

**Efecto de la fortificación con hierro en un
prototipo de bebida sabor naranja con
lactosuero dulce**

Natalia Alejandra Hashimoto Rivera

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2010

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida sabor naranja con lactosuero dulce

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Natalia Alejandra Hashimoto Rivera

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2010

Efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida sabor naranja con lactosuero dulce

Presentado por:

Natalia Alejandra Hashimoto Rivera

Aprobado:

Elsy Paola Carrillo, M.Sc.
Asesora principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Flor de Maria Nuñez, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Hashimoto, N. 2010. Efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida sabor naranja con lactosuero dulce. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 27p.

La fortificación con hierro en alimentos se realiza con el fin de cubrir los requerimientos diarios de las personas. Sin embargo estos productos fortificados con hierro se caracterizan por tener colores oscuros, sabor metálico y una muy baja aceptación por el consumidor. El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la fortificación con hierro en un prototipo de bebida sabor naranja con lactosuero dulce. El prototipo de bebida de naranja con lactosuero dulce se compone de 14.29% de concentrado de naranja, 28.57% de lactosuero dulce, 57.14% de agua y 0.10% de colorante naranja. La fortificación se basó en la utilización de bis-glicinato ferroso en cantidades de 1.3 y 1.4 mg y hierro EDTA en las mismas concentraciones, más un control (misma formulación sin fortificar), se utilizó un BCA (Bloques Completamente al Azar) en donde se tenían 5 tratamientos con 3 repeticiones y 3 medidas en el tiempo, para un total de 45 unidades experimentales. Las pruebas de aceptación se realizaron con 50 panelistas por repetición y se analizaron a través de un ANDEVA y separación de medias TUKEY con el programa estadístico SAS®. Los panelistas prefirieron la bebida fortificada con bis-glicinato ferroso en ambas concentraciones con una vida de anaquel de 30 días a 4°C. Se determinó que los tratamientos fortificados con bis-glicinato ferroso eran diferentes en cuanto a color. El costo de producir una unidad (250 ml) del tratamiento FEQ 1.4 fue de 3.44 lempiras. Los tratamientos más preferidos por los panelistas fueron los fortificados con bis-glicinato ferroso.

Palabras clave: Bis-glicinato ferroso, hierro EDTA, acidez titulable.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	II
Resumen.....	III
Contenido.....	IV
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3. METODOLOGÍA.....	6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
5. CONCLUSIONES.....	21
6. RECOMENDACIONES.....	22
7. BIBLIOGRAFIA.....	23
8. ANEXOS.....	26

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Composición nutricional general de 1000 litros de lactosuero dulce.....	2
2. Composición aproximada del lactosuero descremado de queso fresco, %	4
3. Tratamientos utilizados en la investigación.....	8
4. Formulación final de la bebida a base de lactosuero dulce con sabor a naranja.....	11
5. Resultados de color para las muestras obtenida mediante Hunter L*a*b*.	12
6. Resultados sensoriales para el parámetro color, con medidas repetidas en el tiempo.....	14
7. Resultados sensoriales para el parámetro aroma, con medidas repetidas en el tiempo.....	15
8. Resultados sensoriales para el parámetro sabor con medidas repetidas en el tiempo.....	15
9. Resultados sensoriales para el parámetro aceptación general con medidas repetidas en el tiempo.....	16
10. Recuento de coliformes totales en el jugo de naranja a base de lactosuero almacenado a 4°C, para el jugo fortificado con hierro quelado.	17
11. Recuento de aerobios mesofilos en el jugo de naranja a base de lactosuero almacenado a 4°C, para el jugo fortificado con hierro quelado.	17
12. Resultados de cuantificación de vitamina C para dos tratamientos mediante titulación por 2,6-Dicloroindofenol.....	18
13. Costo de producción de un jugo de naranja con lactosuero dulce y sin fortificar.	19
14. Costo de producción de un jugo de naranja con lacto suero dulce fortificado con hierro amino quelado o hierro EDTA.....	20
Figura	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración de una bebida de naranja con lactosuero dulce.	7
2. Tendencia de aumento de ácido láctico en la bebida de naranja con lactosuero dulce.	13

1. Cantidad porcentual de cada ingrediente para pruebas de formulación de la bebida de naranja con lactosuero dulce.	26
2. Escala de color L*a*b* del Hunter L*a*b*.....	26
3. Datos tomados para el análisis microbiológico de aerobios mesofilos y coliformes totales.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Para la fortificación con hierro en la mayoría de alimentos consumidos en Centro América la sal más común es el sulfato ferroso. La razón principal para utilizar esta sal es su bajo costo y excelente biodisponibilidad. El sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) es una sal utilizada para enriquecer los alimentos y tiene por definición una biodisponibilidad relativa del 100%. Su absorción puede variar entre el 1% al 50%, dependiendo del estado nutricional de hierro del individuo, la presencia de inhibidores y favorecedores de la absorción del hierro en la dieta y el contenido de hierro de la dieta (Hurrell 1999).

Sin embargo es una de las sales que al ser añadidas a los vehículos de fortificación estos presentan cambios en color y sabor metálico. Por lo que la industria toma otras opciones de fortificación como son los compuestos insolubles en agua/poco solubles en soluciones ácidas. Se sabe que este tipo de hierro no afecta las características organolépticas del vehículo pero no se conoce con exactitud la absorción del mismo debido a sus niveles bajos de solubilidad (Hurrell 2002).

A partir de esta situación, se desarrollaron compuestos de hierro protegidos como los compuestos quelados y encapsulados. Para el caso de compuestos quelados tenemos el hierro EDTA el cual fue revisado y recomendado como el fortificante de hierro más apropiado en los países en vías de desarrollo (Latham 2002), y el bis-glicinato ferroso.

Del procesamiento de quesos en la industria láctea, surge un subproducto llamado suero, una matriz de color verde amarillo que se compone de proteínas de un alto y significativo valor nutricional entre otros compuestos que complementan significativamente este alimento. Actualmente en Honduras la mayor parte del suero es destinado a la dieta de ganado lechero y porcino de engorde (Inda 2000).

La razón por la cual destinar el suero dulce a formar parte de una base de alimentos es porque el suero dulce contiene un alto valor nutricional (Cuadro 1), y actualmente el costo del mismo está catalogado entre cero y 0.50 lempiras, sin tener en cuenta el costo de transporte.

Cuadro 1. Composición nutricional general de 1000 litros de lactosuero dulce.

Composición del Suero	Kg/1000 litros
Proteína	9 kg.
Lactosa	50 kg.
Grasa	3 kg.

Fuente: Inda, 2000.

1.1 LIMITANTES DEL ESTUDIO

El estudio se realizara a tamaño piloto, es decir que las cantidades a utilizar para la investigación son bajas a comparación de la capacidad de producción en plantas industriales.

