

# **Utilización del ultrafiltrado de suero pasteurizado del queso para el desarrollo de una bebida isotónica**

Juan Esteban Torres Chávez

ZAMORANO  
Carrera de Agroindustria

Abril, 2001

## RESUMEN

Torres, Juan. 2001. Utilización del ultrafiltrado de suero pasteurizado del queso para el desarrollo de una bebida isotónica. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 37 p.

En Honduras, el suero del queso es un contaminante importante en las aguas servidas de las plantas queseras y su aprovechamiento se restringe al engorde de cerdos, pero mayormente se deshecha. El presente estudio de ultra filtración promueve el uso del suero para disminuir la contaminación ambiental. Su objetivo fue desarrollar una bebida isotónica a base del ultrafiltrado de suero, caracterizarla química y microbio lógicamente, estudiar su estabilidad física y microbiana, medir su aceptación por los consumidores y calcular el costo total de producción. La bebida desarrollada con sabor a mandarina presentó color, opacidad y pH (3.16) similares al producto comercial Gatorade®; también coincidió en la composición de electrolitos (463 ppm de sodio y 185 ppm de potasio), osmolalidad (293 mOsmoVkg) y valor energético (34 Cal/100 mL). Se estudió la estabilidad física y microbio lógica a los 0, 5, 15 y 20 días de elaborado, evaluando la turbidez y sedimentación del producto. La formulación original incluía pectinas, pero tenía el defecto de causar sedimentación que arrastraba el colorante rojo (fresa); se intentó cambiarlo por celulosa, pero hubo el mismo resultado a los 8 días de elaboración. Al eliminar la goma y cambiar el colorante por otro colorante-aromatizante (sabor a mandarina) se logró estabilidad durante 20 días. Los recuentos de mesófilos totales resultaron incontables desde el segundo día a temperatura ambiente; mientras que en refrigeración (4°C) fueron aceptables (menos de 400 UFC/rnL) hasta los 20 días. Los conteos de coliformes totales resultaron nulos para ambas temperaturas en todos los casos. Se encuestaron 200 personas y la aceptación general del producto fue del 68% ( $P < 0.01$ ), aunque sólo un 30% lo aceptó en base al sabor ( $P < 0.01$ ). El costo de producción por litro de ultrafiltrado fue de Lps. 3.70 (\$0.24) y de la bebida Lps. 9.21 (\$0.60). Se recomienda ensayar la adición de preservantes (benzoatos) para mejorar la estabilidad a temperatura ambiente y el uso de jarabes altos en fructosa para mejorar el sabor.

**Palabras claves:** Aceptabilidad, DBO, rehidratación, sedimentación, ultra filtración.

## **NOTA DE PRENSA**

### **UN PODEROSO CONTAMINANTE PUEDE CONVERTIRSE EN PRODUCTO ALIMENTICIO**

Un proyecto de investigación ha logrado identificar y aprovechar las bondades nutritivas de los componentes del suero, derivado del proceso de elaboración del queso. De acuerdo a estudios realizados en Zamorano, el suero puede aprovecharse en su totalidad para crear productos de consumo alimenticio.

El suero, que en las plantas queseras generalmente es desechado, es un alto contaminante de las aguas debido a que consume el oxígeno disponible, limitando así el crecimiento de peces y organismos acuáticos en ríos y lagunas.

En Zamorano, desde hace tres años, se trabaja con el proceso de ultra filtración (UF) que consiste en filtrar el suero a través de una membrana que retiene las moléculas o partículas grandes, como la proteína y la grasa, resultando en lo que se llama concentrado proteico; pero permite el paso de pequeñas partículas como los minerales, vitaminas y azúcares solubles produciendo lo que se conoce como ultrafiltrado. En el 2000, se elaboró un sorbete y una bebida nutritiva a base del concentrado proteico y en este año se desarrolló una bebida isotónica a partir del ultrafiltrado de suero.

Esta bebida, que está dirigida a consumidores que realizan actividades deportivas, demostró buena aceptabilidad por sus características generales. Se desarrolló el flujo de proceso de elaboración, se analizó la composición química y microbio lógica del producto y se calcularon sus costos de producción. Sin embargo, la vida útil del producto a temperatura ambiente fue muy corta, aunque en refrigeración se mantuvo por 20 días. Se recomienda el uso de preservantes para alargar la vida de anaquel de la bebida.

El impacto ambiental del uso integral del suero de queso, en productos como los ya desarrollados (sorbete, bebida nutritiva y bebida isotónica), reside en la ausencia de este contaminante en las aguas de desecho de las plantas

## CONTENIDO

Portadilla.....	1
Autoría. . . . .	11
Página de firmas.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
Agradecimiento a patrocinadores.....	VI
Resumen.....	VII
Nota de Prensa.....	VIII
Contenido .....	IX
Índice de Cuadros.....	XI
Índice de Figuras .....	XII
Índice de Anexos.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 ALCANCES Y LIMITES DEL ESTUDIO.....	2
1.3.1 Alcances .....	2
1.3.2 Límites.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 General .....	3
1.4.2 Específicos .....	3
2. 2.1 REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.2 MÉTODOS PARA SEPARACIÓN DE COMPONENTES EN FLUIDOS	4
2.2.1 ULTRAFILTRACIÓN .....	5
2.3 Ultrafiltrado .....	8
2.3.1 BEBIDAS ISOTÓNICAS.....	8
2.3.2 Carbohidratos.....	9
2.4. Electrolitos .....	10
2.5. ELABORACIÓN DE LA BEBIDA ISOTÓNICA.....	10
ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN POR EL CONSUMIDOR.....	11
3. MATERIALES y MÉTODOS.....	13
3.1 ULTRAFILTRACIÓN.....	13
3.1.1 Materia prima.....	13
3.1.2 Equipo.....	13
3.1.3 Métodos.....	14
3.2 BEBIDA ISOTÓNICA .....	15
3.2.1 Materia prima.....	15

3.2.2	Materiales y equipos .....	15
3.2.3	Métodos .....	15
3.3	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.....	16
3.4 3.5	ESTABILIDAD FÍSICA Y MICROBIOLÓGICA.....	17
3.6	ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN .....	17
	ANÁLISIS DE COSTOS .....	18
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	19
4.1	ULTRAFILTRACIÓN .....	19
4.1.1	Análisis técnico.....	19
4.1.2	Análisis químico y microbiológico.....	20
4.1.3	Análisis de costos .....	21
4.2	BEBIDA ISOTÓNICA.....	21
4.2.1	Caracterización del producto.....	21
4.2.2	Análisis técnico.....	21
4.2.3	Análisis físico .....	24
4.2.4	Análisis químico.....	24
4.2.5	Análisis de estabilidad física y microbiológica.....	26
4.2.6	Análisis de aceptación .....	27
4.2.7	Análisis de costos.....	28
5.	<b>CONCLUSIONES</b> ... ..	29
6.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	30
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	31
8.	<b>ANEXOS</b> .....	33

## INDICE DE CUADROS

### Cuadro

1. Procesos desarrollados para separar los componentes del suero.....	4
2. Composición del concentrado y ultrafiltrado de suero ácido obtenidos por UF y ósmosis reversa (%).....	7
3. Composición química del ultrafiltrado (%).....	8
4. Formulación inicial para 100 litros de bebida deportiva .....	11
5. Formulación inicial para la elaboración de bebida isotónica.....	16
6. Análisis químicos realizados en el suero, ultrafiltrado y bebida isotónica.....	17
7. Resumen de tres corridas de ultra filtración para 100kg de suero .....	19
8. Conteo microbio en el suero pasteurizado y el ultrafiltrado (UFC/mL).....	20
9. Estabilidad física de la bebida con pectina y gomas celulósicas a los cinco días de elaborada .....	22
10. Formulación final para la elaboración de bebida isotónica.....	22
11. Color y opacidad de la bebida y del Gatorade@ (medido a D65/1 00) .....	24
12. Composición química del suero, ultrafiltrado y bebida isotónica.....	25
13. Composición de electrolitos esenciales en el suero, ultrafiltrado, bebida y Gatorade@ .....	25
14. Composición del estándar, la bebida isotónica y el Gatorade@ .....	26
15. Resultados de los análisis microbiológicos de la bebida a temperatura ambiente (UFC/mL).....	27
16. Resultados de los análisis microbiológicos de la bebida en refrigeración (UFC/mL) .....	27
17. Matriz multidimensional de retorno sobre costos.....	28

## INDICE DE FIGURAS

### Figura

1. Principio del funcionamiento de la UF (Alfa Laval, 1990)..... 6
2. Flujo de proceso para la elaboración de bebida isotónica..... 23

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Durante la manufactura de quesos se obtiene una fracción líquida denominada suero, cuya cantidad varía según el tipo de queso. Sólo un 10 a 20% de la leche se convierte en queso y el 80 a 90% restante en suero. Según Revilla (1996), el rendimiento de la leche en quesos duros varía entre 8 y 12%, y en quesos frescos y blandos entre 12 y 30%. La producción mundial de suero está estimada entre 80 a 90 millones de toneladas por año y sólo en Estados Unidos se produce cerca de 30 millones de toneladas por año (Cheryan, 1998).

