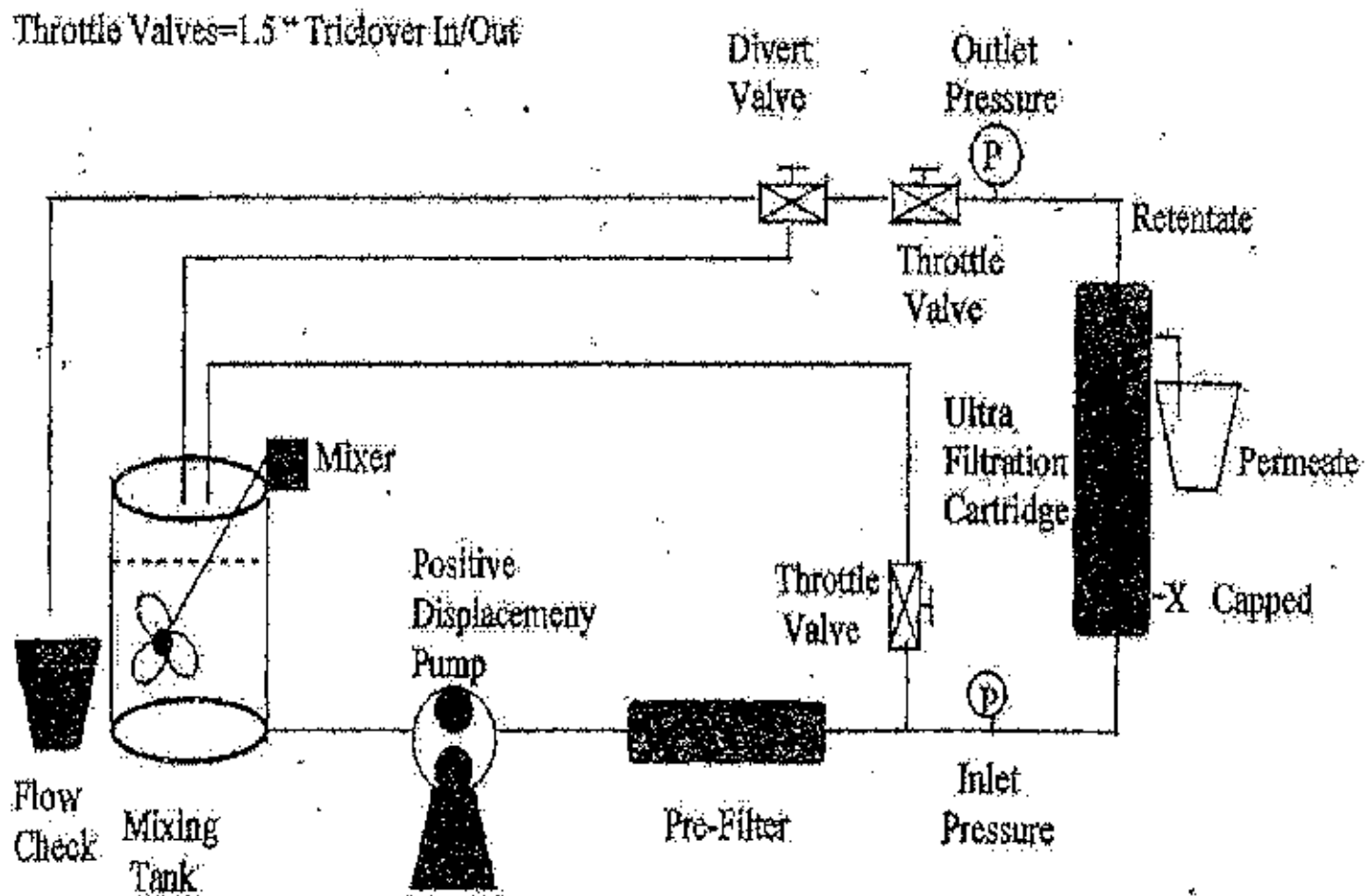
REVILLA, A. 1996. Tecnología de la Leche. 3 edición. CERED, Tegucigalpa, Honduras, 396p.