1.1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la fortificación con dos tipos de hierro en un prototipo de bebida sabor naranja con lactosuero dulce.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Formular una bebida con sabor a naranja fortificada con hierro y vitamina C, a base de lactosuero dulce.
- Evaluar las características sensoriales, químicas y físicas de la bebida.
- Determinar los costos variables del mejor tratamiento para producir esta bebida en la planta de lácteos de Zamorano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 BIS-GLICINATO FERROSO

El bis-glicinato ferroso está formado por una molécula de hierro ferroso acoplado a dos moléculas de glicina, las cuales son proteínas (aminoácidos), esta modificación le brinda características diferentes a las de las sales comunes (Cuevas 2009).

Una de sus características más importantes es que es más absorbible debido a que la carga de este compuesto es neutra. La ventaja de que sea neutro es que se mantiene estable hasta que llega al intestino donde es absorbido correctamente, teniendo como resultado una disminución en los efectos secundarios gastrointestinales producidos por otras sales (Haro 2006). Finalmente un estudio realizado por Haro (2006) concluyó que debido a su mejor absorción este no causaba intoxicación, ya que al estar quelado la absorción era mejor y no se absorbía más de lo que el individuo necesitaba.

Una de sus desventajas es la presencia de efectos negativos en algunos alimentos vehículos en donde suele aportar color o sabor metálico, además de su elevado precio en el mercado (Marín 1999).

2.2 HIERRO EDTA

El hierro EDTA (etilen-diaminotetraacetato) es un hierro químicamente protegido para que no interactúe con los inhibidores de la absorción del hierro en los alimentos vehículos, el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) es un quelato que se une a través de sus cuatro grupos carboxilos cargados negativamente y por sus dos grupos aminos, esta unión se realiza a un pH de 1 y se puede disociar a ese mismo pH. Puede combinarse con cualquier metal presente en la tabla periódica. Su eficacia como quelante depende de su constante de estabilidad (Latham 2002).

Una de las desventajas de este tipo de hierro es su elevado precio en comparación a otras sales, sin embargo la interacción de este con las características organolépticas del alimento vehículo es menos probable que las otras sales (Marín 1999).

2.3 VITAMINA C

El ácido ascórbico o vitamina C, es una vitamina hidrosoluble, generalmente comercializada como una sustancia blanca cristalina, muy soluble en agua. Tiende a

oxidarse con facilidad. No la afecta la luz, pero el calor excesivo la destruye, sobre todo cuando se encuentra en una solución alcalina. Es importante para mejorar la absorción del hierro no-hemínico en alimentos de origen vegetal (García 2005).

2.4 LACTOSUERO DULCE DE QUESO FRESCO

El lactosuero dulce es una matriz de color verde amarillenta que se obtiene del procesamiento de quesos blandos, duros o semiduros frescos, su composición depende de qué tipo de queso proviene (Cuadro 2) (Inda 2000).

Cuadro 2. Composición aproximada del lactosuero descremado de queso fresco, %.

Constituyente	Suero de queso (%)
Agua	93.6
Sólidos totales	6.4
Grasa	0.05
Proteína	0.55
NNP (nitrógeno no proteico)	0.18
Lactosa	4.8
Cenizas (sales minerales)	0.5
Calcio	0.043
Fosforo	0.040
Sodio	0.050
Potasio	0.16
Cloruro	0.11

Fuente: Inda (2000).

Para la obtención del lactosuero dulce, la leche debe pasar por un proceso de coagulación enzimática para romper los enlaces aminos de esta matriz y por un proceso de drenado se extrae el mismo a la tina de descremado, aprovechando su temperatura este es sometido a fuerza centrífuga, dejando solamente en 0.05% de la grasa en el suero (Johnson y Law, 1999). Dependiendo del tiempo de almacenamiento posterior este debe ser sometido a una temperatura por debajo de 10⁰C (uso posterior en pocas horas) hasta 4⁰C (uso posterior a varios días) para detener la proliferación de microorganismos, especialmente bacterias (Inda 2000).

2.5 FORTIFICACIÓN

Fortificación de alimentos significa adición de micronutrientes esenciales para incrementar su contenido en un alimento, con el fin de mejorar la calidad nutricional. Debe estar directamente relacionada con el tipo y la cantidad de nutrientes esenciales que deben ser cubiertos por estos alimentos (Cuevas 2009).

La posibilidad de algún tipo de intoxicación por exceso de minerales específicos debe ser nula, por lo que el micronutriente se incorpora al organismo en cantidades bajas y constantes (UNICEF 2004).

Existen actualmente tres tipos de fortificación, entre ellas tenemos la fortificación masiva que es la adición de micronutrientes a productos comestibles de amplio consumo como son sal, aceite, azúcar, leche, entre otros. Este tipo de fortificación es promovida por las autoridades de salud pública de cada país y es de carácter obligatorio para cualquier procesadora de dichos alimentos. Con fortificación focalizada se busca suplir los requerimientos diarios para grupos específicos de la población por medio del consumo de alimentos fortificados. Y finalmente la fortificación promovida por el mercado es aquella que las industrias implementan voluntariamente para mejorar el contenido nutricional de sus productos con el fin de mejorar su contenido nutricional y abrir nuevos campos a sus productos (FAO 2004).

El alimento seleccionado como vehículo debe ser eficaz, es decir que la cantidad y calidad de los micronutrientes tengan un resultado positivo al ser correctamente absorbido por el organismo; compatible, no debe tener ningún tipo de reacción al entrar en contacto con la premezcla a utilizar; económico, el costo de la fortificación y el costo del alimento deben crear un balance para que este sea destinado a la población que lo requiere y debe estar disponible para todas las personas a las que va dirigido (Cuevas 2009).

Inicialmente la formulación de la premezcla de fortificación se realizó siendo dirigida a niño en la edad escolar (9-13) años y se utilizaron estos parámetros para determinar las cantidades a añadir en la bebida.

3. METODOLOGÍA

3.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Se realizaron diferentes pruebas para la formulación final de la bebida a base de lactosuero con sabor a naranja, teniendo en cuenta la interacción del suero, el concentrado de naranja y el agua como ingredientes clave en la preparación del mismo.

Tomando como base un contenido mínimo de suero (10%) en la bebida, un contenido máximo (40%) y la cantidad necesaria de agua para restablecer el concentrado de naranja, se realizaron pruebas para 16 formulaciones diferentes (Anexo 1).

Se estableció un contenido de 40% como máximo debido a que según otros estudios realizados con suero indican que a un contenido de 50% de suero en una bebida, este tenía una turbidez alta y aroma y sabor a suero (Vargas 2007). Se estableció un contenido de 10% como mínimo debido a que si la cantidad adecuada fuese menor al 10% sería muy mínima, por lo que el objetivo de este estudio no sería válido (Coltro 2002; Endera 2002).

Los parámetros para determinar la mejor formulación fueron la ausencia de aroma y sabor a lactosuero dulce, la bebida mantuvo su pH estable por un largo período de tiempo y no presentó ningún tipo de presencia de caseína precipitada dentro del jugo durante su vida de anaquel.