La composición de aguas servidas es analizada usando medidas físicas, químicas y biológicas. Los análisis más comunes de medidas de sólidos son la demanda bioquímica de oxígeno (DBOs), la demanda química de oxígeno (COD) y el pH. El DBOs es la cantidad de oxígeno usada por microorganismos en un período superior a 5 días, esa materia orgánica es descompuesta en las cloacas a temperatura de 20°C (Enciclopedia Encarta, 1999).

El suero del queso es un efluente de difícil manejo y un poderoso contaminante de las aguas por su alto DBOs (32,000 a 50,000 ppm). La contaminación de una planta productora de quesos es comparada con la contaminación que produciría una población de 600 personas (Cheryan, 1998).

Según Andrade (1999) en países desarrollados el suero se deshidrata para utilizarlo en formas diversas. Se puede encontrar en el mercado suero en polvo, concentrados y aislados proteicos, los cuales se utilizan en formulaciones de bebidas, productos lácteos y extensores de carnes.

A pesar de que la proteína del suero es de mejor calidad que la caseína, actualmente las plantas de procesamiento de productos lácteos de la región centroamericana no cuentan con un procedimiento establecido de utilización y aprovechamiento de este subproducto. En la Planta de Productos Lácteos de Zamorano alrededor del 25% del suero producido es evacuado como agua residual y el 75% es para consumo animal (cerdos /, desperdiciando así el alto valor nutricional de su proteína.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La industria láctea en países desarrollados ha realizado grandes esfuerzos buscando formas de utilizar el suero de queso, para evitar su desperdicio y la contaminación que éste provoca.

Debido a que en la actualidad Zamorano no cuenta con el equipo, ni con el volumen de producción de suero para darle a éste un tratamiento de secado, se ha usado el método de ultrafiltración (UF) para concentrar la proteína que posee, lo que puede resultar en una utilización completa del suero si se industrializa tanto el concentrado como el ultrafiltrado.

El valor nutricional de la proteína del suero está dado por la  $\alpha$ -lactoalbúmina y la  $\beta$ -lactoglobulina, que constituyen el 80% de la proteína presente en el suero. La caseína, que representa el 78% de la proteína de la leche, según Revilla (1996), es ligeramente deficiente en los aminoácidos azufrados (metionina y cisteína); mientras que las proteínas del suero representan un 17% del total de la proteína de la leche y poseen mayor cantidad de estos aminoácidos, por lo que su valor biológico de 1.0 es superior al 0.8 de la caseína, e igual a la proteína del huevo.

Entre los deportistas se ha vuelto muy popular el consumo de bebidas isotónicas, ricas en electrolitos y carbohidratos, que ayuden a rehidratarlos mientras hacen deporte e incluso mejoren sus rendimientos durante la práctica de los mismos. Por lo tanto, el desarrollo de una bebida isotónica dará un valor agregado a este subproducto de la industria quesera, que de otra manera sería descartado o subutilizado totalmente y constituiría un paso hacia la reducción de contaminantes en las aguas negras de la institución.

El desarrollo de una bebida isotónica podría incrementar el volumen de negocios de la Zamoempresa de Productos Lácteos y Cárnicos contribuyendo al crecimiento y rentabilidad de la empresa. Además Zamorano, con este producto, estaría implementando el concepto de Restrepo (2000) sobre "eficiencia"; el de lograr una eficiencia económica a través de una eficiencia ecológica, mediante el aprovechamiento de un desperdicio de la planta procesadora de alimentos.

## 1.3 ALCANCES Y LÍMITES DEL ESTUDIO

### 1.3.1 Alcances

Caracterización del producto: nombre, definición química y nutricional.

Proceso de elaboración del producto, a nivel de laboratorio: fases del proceso y formulaciones.

Análisis químico, microbiológico y de aceptabilidad.

No contar con máquinas embotelladoras para el envasado de la bebida isotónica, ni con botellas apropiadas para el producto.

## **1.4 OBJETIVOS**

Elaborar una bebida isotónica utilizando ultrafiltrado del suero dulce pasteurizado de queso.

### **1.4.2 Específicos**

- Desarrollar una formulación para la elaboración de una bebida isotónica a partir de ultrafiltrado del suero.
- Elaborar un diagrama de flujo de proceso de la bebida isotónica.
- Analizar física y químicamente el producto obtenido.
- Evaluar la estabilidad física y microbiológica de la bebida.
- Analizar la aceptación de la bebida por el consumidor.
- Realizar un análisis de costos de la materia prima y del producto elaborado.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 MÉTODOS PARA SEPARACIÓN DE COMPONENTES EN FLUIDOS

Existen varios métodos para separar los componentes del suero y poderlos aprovechar (Cuadro 1); sin embargo, el proceso más popular por su eficiencia y relativo bajo costo es la ultrafiltración (UF).

**Cuadro 1.** Procesos desarrollados para separar los componentes del suero.

PROCESO	CONCENTRADO	FILTRADO
Ósmosis reversa	Todos los solutos, agua.	Agua.
Nanofiltración	Pequeñas moléculas, sales divalentes, ácidas disociadas, agua.	Agua, iones monovalentes.
Ultra filtración	Proteínas, lípidos y bacterias.	Lactosa, sales minerales, agua.
Micro filtración	Lípidos, bacterias, proteínas de peso molecular alto.	Solutos disueltos, agua.

Tomado de Cheryan (1998), adaptado por el autor.

El suero de leche contiene cantidades muy bajas de sólidos totales, menos de 6% señala Andrade (1999), lo cual es insuficiente para elaborar cualquier producto con un valor nutritivo aceptable. Dentro de los sólidos totales en el suero el componente a aprovechar es la proteína, para lo cual es necesario concentrarla ya que el suero contiene menos del 1 % de proteína (Harper, 1991).

"La ósmosis reversa utiliza membranas muy angostas y altas presiones de operación para separar el agua de todos los demás componentes del suero" (Harper, 1991). El mismo autor señala que este método es generalmente utilizado para concentrar el suero a una relación de 2: 1.

Harper (1991) menciona que la nanofiltración depende de membranas que repelen selectivamente ciertos iones, basándose en la carga que éstos posean. Además, cita que el concentrado producido es casi totalmente desmineralizado, sin embargo las membranas

para este proceso son complejas e incluyen una película ultra fina formada por condensación de polisulfona en los microporos, lo que las hacen muy costosas.

La microfiltración separa los microorganismos y lípidos produciendo así un concentrado con 50% de proteína y 0.11 % de grasa. Sin embargo, este método requiere de un descremado preliminar y una UF posterior a la microfiltración, además es un proceso que está todavía en desarrollo (Harper, 1991).

## 2.2 ULTRAFILTRACIÓN

Kosikowski (1978) menciona que la UF es un proceso mediante el cual una proteína en suspensión o solución de suero ácido o dulce pasa bajo presión a través de una fina película de membrana semi-permeable.

Señala Harper (1991) que la UF se estableció desde 1981 como el proceso principal para la concentración de suero, además menciona los siguientes factores que hacen de la UF el proceso preferido:

- . Desarrollo de membranas robustas, sintéticas, de fácil limpieza y con propiedades uniformes.
- . Desarrollo de equipo que permite operación continúa.
- . Bajos costos de operación.
- . Requiere menos presión que la ósmosis reversa.
- . Bajos costos de producción para los productos.
- . Combinada con diafiltración permite alcanzar mayores concentraciones de Proteína.

Harper (1991) también apunta las siguientes desventajas de este proceso:

- . Posible descomposición microbiana de la membrana.
  - Vida útil de la membrana afecta enormemente el costo.
- . Permeabilidad decrece con el tiempo.
- . Agentes limpiadores deben ser libres de hierro y sílica.