SANTOS, A. 1996. Leche y sus derivados. 2^a Edición. Trillas, México DF., México, 218p.

TETRA-PACK, 1996. Manual de Industrias Lácteas. Capítulo 6.4. pag. 123-132.

8. ANEXOS

Anexo 1. Esquema del flujo de proceso



Anexo 2. Efecto de la temperatura sobre los parámetros medidos en el proceso de ultrafiltración.

Tratamiento (Temperatura)	Repetición	Flujo (ml/min)	Tiempo (min.)	Suero inicial kg	Retentato kg	Permeato kg
20°C	1	200	120	25	2.5	21.5
	2	210	118	25	2.0	21.4
	3	200	120	25	2.5	21.0
30°C	1	220	75	25	3.5	21
	2	210	85	25	3.2	20.8
	3	220	90	25	3.0	21
40°C	1	300	55	25	4.0	20
	2	280	75	25	3.5	21
	3	280	70	25	3.8	20.5

Anexo 3. Resultados del análisis químico del suero (%).

Producto	Tratamiento	Repetición	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Lactosa	pH
Suero	20°C	1	94.97	4.55	0.19	0.85	8.14	5.69
		2	94.93	4.60	0.20	0.89	6.35	5.96
		3	94.71	5.54	0.28	0.87	3.95	5.80
	30°C	1	94.60	4.87	0.22	0.88	8.95	5.64
		2	94.72	4.96	0.21	0.90	7.20	5.86
		3	94.31	5.17	0.28	0.87	3.46	5.71
	40°C	1	94.75	4.75	0.20	0.94	7.85	5.60
		2	94.80	4.92	0.20	0.93	6.13	5.90
		3	94.80	5.46	0.28	0.85	3.46	5.80

Anexo 4. Resultados del análisis químico del concentrado (%).

Producto	Tratamiento	Repetición	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Lactosa	pH
Concentrado	20°C	1	91.37	8.07	0.6	3.67	7.43	5.63
		2	91.41	8.04	0.6	3.56	6.35	5.85
		3	91.11	6.79	0.6	3.73	4.79	5.88
	30°C	1	91.35	10.17	0.7	5.68	6.95	5.54
		2	93.11	6.52	0.7	5.13	6.41	5.85
		3	93.08	7.58	0.7	3.48	7.00	5.83
	40°C	1	89.70	9.70	1.3	5.07	7.78	5.54
		2	90.13	9.65	1.2	5.47	6.35	5.84
		3	91.65	9.30	1.6	3.09	6.95	5.77

Anexo 5. Resultados del análisis químico del permeato (%).

Producto	Tratamiento	Repetición	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Lactosa	pH
Permeato	20°C	1	95.75	3.79	0.0	0.24	7.15	5.68
		2	95.76	3.78	0	0.24	6.97	5.86
		3	95.46	4.04	0	0.25	3.49	5.87
	30°C	1	95.88	3.77	0.0	0.24	8.07	5.64
		2	95.74	3.98	0	0.24	5.44	5.84
		3	95.40	4.01	0	0.25	3.12	5.86
	40°C	1	95.24	4.25	0.0	0.26	6.41	5.64
		2	95.18	4.27	0	0.24	6.91	5.84
		3	96.24	4.39	0	0.25	4.36	5.86

Anexo 6. Balance de materiales en la ultrafiltración (kg).

Tratamiento	Suero	Concentrado	Permeato	Balance	% Pérdida
20°C	25	2.3	21.3	-1.40	5.60
30°C	25	3.2	20.9	-0.90	3.60
40°C	25	3.8	20.5	-0.70	2.80

Anexo 7. Balance de proteína en la ultrafiltración (g).