3.2 FLUJO DE PROCESO

Después del desuerado del queso, el suero se almacenó en recipientes industriales para lácteos de 40 o 70 litros en una cámara de frío a 4°C durante 19 horas aproximadamente, para ser descremado, esto por razones de logística de la planta sin embargo se recomienda descremarlo lo más pronto posible para aprovechar la temperatura del suero y su condición más fresca, con el fin de reducir la cantidad de sólidos.

Al día siguiente el suero se trasladó a la tina de recepción de recibo de leche en donde se descremó, se calentó a una temperatura de 45°C y se sometió a una fuerza centrifuga de 7000 rpm.

Se pesaron los ingredientes (agua, suero y concentrado de naranja) y se añadieron a una marmita mezcladora. Se mezcló lentamente hasta encontrar la solución completamente homogénea. Se midió la cantidad de colorante a agregar y se añadió a la mezcla.

Se pasteurizó a una temperatura de 65°C durante 30 minutos. Se dejó enfriar a una temperatura menor a 60°C para añadir la premezcla de micronutrientes (vitamina C, y hierro). Finalmente se envasó en botes de HDPE blancos y se almacenaron en una cámara de frío a 4°C.

Para la producción de jugo de naranja a base de lactosuero se realizó el proceso establecido en la Figura 1.

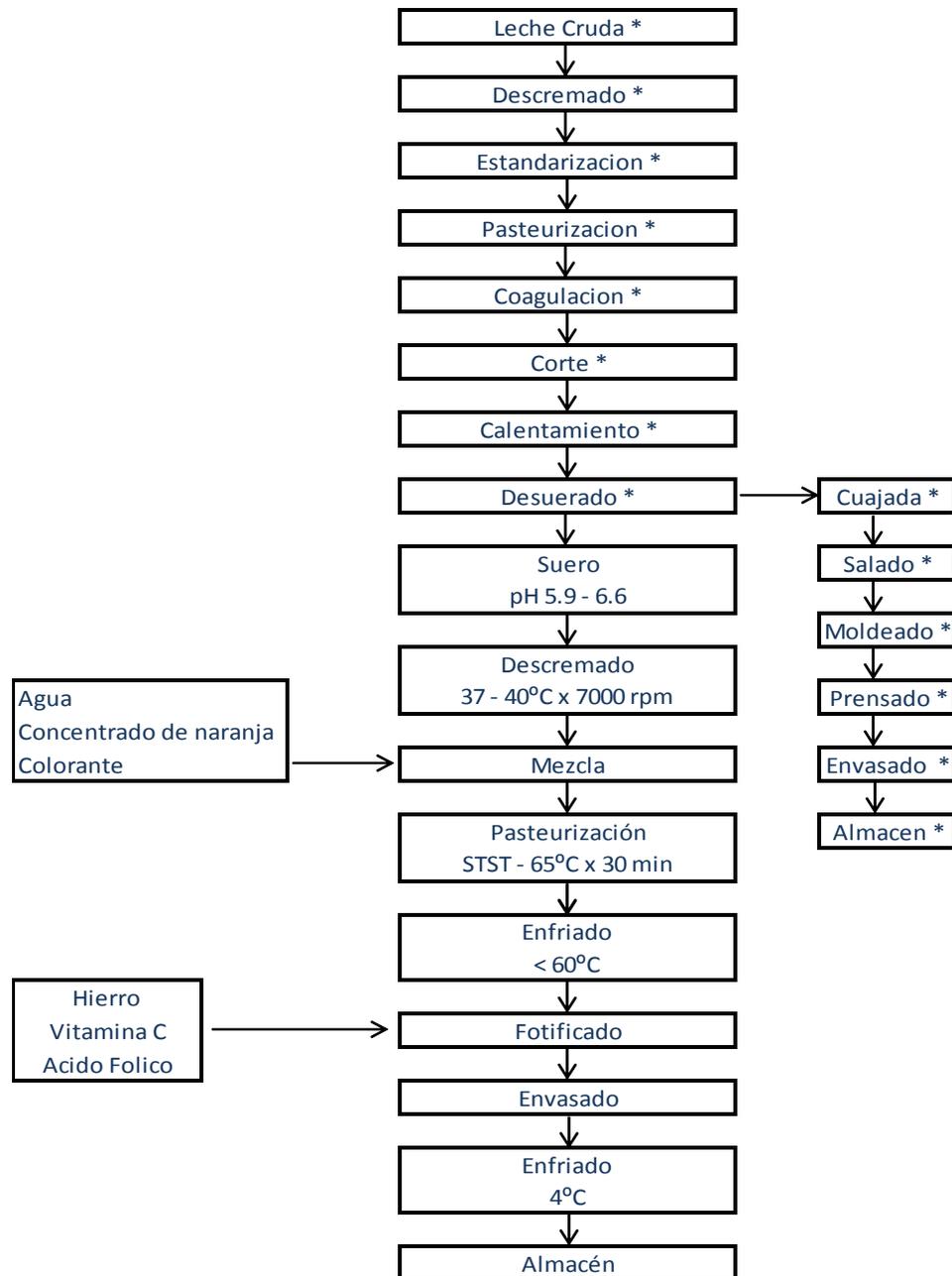


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración de una bebida de naranja con lactosuero dulce. *Fuente: Planta de procesamiento de productos lácteos, Zamorano (2010).

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El proyecto se realizó a partir de cuatro tratamientos y un control. Dos tratamientos se destinaron al uso de hierro EDTA (FEDTA) en dos diferentes concentraciones y los otros dos para bis-glicinato ferroso (FEQ) en dos diferentes concentraciones. Los tratamientos para hierro EDTA se determinaron como FEDTA1.3 y FEDTA1.4; para el bis-glicinato ferroso, FEQ1.3 y FEQ1.4. Existió un control que era la misma formulación de bebida sin fortificar (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en la investigación.

	0 mg	1.3 mg	1.4 mg
Hierro Amino Quelado	--	FEQ 1.3	FEQ1.4
Hierro EDTA	--	FEDTA1.3	FEDTA1.4
Control	Control	--	--

El diseño experimental utilizado para la investigación fueron Bloques Completamente al Azar con medidas repetidas en el tiempo, cada repetición siendo un bloque. Los tratamientos fueron analizados sensorialmente 3 veces cada 7 días después del día de su preparación.

Todos los tratamientos pasaron a la fase de evaluación sensorial, para determinar los dos tratamientos con mejores características sensoriales para realizar análisis químicos, microbiológicos y un análisis de costos.

Se tuvo cinco tratamientos con tres medidas repetidas en el tiempo y tres repeticiones, para un total de 45 unidades experimentales.

Los datos fueron analizados a través del programa SAS® 9.1, para obtener un ANDEVA y una separación de medias TUKEY y Lambda de Wilks.