La UF es un proceso físico-químico de separación en el cual una solución presurizada fluye sobre una membrana porosa. El agua y solutos de bajo peso molecular como lactosa, minerales y algunas proteínas solubles pasan, influenciados por la presión, a través de la membrana a formar el ultrafiltrado o permeado; mientras que las proteínas son retenidas por la membrana y se van concentrando junto con glóbulos grasos, bacterias y suspensiones de sólidos para formar el concentrado o retentado (Harper, 1991).

La partícula coloidal es y de alto peso molecular en la solución se concentran, con pérdida de la presión de alimentación (Figura 1). Las moléculas más pequeñas, tales como las sales, pasan a través de las membranas, mientras que las grandes, como las proteínas, son retenidas (Alfa Laval, 1990).

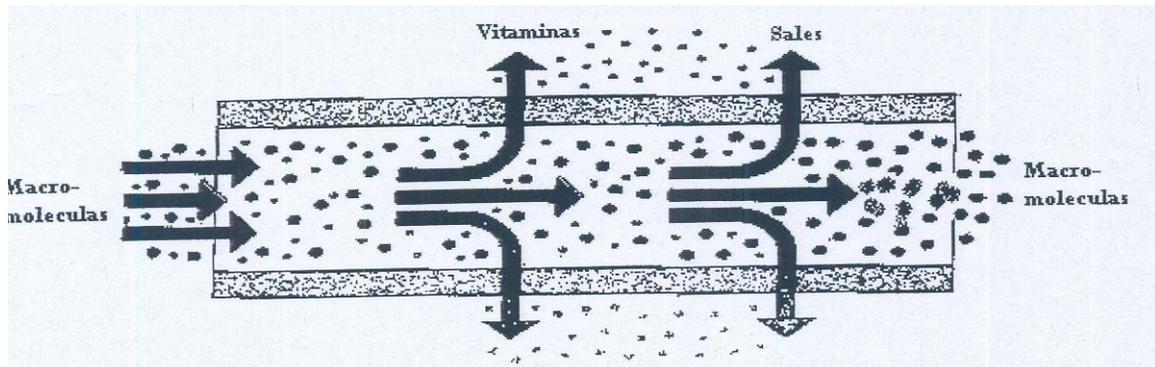


Figura 1. Principio del funcionamiento de la UF (Alfa Laval, 1990).

La operación de una unidad de UF es extremadamente simple y altamente adaptable a un control automático. Su permeabilidad se basa en el tamaño y peso molecular de las partículas que regularmente está entre 10,000-20,000 Y teniendo un tamaño de poro de 30 fIII (A\G Technology Co., 1999).

Según Alfa Laval (1990), las membranas son de materiales como acetato de celulosa, poliamidas, polisulfonas, cloruro polivinílico / nitruro poliacrílico y fibra de vidrio. Las primeras membranas utilizadas fueron de acetato de celulosa, tenían algunas desventajas y su utilización fue limitada. Dentro de ellas estaba la poca resistencia térmica y mecánica, así como su debilidad ante los ácidos y los álcalis durante los ciclos de limpieza. Las desventajas mencionadas desaparecieron cuando se empezó a utilizar materiales plásticos en forma de diferentes polímeros.

Las membranas para industria láctea deben cumplir con ciertos requisitos:

- . Deben permitir altos caudales de perneado.
- . Deben tener una alta selectividad.
- . Deben tener una buena resistencia química y bacteriológica.
- . Deben ser resistentes a los detergentes y desinfectantes.
- Deben ser baratas.

Sin embargo, algunas de estas demandas no pueden ser combinadas en las membranas que existen actualmente (Alfa Laval, 1990).

Kosikowski (1978) expone que la tasa de producción o flujo depende del tipo y área superficial de la membrana, temperatura, presión y grado de concentración de proteína. Ésta está dada por litros por metro cuadrado por hora.

El ultrafiltrado es la solución pasante de la membrana compuesta de agua, lactosa, sales solubles y nitrógeno no proteico. Su aspecto es claro, de color amarillo verdoso y con un DBOs de 20,000 (Kosikowski, 1978).

Debido al alto contenido bacterial del concentrado, Morr (1987) sostiene que un tratamiento de pasteurización a alta temperatura por corto tiempo, es necesario para mantener una calidad microbiológica aceptable y una vida útil relativamente prolongada de esta materia prima. Kim *et al.* (1989) manifiestan que un precalentamiento previo a la UF puede mejorar el desempeño del proceso haciéndolo más rápido. Sin embargo, señalan que hay una reducción del 10% en la cantidad de proteína concentrada y del 40% de fósforo, un aumento en pH de 6.4 a 6.9 y una reducción de la turbidez del concentrado de más de 2.0 a 0.05 por la remoción de coloides.

Dependiendo del método que utilicemos puede variar la composición de ambos componentes como lo muestra el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Composición del concentrado y ultrafiltrado de suero ácido obtenidos por UF y osmosis reversa (%).

Componentes	Ultra filtración		Osmosis Reversa	
	Concentrado	Ultra filtrado	Concentrado	Ultra filtrado
Sólidos totales	12.00	6.10	30.00	0.08
Proteína	4.90	4.10	18.00	0.00
Lactosa Ceniza	5.20	0.09	2.91	0.05
Ácido láctico	0.90	0.76	3.21	0.04
	0.58	0.52	1.90	0.08

Tomado: Kosikowski, 1978.

Mc Gregor (1986) menciona que ultrafiltrar alimentos líquidos tiene tres funciones: separación, clarificación y concentración selectiva. Normalmente ocurre entre 10-55°C sin desnaturalización de proteínas. El tiempo, la temperatura, la presión y la tasa de flujo dependen de la naturaleza del alimento y su condición, el tipo de membrana, diseño del equipo y varias interacciones entre los componentes del alimento.

Varios proyectos especiales de UF se han desarrollado en Zamorano. Así tenemos que Revelo (1998) estudió el efecto de la temperatura (20, 30 y 40°C) sobre el proceso de UF; además midió el flujo del ultrafiltrado, tiempo de proceso, balance de materiales y composición química del concentrado proteico y ultrafiltrado. Estos fueron evaluados microbiológicamente y también obtuvo costos de producción en la planta de procesamiento de productos lácteos. Finalmente, concluyó que con 40°C se obtiene un menor tiempo de proceso y el mejor balance de materiales.

Andrade (1999) comparó dos flujos de alimentación de la membrana, establecidos por la apertura de la válvula de entrada a ella. Además midió la temperatura durante el proceso, la presión transmembrana (Pt), flujo del ultrafiltrado (L/m<sup>2</sup>/h), tiempo de UF, balance de materiales y composición química de los productos. Estimó también el flujo de alimentación inicial (Q) en función de la apertura de la válvula y estimó los costos de producción para el concentrado y ultrafiltrado.

### 2.2.1 Ultrafiltrado

Andrade (1999) describe al ultrafiltrado como un líquido translúcido, de color verde amarillento debido a la riboflavina, de olor característico y viscosidad muy baja. La comparación de su composición química reportada por diferentes investigadores nos indica que es un producto muy homogéneo. Los resultados de estos trabajos se resumen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química del ultrafiltrado (%).

Autor	<u>Cz</u>	<u>Grasa</u>	<u>PC</u>	Lactosa	Sol. totales	lili
Revelo	0.43	0.0	0.25	4.78	4.50	5.8
Andrade	0.40	0.0	0.18	5.89	5.35	6.5
Domínguez	0.50	0.0	0.26	5.26	6.02	6.2

Sol. totales = Sólidos totales.

Cz = Cenizas.

PC = Proteína cruda.

Fuente: Revelo, 1998, Andrade, 1999 y Domínguez, 2000.

## 2.3 BEBIDAS ISOTÓNICAS

El mercado de bebidas recientemente ha tomado una nueva dimensión con la introducción de productos con mezclas de electrolitos y azúcares, que intentan reemplazar lo que se ha perdido por el cuerpo durante un período vigoroso de ejercicio físico, así como también calmar la sed (Woodrooffy Phillips, 1974).

Actualmente dos de cada tres estadounidenses siguen algún tipo de actividad física regular. El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos ha establecido la relación entre las metas de nutrición y actividad física, con un control de problemas de salud e incluso control de estilo de vida (Williams, 1995).

Una bebida isotónica es usualmente una mezcla de electrolitos y carbohidratos. Los carbohidratos (azúcares) proveen de energía y los electrolitos (sales de sodio y potasio) mantienen el balance en los fluidos del cuerpo. Regularmente son más diluidos que los jugos y sodas, y poseen una ventaja sobre el agua, ya que además de hidratar son energizantes.