Tratamiento	Suero	Concentrado	Permeato	Balance	% Pérdida
20°C	217,50	83,28	51,12	-83,12	38,22
30°C	222,50	173,12	50,16	0,78	-
40°C	235,00	200,28	51,25	16,51	-

Anexo 8. Balance de grasa en la ultrafiltración (g).

Tratamiento	Suero	Concentrado	Permeato	Balance	% Pérdida
20°C	50,00	13,80	0,00	-36,2	72,40
30°C	55,00	22,40	0,00	-32,6	59,27
40°C	50,00	47,50	0,00	-2,5	5,00

Anexo 9. Balance de lactosa en la ultrafiltración (g).

Tratamiento	Suero	Concentrado	Permeato	Balance	% Pérdida
20°C	1810,00	158,47	1503,78	-147,75	8,16
30°C	2020,00	213,76	1412,84	-393,4	19,48
40°C	1747,50	268,66	1365,30	-113,54	6,50

Anexo 10. Balance de minerales en la ultrafiltración (g).

Tratamiento	Suero	Concentrado	Permeato	Balance	% Pérdida
20°C	1145.00	185.38	807.27	-152.35	13,31
30°C	1230.00	267.20	810.92	-151.88	12,35
40°C	1210.00	368.22	873.30	31.52	-2,60

ANEXO 11.
Análisis de costos para el concentrado

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual
INGRESOS						
CONCENTRADO	kg	45	18,83	84,74		
(-) Devoluciones	kg					
TOTAL INGRESOS				<u>84,74</u>	18,83	1,00
COSTOS						
COSTOS VARIABLES						
MANO DE OBRA DIRECTA						
MANUFACTURA DE PRODUCTOS	HORA	1	17,13	17,13		
PREBENDAS SUÉLDOS	HORA M.O.D	1	0,07	0,07		
CAPACITACION	HORA M.O.D	1	1,07	1,07		
CATORCEAVO	HORA M.O.D	1	1,43	1,43		
PREAVISO	HORA M.O.D	1	0,10	0,10		
CESANTIA	HORA M.O.D	1	0,63	0,63		
TRECEAVO	HORA M.O.D	1	1,43	1,43		
PLAN DE RETIRO	HORA M.O.D	1	0,07	0,07		
IMPUESTO SOBRE LA RENTA	HORA M.O.D	1	0,26	0,26		
TRANSPORTE	HORA M.O.D	1	0,20	0,20		
SEGURO POR MUERTE	HORA M.O.D	1	0,07	0,07		
FOSOM	HORA M.O.D	1	0,29	0,29		
MANO DE OBRA INDIRECTA						
DISTRIBUCION OVERHEAD				4,04		
TOTAL MANO DE OBRA				<u>26,79</u>	5,95	0,40
MATERIA PRIMA						
Suero de Mozzarella	kg	25	0,10	2,50		
TOTAL MATERIA PRIMA				<u>2,50</u>	0,68	0,04
TOTAL COSTOS VARIABLES				<u>29,29</u>	6,61	0,43
MARGEN DE CONTRIBUCION				<u>55,44</u>	12,32	