3.4 ANÁLISIS DE COLOR

Se realizaron análisis de color del control y los cuatros tratamientos con el fin de determinar el posible cambio que exista al añadir el hierro, ya que el hierro por su composición puede afectar las características organolépticas del producto.

El análisis de color se realizó por medio del Hunter L*a*b* (Anexo 2), el cual consiste básicamente en determinar el color por medio de una matriz de tres ejes dándole un valor numérico de acuerdo al color que el aparato distingue en el alimento.

3.5 ANÁLISIS DE ACIDEZ TITULABLE

La acidez titulable es la cantidad de ácidos orgánicos en una solución. Este análisis nos ayuda a encontrar la cantidad de solución alcalina que se necesita para aumentar el pH desde 6.6 hasta 8.4.

El porcentaje de ácido láctico se obtuvo titulando 9 ml de la solución, en este caso jugo de suero, con tres gotas de fenolftaleína como indicador y una solución de hidróxido de sodio al 0.1N.

Se midió acidez titulable todos los días durante un mes, para determinar el tiempo de vida útil teniendo en cuenta cambios físicos en el jugo y cantidad de ácido láctico presente en el mismo.

3.6 EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó un análisis exploratorio de aceptación en el laboratorio sensorial de Zamorano. Se realizaron tres evaluaciones sensoriales por cada repetición y 17 panelistas por evaluación, una al día 0, día 7 y día 14, tomando como día cero el día de preparación. A través de una escala hedónica de 1 a 5 se midió la aceptación de aroma, sabor, color y aceptación general del producto, siendo 1 me gusta mucho y 5 me disgusta mucho.

3.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizaron conteos de aerobios totales y recuento de *Escherichia Coli* y coliformes totales. Se utilizó medios de cultivo PCA (Potato Count Agar) y VRBA (Violet Red Bile Agar), observando los platos petri a los 3 y 5 días para determinar si existe crecimiento bacteriano.

Para el recuento de aerobios totales, el medio de cultivo utilizado fue PCA (Potato Count Agar), incubadas a una temperatura de $32\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 ± 3 horas y se contaron todas las colonias de color rojo independientemente del tamaño.

Para el recuento de *E.coli* y coliformes totales se utilizó un medio de cultivo llamado VRBA (Violet Red Bile Agar) incubadas a la misma temperatura que los aerobios totales durante 24 ± 4 horas y se contaron las colonias de color azul a rojo – azul y asociadas a gas atrapado.

Se tomaron 250 ml de muestra de los cuales fueron almacenados a 4°C para ser evaluados dentro de 24 horas después de elaboradas. Todo el material utiliza fue previamente esterilizado.

3.8 ANÁLISIS CONTENIDO VITAMINA C

Se realizó un análisis de vitamina C a través de titulación con 2,6-Dicloroindofenol, método oficial aprobado por la AOAC 967.21.

El método se desarrolla extrayendo la vitamina C (ácido ascórbico) del jugo a través de una solución extractora (ácido metafosfórico) y haciendo alícuotas dependiendo de la cantidad a medir mediante titulación. Finalmente se titula con 2,6-Dicloroindofenol y se determina la cantidad de ácido ascórbico en el producto.

Se determinó el contenido de vitamina C en el día 0 y 15 días después de la elaboración de la bebida

3.9 ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó un análisis marginal con el fin de determinar la factibilidad de implementar esta bebida a base de suero en la producción de la planta de lácteos Zamorano.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FORMULACIÓN DE LA BEBIDA

Al realizar las formulaciones se tomaron datos de acidez y grados Brix a todas las formulaciones, también se realizó una degustación de las mismas. Se determinó que a una concentración mayor al 30% de suero presentaba aroma y sabor a suero lo cual no era factible al producto. Por lo que se determinó que la mejor concentración de suero en la bebida era la formulación más cercana a 30% y con un contenido bajo de concentrado de naranja (para evitar el excesivo dulzor del mismo).

La formulación final para la bebida con naranja y lactosuero dulce se determina en el Cuadro 4. Esta formulación presentó una concentración de 12° Brix y un pH de 3.74. También presentó un buen balance de sabor, color y aroma.

Cuadro 4. Formulación final de la bebida a base de lactosuero dulce con sabor a naranja.

Ingredientes	Concentración (%)
Concentrado de naranja	14.29
Lactosuero dulce	28.57
Agua	57.14
Colorante	0.1

4.2 FORMULACIÓN DE LA PREMEZCLA

La premezcla se formuló con base en el grado de pureza o la concentración de los nutrientes que contiene, es decir cuántos mg del nutriente vienen en un gramo de producto con el que se fortificó.

4.2.1 Hierro

La cantidad de hierro por porción que contiene la bebida a base de lactosuero dulce con sabor a naranja es de 1.3 mg y 1.4 mg de hierro por porción, dependiendo del tratamiento. Estas cantidades se establecieron teniendo en cuenta la fortificación de otros productos lácteos. La diferencia de un mg se debe a que inicialmente esta bebida estaba dirigida a niños en la edad escolar, ese mg equivale a 1.5% más en sus requerimientos diarios.

4.2.2 Vitamina C

La cantidad por porción que contiene la bebida es de 13.5 mg de vitamina C. Los requerimientos cubiertos por el jugo cumplen con el requerimiento de estar entre el 20 y 60% de fortificación, excepto por el hierro, el cual se fortificó inicialmente con base en el contenido actual de hierro en la merienda escolar, como una opción a la merienda escolar provista a los niños por el gobierno en Honduras.

4.3 ANÁLISIS DE COLOR

El color es una de las características más importantes del producto ya que es lo que el consumidor puede apreciar a simple vista. El hierro pudo afectar el color de la bebida volviendo al producto desagradable a simple vista aunque su sabor sea bueno (Mercado 2002). Los resultados del Hunter L*a*b* son los presentados en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados de color (L*a*b*) para las bebidas de naranja con lactosuero dulce.¹

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Control	55.35 ^a ±0.51	14.60 ^a ±0.15	34.32 ^a ±0.25
FEQ1.3	55.23 ^a ±0.21	13.43 ^b ±0.54	33.61 ^a ±0.64
FEQ1.4	55.17 ^a ±0.34	12.12 ^c ±1.37	31.77 ^b ±1.41
FEDTA1.3	55.39 ^a ±0.33	14.78 ^a ±0.14	34.41 ^a ±0.17
FEDTA1.4	55.42 ^a ±0.33	14.82 ^a ±0.19	34.45 ^a ±0.17
CV	0.49%	2.04%	0.98%

1: Letras iguales en la misma columna muestran una probabilidad >0.05, letras diferentes en la misma columna muestran una probabilidad <0.05.

La variable L* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, es decir que todos tenían la misma claridad, por lo que se determinó que ambos tipos de hierro no interaccionan con la claridad del producto.