Los nutrientes que proveen mayor energía durante el ejercicio son los carbohidratos. La energía de los carbohidratos en el cuerpo viene de dos fuentes principales: glucosa de la sangre en circulación y glicógeno almacenado en las células de los músculos y en el hígado. Una persona activa debe contribuir en un 60 a 65% de la energía en su dieta diaria con carbohidratos. Un atleta que compite en eventos prolongados necesita mucho más que ese 60 o 65% en energía proveniente de los carbohidratos (Williams, 1995).

El término isotónico ha llegado a ser casi el sinónimo de las bebidas para deportistas, que se definen en sentido amplio como bebidas que están en equilibrio con los fluidos corporales. A pesar de que el término isotónico ha conseguido aceptación general como descripción de este tipo de bebidas, el término correcto es "isoosmótico", porque los productos contienen el mismo número de partículas osmóticamente activas que el plasma y por tanto, tiene una osmolalidad semejante al plasma, 280 a 300 mOsmol/kg.

La osmolalidad total del producto se calcula así:

$$\text{Osmolalidad (Osmol/kg)} = k n \text{ molalidad}$$

donde  $k$  es constante para soluciones no ideales y  $n$  número de partículas. La constante  $k$  se desprecia en la mayoría de los casos, por el uso en las bebidas deportivas de disoluciones salinas relativamente diluidas (Ford, 1999).

### 2.3.1 Carbohidratos

Los carbohidratos son fácilmente accesibles a la oxidación y contribuyen de manera significativa al recambio energético cuando se ingieren antes o durante el ejercicio. En general su tasa de oxidación aumenta a medida que lo hace el recambio energético total cuando se incrementa la intensidad del ejercicio (Wayne, 1997).

Según Wayne (1997), en los últimos 10 a 15 años se prestó mucha atención a la preparación de bebidas carbohidratadas óptimas para mantener el rendimiento físico y la eficacia de utilización de carbohidratos como glucosa, fructosa, maltosa y polímeros de glucosa.

El tipo de carbohidratos es crítico puesto que la dulzura y puede reducir la ingesta de líquido. Altos niveles de fructosa pueden causar problemas gastrointestinales porque su absorción es más lenta. En las bebidas isotónicas, la clave es la concentración de

a la vista y olfato y con una consistencia apropiada para promover su consumo (Molina *et al.*, 1998).

Mediante un análisis previo de los contenidos iniciales de electrolitos en las materias primas disponibles (ultrafiltrado yagua), Molina *et al.* (1998) proponen una formulación del producto tomando de referencia productos comerciales, farmacéuticos y recomendaciones de organismos especializados en nutrición (Cuadro 4).

Según Galibert (1999), los productos de suero han permitido a los profesionales de desarrollo y/o reingeniería de fórmulas sustituir ingredientes que permitan la fabricación de productos atractivos en composición y valor nutricional.

Cuadro 4. Formulación inicial para 100 litros de bebida deportiva.

<b>Ingrediente</b>	<b>Proporción</b>
Ultrafiltrado	11 L
Agua potable	89 L
Sal refinada sin yodar	0.089% de la solución final.
Azúcar refinada	6% de la solución final.
Ácido cítrico	0.13% de la solución final.
Citrato de sodio	0.05% de la solución final.
Saborizante	Recomendación de fabricante.

Tomado: Molina *et al.*, 1998.

El producto final está en forma líquida, tiene un pH de 3.0 a temperatura ambiente y las siguientes características: 6% de azúcar, 458 ppm de sodio, 125 ppm de potasio y 2830 ppm de cloro para suplir los requerimientos de hidratación de un deportista. Su fuente de electrolitos son el ultrafiltrado, cloruro de sodio y citrato de sodio. Es de sabor, color y olor agradables. Su presentación final es en botellas plásticas de 500 ml con una etiqueta atractiva e informativa (Molina *et al.*, 1998).

## 2.5 ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN POR EL CONSUMIDOR

Según Resurrección (1998), la aceptación de un alimento por parte del consumidor se puede dar por experiencia positiva hacia el alimento y/o utilización del mismo (compra o consumo).

La medición de la aceptabilidad generalmente se hace por medio de una escala. Esta puede ser medida con solamente un producto sin requerir la comparación contra otro. Este tipo de prueba da una indicación de la aceptabilidad del producto basada en las características organolépticas del mismo. Sin embargo esta prueba no garantiza el éxito

Del producto en el mercado, ya que éste se basa más en aspectos como la propaganda que se le dé al mismo.

Resurrección (1998) enumera tres tipos de pruebas para medir la aceptabilidad del producto: por muestras apareadas, por clasificación jerárquica y por evaluación.

En las muestras apareadas se le pide al panelista o consumidor que muestre su aceptación o preferencia entre dos muestras. El método por clasificación jerárquica es en realidad una extensión del de muestras apareadas, ya que se dan a probar varias muestras y se le pide al panelista o consumidor que ordene las muestras según su preferencia. En el método por evaluación se caracteriza el producto a través de una escala según es percibido por el panelista o consumidor.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 ULTRAFILTRACIÓN

#### 3.1.1 Materia prima

Suero dulce de queso zamorela filtrado a través de tela triple y pasteurizado en placas. Se obtuvo a partir de la coagulación de leche pasteurizada y estandarizada al 2%, por medio de adición de cuajo y de cultivo láctico (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* y *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*). El desuerado se realizó luego de calentar la cuajada a 41°C por 15 minutos y dejar escurrir por 5 minutos. Colectado el suero, se mantuvo en la cámara frío a 4°C hasta el momento de la UF.

#### 3.1.2 Equipo

- Membrana NG Technology Co, Modelo UFP-IO-E-ITR; columna de 7.6 cm diámetro x 63 cm de largo; "fibra hueca de polisulfona de 1mm de diámetro; poros permiten el paso de moléculas con peso molecular menor a 10,000; área total de filtración 2.1 m<sup>2</sup>.
- Pasteurizador por tandas con capacidad de 200 L.
- Bomba centrífuga sanitaria con 3500 rpm y aspas de 11 cm de largo.
- Medidores de presión con un rango de 0-689 kPa, de acero inoxidable y relleno de glicerina.
- Cámara de enfriamiento con una temperatura de 4-7°C.
- Tuberías y codos de acero inoxidable.
- Termómetro.
- Baldes plásticos con capacidad de 20 kg.
- Balanza Chatillon de 454 kg.
- Cronómetro.
- Manguera de plástico.
- Empaques.
- Mantas de tela.
- Soporte de acero inoxidable para membrana.

### 3.1.3 Métodos

Las pruebas de UF se efectuaron por triplicado siguiendo los siguientes pasos:

- Ensamblar el sistema de UF.
- Pesarse 100 kg de suero pasteurizado y colocarlo en el tanque de recirculación.
- Calentar con agitación el suero hasta alcanzar 50°C.
- Encender la bomba centrífuga.
- Recolectar todo el ultrafiltrado y tomar el dato de peso total al [mal.
- Registrar la temperatura, el flujo de ultrafiltrado y las presiones de entrada y salida a intervalos de 30 min. Calcular la presión transmembrana de la siguiente manera:

$$P_t = \frac{P_e + P_s}{2}$$

Donde  $P_t$  = Presión transmembrana.  
 $P_e$  = Presión de entrada a la membrana.  
 $P_s$  = Presión de salida de la membrana.

- Detener el proceso al momento de alcanzar la concentración de 3% de proteína en el concentrado, medido a través de la Tasa de Concentración Volumétrica (TCV) o por el peso del ultrafiltrado, sabiendo que el producto de la concentración inicial por el volumen inicial es igual al producto de la concentración [mal por el volumen final. La TCV se calcula de la siguiente forma:

$$TCV = \frac{\text{kg de suero}}{\text{kg de concentrado proteico}}$$

- Tomar las muestras de ultrafiltrado, concentrado y suero para analizar, así como los siguientes datos:
  - Presión transmembrana.
  - Temperatura.
  - Flujo de ultrafiltrado.
  - TCV.
  - Tiempo de UF.
  - Conteo microbiano.