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual
COSTOS FIJOS						
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	HORA M.O.D	1	10,558295	10.56		
SUMINISTROS DE LIMPIEZA	HORA M.O.D	1	4,160449	4.16		
SUMINISTROS Y ACCESORIOS	HORA M.O.D	1	0,5317577	0.53		
SUMINISTROS MEDICOS	HORA M.O.D	1	0,1607626	0.16		
SUMINISTROS DE LABORATORIO	HORA M.O.D	1	1,1594088	1.16		
MATERIAL DIDACTICO	HORA M.O.D	1	0,1495273	0.15		
HERRAMIENTAS	HORA M.O.D	1	0,0797044	0.08		
UNIFORMES	HORA M.O.D	1	1,1947202	1.19		
OTROS SUMINISTROS	HORA M.O.D	1	0,3497856	0.35		
ADICIONES MENORES DE MOBIL.	HORA M.O.D	1	0,5358755	0.54		
SERVICIO DE LAVANDERIA	HORA M.O.D	1	0,5317577	0.53		
SERVICIO DE TALLER	HORA M.O.D	1	0,3002595	0.30		
SERVICIO DE LABORATORIO	HORA M.O.D	1	0,0430393	0.04		
TELEFONO	HORA M.O.D	1	0,0578745	0.06		
MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS	HORA M.O.D	1	0,4640143	0.46		
MANTENIMIENTO DE MOBILIARIO	HORA M.O.D	1	4,4524481	4.45		
MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES	HORA M.O.D	1	0,8038132	0.80		
VARIOS	HORA M.O.D	1	0,5144404	0.51		
FLETE Y ACARREO	HORA M.O.D	1	0,0947653	0.09		
GASTOS DE VIAJE	HORA M.O.D	1	0,2893727	0.29		
DEPRECIACION DE EDIFICIOS	HORA M.O.D	1	0,1018163	0.10		
DEPRECIACION DE MOBILIARIO	HORA M.O.D	1	4,2819289	4.28		
DEPRECIACION DE OTRA MAQUINARIA	HORA M.O.D	1	1,1185666	1.12		
DEPRECIACION MEJORAS	HORA M.O.D	1	1,1454197	1.15		
TOTAL COSTOS FIJOS				33.10	7.35	0.43
TOTAL COSTOS VARIABLES Y FIJOS				62.38	13.86	0.92
UTILIDAD DE OPERACIÓN				22.35	4.97	
GASTOS						
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
ADMINISTRACION SECCION		84.735	0.028	2.37		
ADMINISTRACION DEPARTAMENTO		84.735	0.0072	0.61		
ADMINISTRACION ZAMORANO		84.735		0.00		
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS				2.98	0.66	0.04
GASTOS FINANCIEROS						
INVENTARIO DE MATERIA PRIMA		84.735	0.02	1.89		
INVENTARIO DE PRODUCTO MANUFACTURADO		84.735	0.0092	0.69		
TOTAL GASTOS FINANCIEROS				2.39	0.53	0.04
TOTAL GASTOS				5.37	1.19	0.08
TOTAL COSTOS Y GASTOS				67.76	16.06	1.00
RETORNO AL CAPITAL Y AL RIESGO				16.98	3.77	
RENTABILIDAD SOBRE VENTAS				0.20		
RENTABILIDAD SOBRE COSTOS				0.25		PRECIO
CANTIDAD MINIMA DE EQUILIBRIO				3.12		OPTIMO
PRECIO DE EQUILIBRIO				16.06		18.82

ANEXO 12.
Análisis de costos para el permeato

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual
INGRESOS						
PERMEATO	kg	20.5	5.11	104.755		
(-) Devoluciones						
TOTAL INGRESOS				104.755	5.11	1
COSTOS						
COSTOS VARIABLES						
MANO DE OBRA DIRECTA						
MANUFACTURA DE PRODUCTO	HORA	1	17.13	17.13		
PREBENDAS SUELDOS	HORA M.O.D.	1	0.07	0.07		
CAPACITACION	HORA M.O.D.	1	1.072	1.07		
CATORCEAVO	HORA M.O.D.	1	1.427	1.43		
PREAVISO	HORA M.O.D.	1	0.102	0.10		
CESANTIA	HORA M.O.D.	1	0.627	0.63		
TRECEAVO	HORA M.O.D.	1	1.427	1.43		
PLAN DE RETIRO	HORA M.O.D.	1	0.075	0.07		
IMPUESTO SOBRE LA RENTA	HORA M.O.D.	1	0.263	0.26		
TRANSPORTE	HORA M.O.D.	1	0.205	0.20		
SÉGURO POR MUERTE	HORA M.O.D.	1	0.068	0.07		
FOSOMI	HORA M.O.D.	1	0.287	0.29		
MANO DE OBRA INDIRECTA						
DISTRIBUCION OVERHEAD				18.39		
TOTAL MANO DE OBRA				41.14	2.01	0.49
MATERIA PRIMA						
Suero de Mozzarella	kg	25	0.10	2.50		
TOTAL MATERIA PRIMA				2.50	0.12	0.03
TOTAL COSTOS VARIABLES				43.64	2.13	0.52
MARGEN DE CONTRIBUCION				102.26	2.98	