La variable a* no presentó diferencias significativas entre el control y los tratamientos fortificados con hierro EDTA, pero sí con los fortificados con bis-glicinato ferroso lo cual indicaba que estos tratamientos presentaron en menor proporción el color rojo en la muestra. El bis-glicinato ferroso sí tuvo una interacción en esta variable y mostró que según la media presentaba un color verde (característico del sulfato ferroso) para esta variable, esto debido a que cuando el 10% de la cantidad de iones ferrosos añadidos a la bebida se oxidan a iones férricos en la solución resultan en descoloración de los mismos aportando su color característico a la bebida (Martinez 2001), sin embargo el color oscuro en la bebida es casi invisible a la vista humana.

La variable b* no presentó diferencias significativas entre el control, el bis-glicinato ferroso en baja concentración y los tratamientos fortificados con hierro EDTA pero sí existió una diferencia significativa en el tratamiento de bis-glicinato ferroso en alta

concentración, donde se determinó que el hierro amino quelado, según la media presentaba un color azul (característico del sulfato ferroso) por la misma razón anteriormente mencionada.

4.4 ANÁLISIS ACIDEZ TITULABLE

En la bebida de naranja con lactosuero sin fortificar (Control), el ácido láctico se mantiene estable durante 17 días a 4°C y luego ascendió constantemente. A una acidez titulable de 0.25% (día 18) se presentó ligosidad, aroma y sabor desagradable, debido a la presencia de pectinas que aporta el concentrado de naranja en la bebida pueden resultar en ligosidad después de un tiempo determinado (Gonzalez et al. 1999). Cuando la acidez titulable alcanzó 0.3% (día 23) cedió a la fermentación, la cual se determinó por presencia abundante de CO₂ dentro del empaque.

La bebida de naranja con lactosuero fortificado con bis-glicinato (FEQ) ferroso se mantuvo estable durante los 30 días de análisis, no presentó ligosidad ni se fermentó. La bebida de naranja con lactosuero fortificado con hierro EDTA se mantuvo estable durante 19 días a 4°C, al día 20 presentó ligosidad y durante los 30 días no presentó signos de posible fermentación.

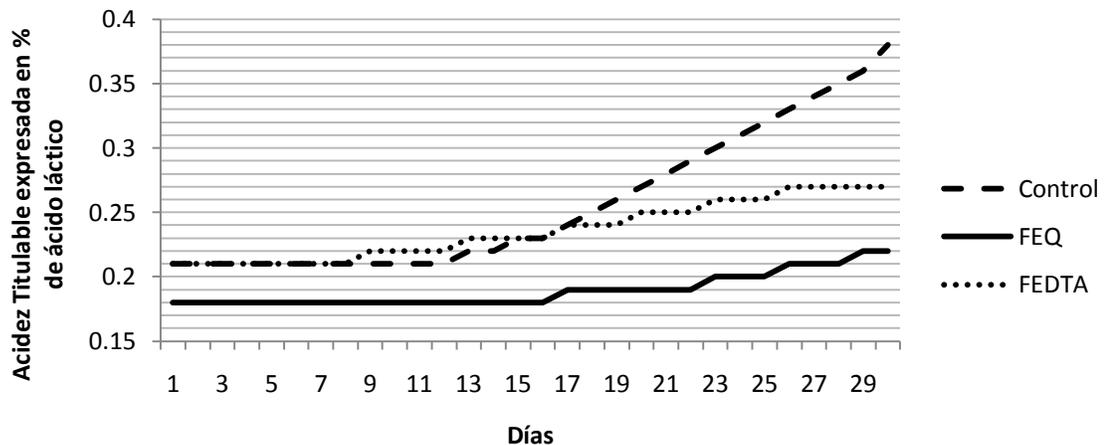


Figura 2. Tendencia de aumento de ácido láctico en la bebida sabor naranja con lactosuero dulce.

La vitamina C interactúa con el sustrato al que es añadido como antioxidante, pro oxidante y preservante bajando el pH del sustrato para evitar su descomposición por crecimiento de microorganismos indeseados en la misma (Morales 2000).

Los tratamientos fortificados con hierro bis-glicinato ferroso presentaron un porcentaje de acidez titulable menor que el control y los tratamientos fortificados con hierro EDTA debido a que la glicina funciona como una sustancia buffer la cual disminuyó la acidez de la bebida después de fortificar, por lo que efectivamente la glicina está disminuyendo el

pH y la acidez de la bebida. Sin embargo la tendencia de aumentar la acidez titulable en la bebida a través del tiempo fue ascendente en los 3 casos (Morales 2000).

Si existieron diferencias significativas entre la acidez titulable del control, los tratamientos fortificados con hierro EDTA y los tratamientos fortificados con bis-glicinato ferroso. Donde se determinó que la bebida fortificada con bis-glicinato ferroso preserva mejor las características organolépticas del producto durante más tiempo, esto debido a que la glicina disminuyó la acidez de la bebida y la conservó por más tiempo.

4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

En la evaluación sensorial se evaluaron atributos de color, aroma, sabor y aceptación general.

Cuadro 6. Resultados sensoriales para el parámetro color, con medidas repetidas en el tiempo.¹

Tratamiento	Color		
	Día 1	Día 7	Día 14
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Control	2.69 ^{a(x)} ±0.93	2.49 ^{a(x)} ±0.86	2.75 ^{b(y)} ±0.89
FEQ1.3	2.80 ^{a(x)} ±0.85	2.25 ^{a(xy)} ±0.82	2.13 ^{a(y)} ±0.96
FEQ1.4	2.59 ^{a(x)} ±0.75	2.23 ^{a(xy)} ±0.95	2.39 ^{ab(y)} ±0.90
FEDTA1.3	2.45 ^{a(x)} ±0.99	2.66 ^{a(xy)} ±0.93	2.76 ^{b(y)} ±0.86
FEDTA1.4	2.35 ^{a(x)} ±0.87	2.49 ^{a(xy)} ±0.95	2.82 ^{b(y)} ±0.99
CV	34.09%	36.95%	35.75%

1: Si la letra es diferente en la columna indica que sí existieron diferencias significativas ($P < 0.05$). Si la letra es diferente en la fila indica que sí existieron diferencias significativas a través del tiempo ($P < 0.05$).

DE = Desviación Estándar.

CV= Coeficiente de varianza.

Los panelistas aceptaron por igual todos los tratamientos para el atributo color en los días 1 y 7. Sin embargo al día 14 la preferencia hacia los tratamientos con bis-glicinato ferroso fue mayor debido a que este mantuvo más estable su color a comparación de los demás tratamientos (Cuadro 6).

A través del tiempo existieron diferencias de aceptación en todos los tratamientos, debido a la presencia de un color un poco más blanquecino al día 22 (todos los tratamientos), por la posible precipitación de caseína por el aumento de la acidez titulable (Inda 2000).