## **3.2 BEBIDA ISOTÓNICA**

### **3.2.1 Materia prima**

- Ultrafiltrado de suero producto de UF.
- Agua filtrada.
- Jarabe de maíz (glucosa).
- Azúcar.
- Sal mineral.
- Ácido cítrico.
- Citrato de sodio.
- Pectina GRINDSTEDTM AMD 780.
- Gomas Methocel A4M y Methocel K4M.
- Color rojo 4.
- Sabores artificiales: fresa.
- Super-esencias concentradas sabor de mandarina.

### **3.2.2 Materiales y equipos**

- Marmita enchaquetada de 30 kg.
- Agitador de acero inoxidable.
- Enfriador de placas.
- Balanzas de 27 kg Y 1000 g.
- Probeta de un litro.
- Recipiente de acero inoxidable.
- Cuarto frío a 4°C.
- Baldes plásticos de 20 L.
- Seis botellas PET.

### **3.2.3 Métodos**

- En la Planta de Productos Lácteos se realizaron tres ensayos donde se evaluó el uso de la pectina, cada ensayo con 20 L. Luego, se probó el uso de gomas celulósicas (Methocel), a nivel de laboratorio, mediante dos ensayos con 5 L. Finalmente, con la súper esencia concentrada pero sin aditivos coloidales se llevaron a cabo dos ensayos con 20 L cada uno.
- La formulación con que se inició este estudio aparece en el Cuadro 5. Posteriormente, debido a los resultados obtenidos se realizaron modificaciones hasta obtener la fórmula [mal de la bebida.

El proceso a seguir consta de lo siguiente:

- Pesar los ingredientes según la formulación inicial.

**Cuadro 5. Formulación inicial para la elaboración de bebida isotónica.**

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Agua filtrada	83.34
Ultrafiltrado de suero	10.00
Jarabe de maíz	3.00
Azúcar 3.00	
Ácido cítrico	0.13
Sal refinada	0.09
Citrato de sodio	0.01
Sabor artificial (fresa)	0.10
Color rojo 4	0.02
Pectina 0.30	
TOTAL 100.00	

- Colocar en la marmita con agitador el agua y el ultrafiltrado.
- Agregar los ingredientes secos.
- Mezclar los ingredientes secos.
- Elevar la temperatura hasta 82-85°C con agitación constante” durante 20 minutos.
- Enfriar a 32°C la mezcla y adicionar el colorante y aromatizante.
- Enfriar a 4°C.
- Tomar muestras para análisis microbiológico y químico.
- Recolectar en baldes y envasar en botellas PET.
- Almacenar dos botellas en el cuarto frío (4-7°C) y dos a temperatura ambiente.

### 3.3 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Las evaluaciones físico-químicas se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de la Zamoempresa de Lácteos y Cárnicos y en el Centro de Evaluación de Alimentos de Zamorano.

La determinación de color y opacidad de la bebida se realizó mediante el Color Flex Sensor@ (45°/10°). Se determinó bajo tres dimensiones, comparando la bebida isotónica con el Gatorade@.

Se tomaron muestras del suero, ultrafiltrado y bebida de cada corrida para ser analizadas según los procedimientos de la AOAC (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis químicos realizados en el suero, ultrafiltrado y bebida isotónica.

<u>COMPONENTE</u>	<u>MÉTODO UTILIZADO</u>
Humedad	Horno a 105°C
Cenizas	Incineración a 580°C
Proteína cruda Grasa	Kjeldahl (N*6.38)
Azúcar	Babcock modificado
pH	Carbohidratos totales con fenol - ácido
<u>ATECAL</u>	sulfúrico Potenciómetro
Fuente: AOAC, 1990.	Titulación con NaOH 0.1 N.

La determinación de electrolitos se realizó con el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, en el Laboratorio de Suelos de Zamorano.

### **3.4 ESTABILIDAD FÍSICA Y MICROBIO LÓGICA**

Una vez lograda la formulación final de la bebida, ésta se envasó en botellas tipo PET y se almacenaron por duplicado a dos temperaturas: ambiente (25°C) y refrigeración (4°C). Se procedió a hacer observaciones a los 0, 5, 15 Y 20 días de elaboradas para evaluar la estabilidad física y microbio lógica.

La estabilidad física se evaluó a través de sedimentación y turbidez de la bebida; mientras que la evaluación microbiológica se hizo por conteo de mesófilos aerobios y coliformes totales (AOAC, 1990).

### **3.5 ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN**

Se utilizó una encuesta descriptiva de aceptación con preguntas estructuradas. Previo a la encuesta, se explicó la naturaleza del producto elaborado puntualizando que la bebida era a base de ultrafiltrado de suero y señalando sus propiedades isotónicas. Se evaluaron los atributos de color, olor, sabor, frescura y aceptación general.

La evaluación de la aceptación potencial del producto se realizó en Zamorano, encuestando a 200 personas de la población estudiantil y usando Chi-cuadrado para el análisis de los datos con Minitab@.

### **3.6 ANÁLISIS DE COSTOS**

Se tomó como base un modelo de la Planta de Lácteos y Cárnicos para estimar los costos variables, costos fijos y los costos indirectos de la obtención del ultrafiltrado. Asimismo se calcularon los costos totales de elaboración de la bebida; y también el margen de contribución, rentabilidad sobre ventas y sobre costos, el punto y el precio de equilibrio tanto de la bebida como del ultrafiltrado.

Se realizó un análisis de sensibilidad del retorno mediante una matriz multidimensional en Excel, combinando precio por litro y costo por litro de la bebida.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ULTRAFILTRACIÓN

#### 4.1.1 Análisis técnico

Trabajando con la recomendación de Andrade (1999) respecto a la apertura de la válvula (6/8), se encontró que la presión transmembrana (pt) generada era insuficiente para filtrar. Por lo tanto, se abrió totalmente la válvula y así se alcanzó valores de Pt de alrededor de 114 kPa que ya permiten la UF. Esto es debido a las diferencias en la forma y tamaño del tanque de recirculación y al volumen de suero utilizado (Domínguez, 2000).

La temperatura de 50°C recomendada por Andrade (1999) se mantuvo durante toda la corrida usando el tanque enchaquetado con recirculación de agua fría. Esta temperatura garantizó que la proteína no sufriera desnaturalización.

Los tiempos de UF fueron mucho más prolongados que los que reportó Andrade (1999). Esto ocurrió en respuesta al mayor volumen de suero ultrafiltrado (el triple) y a la reducción del flujo de ultrafiltrado, por cambios en la membrana durante el proceso (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Resumen de tres corridas de ultra filtración para 100 kg de suero.

Corrida	Presión Transmembrana (kPa)	Temperatura (OC)	Flujo de ultrafiltrado (L/m <sup>2</sup> /h)	Tiempo de UF (h)	TCV
1	113.6	52	3.91	5.5	5.2
2	115.7	52	5.21	4.5	5.3
3	114.1	51	4.69	5.5	5.7
Media	113.8	52	4.6	5.2	5.4
DE	1.8	0.6	0.8	0.9	0.3
CV	1%	1%	15%	16%	4.6%

TCV = Tasa de concentración volumétrica. DE

= Desviación Estándar.

CV = coeficiente de Variación.

El TCV en este estudio fue de 5.4 en promedio, tasa que permitiría producir teóricamente un concentrado de alrededor de 3 % de proteína.

#### 4.1.2 Análisis químico y microbiológico

El ultrafiltrado presentó 0.05% de grasa, valor que se repitió de igual manera en las tres réplicas. Esto difiere de lo encontrado por Revelo (1998) y Andrade (1999) quienes reportaron 0% de grasa en el ultrafiltrado, pero concuerda con Domínguez (2000). Esta diferencia se puede deber a la implementación de un método de Babcock modificado, el cual emplea ácido acético antes de quemar la muestra con ácido sulfúrico, lo que permite mayor sensibilidad.

En los conteos microbiológicos realizados al ultrafiltrado no se encontró ningún microorganismo indicador de contaminación fecal (coliformes) y el conteo general de mesófilos fue muy bajo (Cuadro 8). Esta situación se debe a la pasteurización previa del suero y posiblemente por las temperaturas sostenidas por tiempos prolongados durante el proceso de UF.

**Cuadro 8.** Conteo microbiano en el suero pasteurizado y el ultrafiltrado (UFC/mL).

Corrida	Suero pasteurizado		Ultra filtrado	
	Mesófilos totales (PCA)	Coliformes totales (VRBA)	Mesófilos Totales (PCA)	Coliformes Totales (VRBA)
1	97	0	5	0
2	58	2	6	0
3	63	0	18	0

PCA = "Plate Count Agar"

VRBA = "Violet-Red-Bile-Agar"

Estos resultados difieren de Andrade (1999), ya que éste reporta un suero pasteurizado con cero conteos en el medio PCA. Los datos obtenidos por este autor son poco frecuentes ya que en la pasteurización no se elimina el 100% de los microorganismos existentes, aunque sí todos aquellos que son patógenos.