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Analisis	Analisis
					Unitario	Porcentual
COSTOS FIJOS						
COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	HORA M.O.D.	1	10,56	10,56		
SUMINISTROS DE LIMPIEZA	HORA M.O.D.	1	4,18	4,18		
SUMINISTROS Y ACCESORIOS	HORA M.O.D.	1	0,532	0,53		
SUMINISTROS MEDICOS	HORA M.O.D.	1	0,161	0,16		
SUMINISTROS DE LABORATORIO	HORA M.O.D.	1	1,159	1,16		
MATERIAL DIDACTICO	HORA M.O.D.	1	0,146	0,15		
HERRAMIENTAS	HORA M.O.D.	1	0,08	0,08		
UNIFORMES	HORA M.O.D.	1	1,195	1,19		
OTROS SUMINISTROS	HORA M.O.D.	1	0,35	0,35		
ADICIONES MENORES DE MOBIL	HORA M.O.D.	1	0,536	0,54		
SERVICIO DE LAVANDERIA	HORA M.O.D.	1	0,532	0,53		
SERVICIO DE TALLER	HORA M.O.D.	1	0,3	0,30		
SERVICIO DE LABORATORIO	HORA M.O.D.	1	0,043	0,04		
TELEFONO	HORA M.O.D.	1	0,058	0,06		
MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS	HORA M.O.D.	1	0,465	0,48		
MANTENIMIENTO DE MOBILIARIO	HORA M.O.D.	1	4,452	4,45		
MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES	HORA M.O.D.	1	0,804	0,80		
VARIOS	HORA M.O.D.	1	0,514	0,51		
FLETE Y ACARREO	HORA M.O.D.	1	0,095	0,09		
GASTOS DE VIAJE	HORA M.O.D.	1	0,289	0,29		
DEPRECIACION DE EDIFICIOS	HORA M.O.D.	1	0,102	0,10		
DEPRECIACION DE MOBILIARIO	HORA M.O.D.	1	4,282	4,28		
DEPRECIACION DE OTRA MAQUINARIA	HORA M.O.D.	1	1,119	1,12		
DEPRECIACION MEJORAS	HORA M.O.D.	1	1,145	1,15		
TOTAL COSTOS FIJOS				33,10	1,61	0,40
TOTAL COSTOS VARIABLES Y FIJOS				76,73	3,74	0,92
UTILIDAD DE OPERACION				28,02	1,37	
GASTOS						
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
ADMINISTRACION SECCION		104,755	0,028	2,93		
ADMINISTRACION DEPARTAMENTO		104,755	0,007	0,75		
ADMINISTRACION ZAMORANO		104,755		0,00		
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS				3,69	0,18	0,04
GASTOS FINANCIEROS						
INVENTARIO DE MATERIA PRIMA		104,755	0,02	2,10		
INVENTARIO DE PRODUCTO MANUFACTURADO		104,755	0,008	0,86		
TOTAL GASTOS FINANCIEROS				2,96	0,14	0,04
TOTAL GASTOS				6,64	0,32	0,08
TOTAL COSTOS Y GASTOS				83,38	4,07	1,00
RETORNO AL CAPITAL Y AL RIESGO				21,38	1,04	
RENTABILIDAD SOBRE VENTAS				0,20		
RENTABILIDAD SOBRE COSTOS				0,26		PRECIO
CANTIDAD MINIMA DE EQUILIBRIO				13,33		OPTIMO
PRECIO DE EQUILIBRIO				4,07		5,08