Cuadro 7. Resultados sensoriales para el parámetro aroma, con medidas repetidas en el tiempo.¹

Tratamiento	Aroma		
	Día 1	Día 7	Día 14
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Control	2.80 ^{a(x)} ±0.87	2.67 ^{a(xy)} ±0.95	2.75 ^{a(y)} ±0.91
FEQ1.3	2.88 ^{a(x)} ±0.84	2.65 ^{a(x)} ±0.74	2.47 ^{a(x)} ±0.95
FEQ1.4	2.59 ^{a(x)} ±0.80	2.37 ^{a(xy)} ±0.94	2.45 ^{a(y)} ±0.94
FEDTA1.3	2.67 ^{a(x)} ±1.03	2.96 ^{a(xy)} ±0.89	2.71 ^{a(y)} ±0.90
FEDTA1.4	2.55 ^{a(x)} ±1.03	2.67 ^{a(xy)} ±1.05	2.73 ^{a(y)} ±0.87
CV	33.94%	34.67%	33.73%

1: Si la letra es diferente en la columna indica que sí existieron diferencias significativas ($P < 0.05$). Si la letra es diferente en la fila indica que sí existieron diferencias significativas a través del tiempo ($P < 0.05$).

DE = Desviación Estándar.

CV= Coeficiente de varianza.

Los panelistas aceptaron por igual todos los tratamientos para el atributo aroma en los días 1, 7 y 14 entre tratamientos, debido a que el hierro no aportó aromas ajenos a la bebida o algún aroma que no le agradó al panelista (Cuadro 7).

A través del tiempo los panelistas si prefirieron el tratamiento fortificado con bis-glicinato ferroso en menor concentración, debido a que a diferencias de los demás tratamientos este mantuvo estable su aroma debido a la conservación de sus características por presentar una acidez titulable menor a los demás tratamientos.. Los demás tratamientos se vieron afectados por la tendencia a aumentar del ácido láctico en la bebida lo cual concentró el aroma a suero en la misma (Inda 2000).

Cuadro 8. Resultados sensoriales para el parámetro sabor con medidas repetidas en el tiempo.¹

Tratamiento	Sabor		
	Día 1	Día 7	Día 14
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Control	2.67 ^{ab(x)} ±1.01	2.90 ^{ab(y)} ±0.96	2.80 ^{a(y)} ±1.08
FEQ1.3	3.10 ^{b(x)} ±0.96	2.59 ^{ab(x)} ±0.85	2.45 ^{a(x)} ±1.03
FEQ1.4	2.67 ^{ab(x)} ±0.93	2.45 ^{a(x)} ±0.92	2.26 ^{a(x)} ±1.02
FEDTA1.3	2.63 ^{ab(x)} ±1.13	3.06 ^{b(y)} ±0.86	2.59 ^{a(y)} ±1.08
FEDTA1.4	2.85 ^{a(x)} ±1.14	2.82 ^{ab(y)} ±0.87	2.73 ^{a(y)} ±0.94
CV	38.30%	32.29%	40.11%

1: Si la letra es diferente en la columna indica que sí existieron diferencias significativas ($P < 0.05$). Si la letra es diferente en la fila indica que sí existieron diferencias significativas a través del tiempo ($P < 0.05$).

DE = Desviación Estándar.

CV= Coeficiente de varianza.

Los panelistas encontraron diferencias de preferencia para el parámetro sabor en los días 7 y 14, sin embargo en el día uno no encontró diferencias significativas entre tratamientos

(Cuadro 8). El día 1 la bebida se sirvió a los panelistas a una temperatura de 14°C, el día 7 la bebida se sirvió a una temperatura de 7°C, el día 14 la bebida se sirvió a una temperatura de 4°C. La bebida se debía servir a una temperatura de 4°C debido a que es la temperatura normal a la que el panelista la consume, a una temperatura mayor el sabor se ve afectado por que la percepción de las papilas gustativas se vuelve más minuciosa y percibe sabores que a una temperatura menor no percibiría, los resultados eran sospechables (Beucler et al 2000).

Ninguno de los dos tipos de hierro aportó sabor ajeno a la bebida debido a que en el día 14 no existieron diferencias de preferencia entre los tratamientos, relacionado con la temperatura a la que se sirvió la bebida.

Los tratamientos fortificados con bis-glicinato ferroso fueron más aceptados a través del tiempo. La bebida fortificada con hierro EDTA en ambas concentraciones y el control, fueron menos aceptadas, es decir que el panelista prefirió los otros dos tratamientos con bis-glicinato ferroso en comparación a estos. La razón por la que los panelistas no prefirieron este producto es por su inestabilidad en la cuantificación de ácido láctico, este parámetro afecta a través del tiempo el sabor de la bebida.

Cuadro 9. Resultados sensoriales para el parámetro aceptación general con medidas repetidas en el tiempo.¹

Tratamiento	Aceptación General		
	Día 1	Día 7	Día 14
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Control	2.76 ^{a(x)} ±0.81	2.80 ^{b(y)} ±0.83	2.82 ^{b(y)} ±0.99
FEQ1.3	3.02 ^{a(x)} ±0.81	2.47 ^{ab(x)} ±0.76	2.49 ^{ab(x)} ±1.03
FEQ1.4	2.65 ^{a(x)} ±0.87	2.06 ^{a(x)} ±0.86	2.16 ^{a(x)} ±1.03
FEDTA16.25%	2.65 ^{a(x)} ±1.11	2.92 ^{b(y)} ±0.89	2.61 ^{b(y)} ±0.98
FEDTA17.75%	2.63 ^{a(x)} ±1.18	2.92 ^{b(y)} ±1.07	2.82 ^{b(y)} ±1.05
CV	35.39%	33.74%	38.86%

1: Si la letra es diferente en la columna indica que sí existieron diferencias significativas ($P < 0.05$). Si la letra es diferente en la fila indica que sí existieron diferencias significativas a través del tiempo ($P < 0.05$).

DE = Desviación Estándar.

CV= Coeficiente de varianza.

En el día uno los panelistas prefirieron todos los tratamientos por igual debido a que la acidez titulable del jugo se mantuvo estable para todos los tratamientos en los primeros días (Cuadro 9).

A comparación de los días 7 y 14 en donde los panelistas sí prefirieron los tratamientos fortificados con bis-glicinato ferroso en donde la acidez titulable de ambos se mantuvo estable por más tiempo a diferencia de los demás tratamientos.

Lo mismo sucede a través del tiempo, los panelistas no prefirieron los tratamientos fortificados con hierro EDTA ni el control debido a su cambio en acidez titulable y la posible interacción del hierro EDTA con las características organolépticas del producto (Haro 2006). Sin embargo los tratamientos fortificados con bis-glicinato ferroso fueron los preferidos por los panelistas.

4.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Según el Ministerio de Salud Pública de Honduras (2009), el jugo de naranja debe tener recuentos de coliformes totales <10 UFC/ml y aerobios mesofilos <50 000 UFC/ml. Los datos tomados para el análisis se muestran en el Anexo 3.