### **4.1.3 Análisis de costos**

El costo de producir 1 kg de ultrafiltrado fue de L.3.70. Este costo fue menor que el encontrado por Revelo (1998) y mayor que el de Andrade (1999). Las diferencias se deben a que en este estudio se utilizó 100 kg de suero y no 25 kg.

Los costos del concentrado y ultrafiltrado pueden ser reducidos si se incrementa el volumen de suero inicial. Esto se debe a que la mano de obra y los costos fijos son los más altos en la estructura de costos con 41 y 51 %, respectivamente. Al incrementar el volumen de suero se diluyen los costos fijos, mientras que la mano de obra se reduce si mejora la eficiencia del proceso de UF.

## **4.2 BEBIDA ISOTÓNICA**

### **4.2.1 Caracterización del producto**

La bebida isotónica resultó en una bebida no carbonatada, libre de cafeína, con colorantes y aromatizantes artificiales (mandarina), que adecuadamente envasada en botellas PET (terftalato de polietileno) favorecería la vida en anaquel del producto.

### **4.2.2 Análisis técnico**

La formulación del producto se originó en la etapa de conceptualización, a partir de lo recomendado por Molina *et al.* (Anexo 2) y usando ingredientes que permitieran una mejor estabilidad del producto final. Inicialmente, para darle turbidez se usó pectina, GRINDSTEDTM, utilizada en la Planta de Productos Lácteos para estabilizar yogurt. Su uso se recomienda entre 0.3% y 1 %, en este caso se utilizó el valor más bajo para lograr ligar los ingredientes y darle aquella turbidez característica. Sin embargo, se realizaron dos ensayos que demostraron que la pectina no funcionaba para este objetivo, puesto que se produjo una precipitación posiblemente debido a la interacción que pueda tener con la presencia de calcio en la bebida. Se observó que el precipitado arrastraba el colorante de fresa, afectando el color y la apariencia del producto.

Posteriormente se probó con gomas celulósicas modificadas utilizadas para estabilizar, mejorar textura, ligar y espesar. Sin embargo, las pruebas a 0.15%, 0.20% y 0.25% de concentración resultaron también en precipitación del color al igual que con la pectina (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Estabilidad física de la bebida con pectina y gomas celulósicas a los cinco días de elaborada.

Bebida	Turbidez	Sedimentación
Pectina GRINDSTEDTM	Fuertes	Positiva
Gomas celulósicas	Ninguno	Positiva
Control	Ninguno	Ninguno

Inicialmente la bebida fue elaborada con sabor artificial de fresa, color artificial rojo y pectina. Este prototipo presentó excesiva precipitación a los cinco días de haberse elaborado. Entonces se optó por no utilizar pectina y reemplazar el colorante por esencias súper concentradas, donde el aroma y el color vienen ya mezclados, y con sabor ácido a mandarina. Esto resultó en ausencia de precipitación, a la vez que enmascaró el olor y el sabor peculiar del ultrafiltrado. Así se llegó a la formulación final que se observa en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Formulación final para la elaboración de la bebida isotónica.

Ingredientes	%
Ultrafiltrado 10.000 Agua	83.750
Azúcar (Sacarosa)	3.250
Jarabe de maíz (Glucosa)	2.750
Sal refinada'	0.075
Ácido cítrico	0.130
Citrato de sodio	0.015
Colorante y aromatizante artificial (Mandarina)	0.02-0.03
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

El diagrama del proceso en la planta incluyó la recolección de suero, su ultra filtración, recolección del ultrafiltrado, adición de agua y de ingredientes (excepto colorante y aromatizante), elevación de la temperatura a 82-85°C, enfriado por placas, adición de ingredientes termolábiles (aromatizante y color), envasado y almacenamiento (Figura 2).

El suero es una materia prima de fácil contaminación y susceptible al deterioro por su contenido de proteína, lactosa y cultivo láctico. La recolección del suero dulce de queso se realizó bajo normas higiénicas y una vez terminado el desuerado se tomó la precaución de filtrarlo, para evitar el paso de cuajada que pudiera afectar el proceso de ultra filtración.

La recolección del ultrafiltrado se realizó bajo medidas de higiene en baldes plásticos. Se recomienda pasteurizar si no se va a continuar con la elaboración de la bebida en ese día

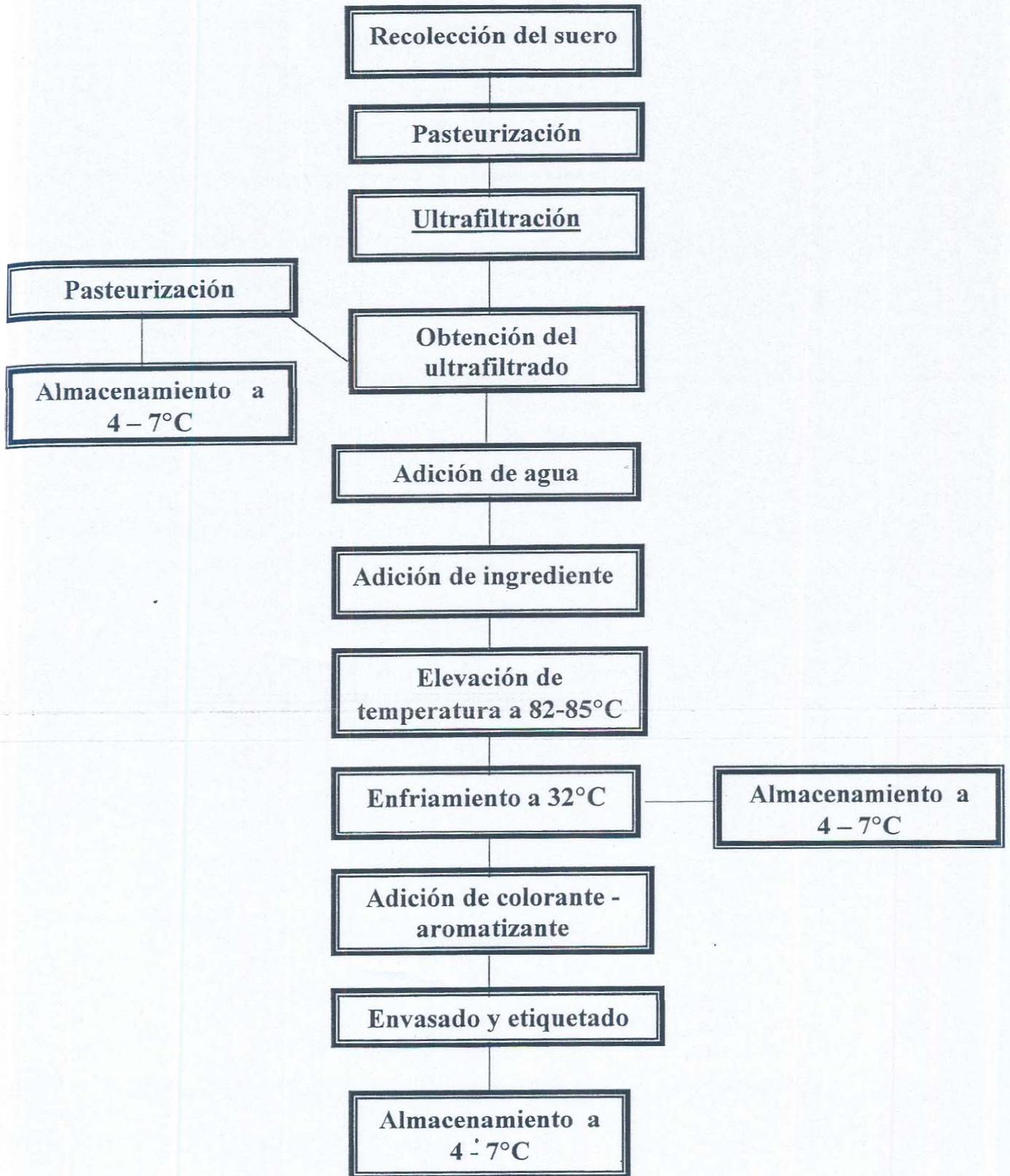


Figura 2. Flujo de proceso para elaboración de bebida isotónica

El ultrafiltrado y el agua se colocaron en la marmita de acero inoxidable y bajo agitación se llevó a 65°C por 15 minutos, se adicionaron los ingredientes secos y se dejó que la temperatura alcance 82-85°C por pocos segundos, para evitar excesiva evaporación de líquido. Se debe resaltar que el manejo de algunos de los ingredientes demandan mucho más cuidado, tal es el caso del jarabe de maíz que por su viscosidad dificulta su adición.

Luego se enfría hasta llegar a 32°C donde se agrega el sabor y color, de lo contrario se debe almacenar a 4-7°C. En este estudio se agregó el colorante y aromatizante de mandarina, de acuerdo a las especificaciones de la casa comercial, con agitación constante; finalmente se enfrió por el sistema de placas y se pasó al envasado para su posterior almacenamiento a 4°C.

#### 4.2.3 Análisis físico

La bebida isotónica es un líquido con una viscosidad similar al agua, un sabor cítrico suave y ligeramente mineral, sin ningún olor, atractiva a la vista por su color, frescura y apariencia general, adecuada para promover su consumo.

Se realizó la determinación del color tomando en cuenta tres dimensiones L, *a* y *b* que nos mide el Color Flex Sensor@. L se refiere a la brillantez y tiene un valor de 0 a 100, *a* mide colores entre rojo(+) y verde(-) y *b* mide colores entre amarillo(+) y azul(-). Además se midió la opalescencia u opacidad de la bebida y del Gatorade@ (Cuadro 11).

Cuadro 11. Color y opacidad de la bebida y del Gatorade@ (medido a D65/100).

Muestra	Color			Opacidad
	L	a	b	
Gatorader	16.37	+8.62	+ 14.76	17.00
Bebida (madrina)	20.02	+9.38	+13.19	24.70

Se observa que los valores en las dimensiones *a* y *b* que nos dan la tonalidad roja y amarilla (color naranja) son similares, coincidiendo con la comparación visual entre la bebida y el Gatorade@. Mientras que el valor L y la opacidad sí se ven diferentes posiblemente debido a la utilización de la esencia súper concentrada en la bebida.

#### 4.2.4 Análisis químico

La bebida resultó con un pH promedio de 3.16, dado en buena parte por el ácido cítrico que además enmascaró el sabor lácteo del suero, y una acidez titulable (ATECAL) promedio de 2.45%. Es importante comparar el pH de la bebida con el Gatorade@ y otros

productos similares, cuyos valores están entre 3.0 y 3.5. Según la UNICEF y la Organización Mundial de la Salud, una bebida isotónica debe tener un pH de 7.0, pero hay que considerar que esto afectaría el sabor a fruta de la bebida (Ford, 1999).

En el Cuadro 12 se resume la composición química del suero, el ultrafiltrado y la bebida elaborada. Las diferencias mayores se dan en concentración de proteína y grasa al comparar el ultrafiltrado con el suero del que proviene; esto se debe a que estos componentes se separan y permanecen en el concentrado proteico.

**Cuadro 12.** Composición química del suero, ultrafiltrado y bebida isotónica.

Producto		%						pH
		ST	Cz	Proteína	Grasa	CHOs	ATECAL	
Suero	Media	6.43	0.47	0.85	0.51	6.23	0.10	5.77
	DE	1.48	0.03	0.07	0.02	0.55	0.02	0.80
	CV	23.04	7.1	8.7	3.6	9.92	14.78	13.80
Ultrafiltrado	Media	6.02	0.46	0.23	0.05	6.43	0.08	5.47
	DE	1.13	0.04	0.02	0.00	0.08	0.02	0.43
	CV	18.73	8.51	9.54	0.00	1.53	18.33	7.97
Bebida	Media	6.68	0.12	0.22	0.05	8.20	2.45	3.16
	DE	0.16	0.08	0.02	0.00	0.5	0.13	0.03
	CV	8.6	6.80	5.79	0.00	9.46	5.27	0.84

CHOs = carbohidratos totales

Cz = cenizas

ST = sólidos totales (100 - humedad)

La fuente principal de electrolitos fue el ultrafiltrado (Cuadro 13). Sin embargo, se debió añadir cloruro de sodio (sal refinada) y citrato de sodio según las proporciones mencionadas para alcanzar los estándares de una bebida isotónica (Cuadro 9).

**Cuadro 13.** Composición de electrolitos esenciales en el suero, ultrafiltrado, bebida y Gatorade@.

Muestra	Na	EE!!!	Ca
		K	
Suero	368	1291	4443
Ultrafiltrado	362	1283	3956
Bebida	463	185	54
Gatorade@	402	165	13

Se calculó la osmolalidad de la bebida a partir de los componentes minerales mayoritarios dando un valor medio de 293 mOsmol/kg, que concuerda con el estándar (280-300 mOsmol/kg).

El Cuadro 14 muestra la composición comparativa de la bebida isotónica con el estándar y el Gatorade@. Se puede observar que la bebida está dentro de los rangos estándares al igual que el Gatorade@.

Com onente	Estándar	Bebida isotónica	Gatorade@
Cal /100 mL	20-40	34	24
Sodio (mg/100L)	40-50	46.3	40.2
Potasio (mg/100L)	10-28	18.5	16.5
Osmolalidad	280-300	293	280-360
pH	3-7	3.16	3.05

#### 4.2.5. Análisis de estabilidad física y microbiológica

Los contenidos proteico y graso de la bebida son insignificantes y tiene un porcentaje relativamente bajo en carbohidratos. Estos son aspectos que determinan la escasa presencia de microorganismos en el producto final.

La bebida está hecha a partir del ultrafiltrado pasteurizado del suero, que es una materia prima muy segura microbiológicamente mientras no se contamine por un mal manejo. Esto afecta enormemente la vida en anaquel del producto y aumenta los riesgos por posibles patógenos que puedan crecer en ese medio orgánico; esto es una desventaja comparativa con productos del mercado cuyos componentes son sustancias inorgánicas, como Gatorade@ y Powerade@.

Según la División Central de Alimentos del Ministerio de Salud Pública, bajo normas ICAITI, las bebidas no carbonatadas deben tener recuentos totales de mesófilos menor que 400 UFC/mL, de coliformes totales menor que 75 UFC/mL y de mohos y levaduras menor que 100 UFC/mL.

Los cálculos obtenidos de mesófilos totales de la bebida recién elaborada (0 días) fueron en promedio de 8.6 UFC/mL y resultaron negativos a presencia de coliformes totales.

La estabilidad de la bebida a temperatura ambiente (Cuadro 15) fue muy baja, a partir de los 5 días y hasta el final del período estudiado (20 días), ya que el cómputo de mesófilos fue excesivo e imposible de contar.

Cuadro 15. Resultados de los análisis microbiológicos de la bebida a temperatura Ambiente (UFC/mL).

DDE	Mesófilos totales (PCA)	Coliformes totales (VRBA)
1	86	0
5	9.8x10 <sup>5</sup> estimado	0
15	6.5x10 <sup>6</sup> estimado	0
20	> 6.5x10 <sup>6</sup> estimado	0

DDE = Días después de elaborado

PCA = "Plate Count Agar"

VRBA = "Violet-Red-Bile-Agar"

Sin embargo, a temperatura de 4°C (refrigeración) la estabilidad mejoró notablemente (Cuadro 16), siendo los conteos de mesófilos menores al límite de 400 UFC/mL aún a 20 días de elaboración. Estos resultados indican que para poder mantener la bebida a temperatura ambiente hay que mejorar las condiciones de envasado, y así evitar contaminaciones posteriores, o ensayar adición de preservantes químicos para aumentar la vida útil del producto.

Cuadro 16. Resultados de los análisis microbiológicos de la bebida en refrigeración (UFC/mL).

DDE	Mesófilos totales (PCA)	Coliformes totales (VRBA)
1	8.6	0
5	13	0
15	24	0
20	2.7 x 10 <sup>2</sup>	0

DDE = Días después de elaborado

PCA = "Plate Count Agar"

VRBA = "Violet-Red-Bile-Agar"

#### 4.2.6. Análisis de aceptación

La encuesta de aceptación de la bebida se realizó con 200 personas de la población zamorana. Al 68% de los encuestados les agradó la bebida ( $P < 0.01$ ). Esto indica que el producto tiene aceptación dentro de los consumidores; sin embargo, no indica si el producto tendrá una demanda, ya que esta última depende de otros factores más como el precio, el sabor y la disponibilidad entre otros.