La cantidad cuantificada de UFC/ml de coliformes fecales mostrados en el Cuadro 10, fue menor al recuento máximo establecido por las autoridades de salud Hondureña.

Cuadro 10. Recuento de coliformes totales en el jugo de naranja a base de lactosuero almacenado a 4°C, para el jugo fortificado con hierro quelado.

Día de conteo	UFC/ml de coliformes totales
1	<10
15	<10

La cantidad de aerobios mesófilos cuantificada de ufc/ml de aerobios mesófilos mostrados en el Cuadro 11 (Anexo 3), fue menor al recuento máximo establecido por las autoridades de salud Hondureña.

Cuadro 11. Recuento de aerobios mesofilos en el jugo de naranja a base de lactosuero almacenado a 4°C, para el jugo fortificado con hierro quelado.

Días de conteo	UFC/ml de aerobios mesofilos
1	5400
15	7300

4.7 ANÁLISIS DE VITAMINA C

La fortificación se realizó para tener un contenido aproximado de 13.5mg de vitamina C (ácido ascórbico) en 200 gramos de muestra. Se evaluaron dos de los tratamientos, FEQ1.4 y FEDTA1.4 para medir pérdida de vitamina C en ambos. Los resultados los podemos ver en el Cuadro 12.

La cuantificación de vitamina C (ácido ascórbico) se realizó una sola vez, con el fin de tener una fuente de información sobre la posible pérdida que puede existir de la misma, en la bebida.

Cuadro 12. Resultados de cuantificación de vitamina C para dos tratamientos mediante titulación por 2,6-Dicloroindofenol.

Tratamiento	Contenido de ácido ascórbico en 200 gr de muestra, día 15	
	Media \pm DE	
FEQ1.4 – Día cero	13.50 mg \pm 0.01	
FEQ1.4 – Día 15	12.53 mg \pm 0.01	
FEDTA1.4 – Día cero	13.50 mg \pm 0.01	
FEDTA1.4 – Día 15	12.61 mg \pm 0.01	

Existió una valoración menor de vitamina C entre el día 1 y el día 15, esto puede deberse a una pérdida del ácido ascórbico debido a que al entrar en contacto los dos tipos de hierro con el pH de la bebida este degrada porcentualmente el recubrimiento en ambos casos, teniendo como consecuencia la exposición de algunos de los iones ferrosos al oxígeno lo cual resulta en la interacción del hierro con oxígeno formando iones férricos, estos iones oxidan el ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico (pérdida de vitamina C) y a la vez se reducen a iones ferrosos nuevamente (Hurrell 2002).

El reforzador más común es la vitamina C, cuyo efecto está relacionado con la reducción de su potencia y su acción quelante, formando complejos solubles con el hierro a pH bajo (permaneciendo soluble) y absorbible en el pH duodenal más alcalino (Martinez 2001).

4.8 ANÁLISIS DE COSTOS

Se calcularon los costos variables de una bebida sin fortificar (control) mostrados en el Cuadro 13.

El costo de producir un jugo de naranja con lactosuero dulce sin fortificar tiene un costo variable de 3.42 lempiras.

Cuadro 13. Costo de producción de un jugo de naranja con lactosuero dulce y sin fortificar (250 ml).

Bebida sin Fortificar			
Ingredientes	Precio U (L.)	Cantidad	Total
Concentrado de frutas (litros)	13.00	0.568	7.38
Agua	2.00	2.271	4.54
Colorante (litros)	47.64	0.007	0.33
Suero	0.00	1.136	0.00
Botella HDPE (250 ml)	1.65	15.000	24.75
Etiqueta adhesive	0.95	15.000	14.25
Total			51.26
Costo Unitario (Botella 250 ml)		L.	3.42

El costo de producir una bebida de naranja con lactosuero fortificado con bis-glicinato ferroso o utilizando hierro EDTA es de 3.44 lempiras (Cuadro 14).

Ambas bebidas tienen el mismo costo variable debido a que el hierro EDTA fue comprado para proyectos y el precio de este hierro fue menor al precio que normalmente encontramos en el mercado.

Actualmente las bebidas fortificadas con hierro EDTA están siendo promovidas en Guatemala y México (Hurell 1999). Mientras que el bis-glicinato ferroso está siendo utilizado solo como suplementos debido a su elevado precio.

Cuadro 14. Costo de producción de un jugo de naranja con lacto suero dulce fortificado con hierro amino quelado o hierro EDTA (250 ml).

Ingredientes	Precio U (L.)	FEQ 1.4		FEDTA 1.4	
		Cantidad	Total	Cantidad	Total
Concentrado de frutas (litros)	13.00	0.568	7.38	0.568	7.38
Agua	2.00	2.271	4.54	2.271	4.54
Colorante (litros)	47.64	0.007	0.33	0.007	0.33
Suero	0.00	1.136	0.00	1.136	0.00
Vitamina C (mg)	0.07	1.32	0.09	1.32	0.09
Ferrochel® (mg)	0.19	0.45	0.09	0	0.00
Hierro EDTA (mg)	0.53	0	0.00	0.18	0.10
Ácido Fólico (mg)	0.28	0.51	0.14	0.51	0.14
Botella HDPE (250 ml)	1.65	15	24.75	15	24.75
Etiqueta adhesiva	0.95	15	14.25	15	14.25
Total			51.58		51.59
Costo Unitario (Botella 250 ml)		L.	3.44	L.	3.44

5. CONCLUSIONES

- Los tratamientos que mostraron mejores resultados sensoriales y de acidez titulable fueron los fortificados con bis-glicinato ferroso. Los tratamientos que mostraron mejor color, fueron los fortificados con hierro EDTA.
- Los tratamientos más aceptados por los panelistas fueron los fortificados con bis-glicinato ferroso en ambas concentraciones.
- La vida de anaquel de los tratamientos fortificados con bis-glicinato ferroso fue de 30 días a una temperatura de 4°C.
- Los costos variables de la producción de una bebida de naranja con lactosuero dulce son de L. 3.44, siendo fortificado con cualquiera de los dos tipos de hierro.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la fortificación con bis-glicinato ferroso.
- Si se desea mantener el color del producto se recomienda la fortificación con hierro EDTA.
- Para mantener una vida estable en el producto se recomienda el almacenamiento a 4°C y no romper la cadena de frío en ningún momento.
- Realizar una curva de pérdida de vitamina C, con 3 repeticiones durante el tiempo de vida de anaquel de la bebida.

7. BIBLIOGRAFIA

Alais, CH. 1985. Ciencia de la leche, España, Editorial Reverte S.A. 107 p.

Beucler, Drastrillo y Foegeding, 2000. Diseño para elaborar bebidas hidratantes usando Permeato de suero.

CENAMEC, 2005. Nutrición Humana, Editorial Navarro S.A. 58p.