Existe una relación muy estrecha entre la aceptación y el sabor de una bebida, en el caso de la bebida isotónica fue del 30% de los encuestados ( $P < 0.01$ ). Sin embargo, muchas veces el precio juega también un papel importante al momento de optar por un producto alimenticio.

Un comentario común respecto al sabor entre los encuestados fue que le faltaba dulzor, lo que podría significar que lo comparaban a una bebida sintética tipo Tang@. Cabe señalar que las bebidas isotónicas no son aún tan populares entre la población zamorana y su desconocimiento podría haber afectado la aceptabilidad del sabor del producto evaluado.

**4.2.7. Análisis de costos**

La bebida se elaboró bajo las condiciones de la Planta de Productos Lácteos de Zamorano, es decir a un nivel experimental. Su costo por litro fue de L. 9.21, donde la materia prima representa el 88.73% de los costos totales. De este porcentaje, el envase y la etiqueta representaron el 52% de los costos y el ultrafiltrado apenas un 4.3%.

En el mercado, el precio de una botella de un litro de Gatorade@ está en L. 32., en esta situación la bebida isotónica lograría una rentabilidad de 130 % sobre costos totales y del 54% sobre ventas si se vende un litro a L. 20. Si los costos aumentaran en un 11 % Y el precio se redujera en 50%, la pérdida por litro sería de L.0.21 (Cuadro 17).

La bebida presenta un precio modesto, si se compara con otras bebidas similares, y el análisis multidimensional muestra que tiene baja sensibilidad. Esto le da flexibilidad al precio de venta, si se aplica una estrategia de mercadotecnia adecuada.

Cuadro 17. Matriz multidimensional de retorno sobre costos.  
Precio en lempiras por litro.

Costo en lempiras por litro										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
8.46	1.54	3.54	5.54	7.54	9.54	11.54	13.54	15.54	17.54	19.54
8.71	1.29	3.29	5.29	7.29	9.29	11.29	13.29	15.29	17.29	19.29
8.96	1.04	3.04	5.04	7.04	9.04	11.04	13.04	15.04	17.04	19.04
9.21	0.79	2.79	4.79	6.79	8.79	10.79	12.79	14.79	16.79	18.79
9.46	0.54	2.54	4.54	6.54	8.54	10.54	12.54	14.54	16.54	18.54
9.71	0.29	2.29	4.29	6.29	8.29	10.29	12.29	14.29	16.29	18.29
9.96	0.04	2.04	4.04	6.04	8.04	10.04	12.04	14.04	16.04	18.04
10.21	-0.21	1.79	3.79	5.79	7.79	9.79	11.79	13.79	15.79	17.79
10.46	-0.46	1.54	3.54	5.54	7.54	9.54	11.54	13.54	15.54	17.54
10.71	-0.71	1.29	3.29	5.29	7.29	9.29	11.29	13.29	15.29	17.29

## 5. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar la fórmula y el proceso de elaboración estandarizado para la bebida isotónica.

El uso de pectinas o de gomas celulósicas como estabilizador produce sedimentación que arrastra al colorante (rojo 4).

La utilización de esencia súper concentrada, con aroma y color (mandarina) juntos, resultó en una buena estabilidad física (medida como sedimentación) tanto a temperatura ambiente como en refrigeración, hasta los 20 días.

La estabilidad microbio lógica fue nula a temperatura ambiente, pero en refrigeración se mantuvo hasta 20 días después de elaborado.

La bebida resultó con un pH de 3.16, 8.20% carbohidratos s y 0.12% de minerales; pero grasa y proteína fueron prácticamente nulas.

El producto cumple con los estándares de una bebida isotónica (en energía, electrolitos y osmolalidad) y es similar al Gatorade@.

Dos de cada tres encuestados, mostró una buena aceptación general del producto. Sin embargo, ésta estuvo determinada fuertemente por su frescura y color, más no por el sabor.

El costo de producir un litro de ultrafiltrado fue de L.3.70 (\$0.24) y el de la bebida fue de L.9.21 (\$0.60). La rentabilidad sobre costos totales fue de 130%.

El análisis multidimensional del retorno sobre costos muestra que tiene baja sensibilidad, ya que si los costos aumentan en un 11 % Y el precio se reduce en 50% la pérdida por litro sería de L.0.21.

## **6. RECOMENDACIONES**

Estudiar el uso de preservantes como benzoatos y sorbatos para alargar la vida en anaquel de la bebida a temperatura ambiente.

Los jarabes e ingredientes termolábiles deben manejarse con cuidado en el proceso de elaboración.

Usar otros edulcorantes (fructosa) que permitan mejorar el sabor y mantengan el nivel calórico adecuado.

Realizar estudios de aceptabilidad de la bebida almacenada a diferentes períodos después de elaboración.

Realizar investigación de mercados y definir el perfil del consumidor para poder incorporar la bebida dentro de los productos de Zamorano.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ALG TECHNOLOGY CO. 1999. Operating guide. USA 27 p.
- ALF A-LA V AL. 1990. Manual de industrias lácteas. Ed. por A. Madrid Vicente. Madrid, España. Ediciones Calle Almansa. p.211-227.
- ANDRADE, J. E. 1999. Efecto del flujo de alimentación sobre la ultrafiltración del suero pasteurizado de queso. Tesis de Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 38 p.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis; Association of Official Analytical Chemists. 15 ed. Va., EE.UU. p.435-436.
- CHERYAN, M. 1998. Ultrafiltration and microfiltration handbook. Technomic Publishing, Inc. Illinois, USA. 527 p.
- DOMINGUEZ, W. 2000. Evaluación de sorbetes y bebidas elaboradas a base de concentrado proteico del suero de queso. Tes~s de Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 42 p.
- ENCICLOPEDIA ENCARTA. 1999. Microsoft@. USA. 1 Cd.
- FORD, M. A. 1999. Las bebidas para deportistas. *In* Producción y envasado de zumos y bebidas de frutas sin gas. Ed. por M. A. Ashurst. Zaragoza, España, Editorial Acribia, S.A. p.301-320.
- HARPER, W. J. 1991. Manufacture of whey protein concentrate by ultrafiltration. s.l. s.n.t.
- KIM, H.; MORR, C.V.; SEO, A.; SURAK, J.G. 1989. Effect of whey pretreatment on composition and functional properties of whey protein concentrate. *Journal of Food Science (USA)* 54(1):25-29.
- KOSIKOWSKI, F. 1978. Cheese and fermented milk foods. 2 ed. New York, USA. Edward Brothers Inc. p. 455-464.
- MC GREGOR, W. C. 1986. Membrane separations in biotechnology. Marce! Decker, Inc. California, USA. p.201-265.
- MOLINA, A.; NEHRING, C.; RAMIREZ, F.; WIESE, A. 1998. Proyecto de elaboración de la bebida deportiva "Zamo-sport". Curso de Industria de Alimentos. Grupo # 1. Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. 61 p.

- MORR, C.V. 1987. Effect of HTST pasteurization of milk, cheese whey and cheese whey UF retentate upon the composition, physicochemical and functional properties of whey protein concentrates. *Journal of Food Science (USA)* 52(2):312-317.
- POTTER, N.; HOTCHKISS, J. 1995. *Food science*. 5ed. New York, EEUU. Chapman & Hall. 608 p.
- RESTREPO, J.I. 2000. *Ecoeficiencia*. Zamorano, Honduras. 15 p.
- RESURRECCIÓN, AV.A. 1998. *Consumer sensory testing for product development*. Aspen Publication. Gaithersburg, Maryland. 254 p.
- REVELO, M. A 1998. *Ultrafiltración del suero de queso y evaluación química y microbiológica del concentrado proteico*. Tesis de Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 30 p.
- REVILLA, A. 1996. *Tecnología de la Leche*. Zamorano Academic Press., 3 ed.rev., Zamorano, Honduras. 396 p.
- W A YNE, E. 1997. *In Producción y envasado de zumos y bebidas de frutas sin gas*. Ed. por E. Ziegler y L.J. Filer Jr. Washington D.C., EUA, Organización Panamericana de la Salud. p. 106-115.
- WILLIAMS, S. R. 1995. *Basic nutrition and diet therapy*. 10 ed. Mosby- Year Book, Inc. Missouri, USA. p.299-314.
- WOODROOF, J.; PHILLIPS, G. 1974. *Beverages: Carbonated and non carbonated*. The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut, USA p. 412-415.