Chapman, H.R., Bines, V.E., Glover, F.A. & Skuder, P.J. (1974). Use of milk concentrated by ultrafiltration for making hard cheese, soft cheese and yogurt. *Journal of Society Dairy Technology*, 27, 151–155.

Coltro, C. 2002. Elaboración de una bebida análoga de leche con base en lactosuero. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. 22p.

Cuevas, M. 2009. Fortificación de alimentos y seguridad alimentaria. Organización Mundial de la Salud y Organización para la seguridad alimentaria. Perú. 67p.

Endera, F. 2002. Elaboración de una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 30p.

Fauquant, J.; Vieco, E.; Brule, G. & Maubois, J.L. (1985). Clarification des lactosé rums doux par aggrégation thermocalcique de la matie`re grasse re`siduelle. *Le Lait*, 65, 1–20.

FAO. 2004 What consumers should know?. Disponible en <http://agriculture.senate.gov/nutria/FoodSecSp.pdf>. Consultado 15 de Marzo 2009.

Garcia, M. 2005. Nutrición y pediatría: En busca de un balance nutricional en niños en Colombia. 89, 6 – 10. Consultado el 15 de Julio del 2010.

González, G; Gómez, R; Mejía, A; Ramírez, A. 1999. Proceso biotecnológico para la obtención de una bebida refrescante y nutritiva. *Interciencia* Vol 24 N° 2 Disponible en: www.interciencia.org/v24_03/gomez.pdf Consultado el 12 de Marzo 2009.

Haro, J. 2006. Biodisponibilidad de diferentes compuestos de hierro añadidos a un néctar de fruta funcional. Interacción con vitaminas y fructoligo sacáridos. España. 263p. Disponible en: http://www.tesisenred.net/TESIS_UM/AVAILABLE/TDR-0919108-125236/HaroVicente.pdf Consultado el 15 de Julio del 2010.

Hambling, SG, COMO McAlpine, y L. Sawyer. 1992. Química Avanzada de productos lácteos: 1. Las proteínas, en el capítulo: beta-lactoglobulina. Elsevier Applied Science, 141-190. Disponible en: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/1578839> Consultado el 26 de Junio de 2010.

Holmann, F., P. Argel, L. Rivas, D. White, R.D. Estrada, C. Burgos, E. Pérez, G. Ramírez, y A. Medina. 2004. Impacto de la adopción de pastos Brachiaria: Centroamérica y el Caribe. Disponible en: www.ilri.cgiar.org/html/Adopci3ndepastos%20BrachiariaenCA%20Mex-final.pdf Consultado 22 de febrero del 2009.

Honduras Census; TechnoServe análisis. 2005. Desarrollando el Sector Lácteo en Honduras. Disponible en: http://www.paselo.rds.hn/document/festival_de_la_leche/desarrollando_el_sector_lacteo_honduras.ppt. Consultado el 21 Marzo del 2009.

Hurell, R.F. 1999 Fortification: Iron fortification and interactions with ascorbic acid. 130:152S-231S.

Hurell, R. F. 2002. Fortification: Overcoming technical and practical barriers. J. Nutr. 132: 806S-812S.

Inda, A. 2000. Optimización de rendimiento en una quesería. Disponible en http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/QUESO/queso.htm Consultado 10 de Febrero 2009.

INE (Instituto Nacional de Estadística, Honduras), 2004. Indicadores, Disponible en www.ine-hn.org. Consultado 17 febrero 2009.

Johnson y Law, 1999. Soluciones para problemática nutricional en latino América. Editorial Sammuels. 183, 22 – 32.

Latham, M. 2002. Nutrición Humana en el mundo en desarrollo. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación. Roma.

Keating, P. 1999. Introducción a la lactología. Editorial, 2º edición. Limusa S.A. de D.V, México.

Madrid, A. 1999. Tecnología quesera, 2º edición. Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España.

Marín, Z. 1999. Elementos de nutrición humana, 1º reimpresión de la 1º edición. Editorial Universidad estatal a distancia, San José, Costa Rica, 432 p.

Martinez, F. 2001. Química de los alimentos 7º edición. Editorial Santillana, México. 183 p.

Mercado, Salvador. 2002. Mercadotecnia programada. Capítulo 5: El producto, su apariencia y percepción del consumidor. 661 p.

Morales, Francisco. 2000. Development and application of new bioactive compounds in milk-based formulas enriched in Iron. Instituto del frio. España

Ministerio de Salud de Honduras, 2009. Parámetros permitidos de microorganismos en alimentos según su uso.

Monsalve, J y González, D. 2005. Elaboración de un queso tipo ricota a partir de suero lácteo y leche fluida. *RC*. [Online]. dic. 2005, vol.15, no.6. Disponible en http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592005012000009&lng=es&nrm=iso. Consultado el 20 Marzo 2009.

Rattray, W. & Jelen, P. (1996). Protein standardization of milk and dairy products. *Trends in Food Science & Technology*, 7, 227–234.

Revilla, A. 1996. Tecnología de la leche. 3 ed. rev. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, Centroamérica. 396 p.

[USDEC] Consejo de la exportación de la lechería de Estados Unidos. 2000. Manual de referencia para los E.E.U.U.

Vargas, 2007. Bebidas de base lácteas para aprovechamiento de desperdicios. Universidad de Mérida. México.

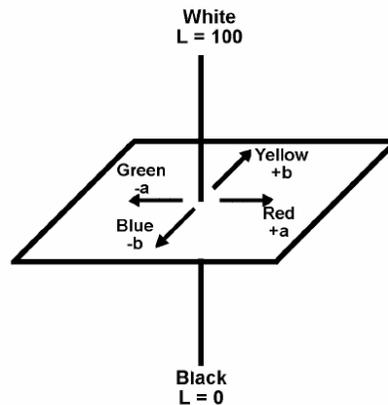
Willians, P. 2002. Formulación y elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso fresco y sabores de fruta. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. 46 páginas.

8. ANEXOS

Anexo 1. Cantidad porcentual de cada ingrediente para pruebas de formulación de la bebida de naranja con lactosuero dulce.

Numero de Formula	Suero %	Concentrado de Naranja %	Agua %
1N10,20,75%	10	15	75
2N10,15,80%	10	10	80
3N15,20,70%	15	15	70
4N15,15,75%	15	10	75
5N20,20,65%	20	15	65
6N20,15,70%	20	10	70
7N25,20,60%	25	15	60
8N2515,65%	25	10	65
9N30,20,55%	30	15	55
10N30,15,60%	30	10	60
11N35,20,50%	35	15	50
12N35,15,55%	35	10	55
13N40,20,45%	40	15	45
14N40,15,50%	40	10	50
15N45,20,40%	45	15	40
16N45,15,45%	45	10	45

Anexo 2. Escala de color $L^*a^*b^*$ del Hunter $L^*a^*b^*$.



Anexo 3. Datos tomados para el análisis microbiológico de aerobios mesofilos y coliformes totales.

Aerobios Totales	Dilución	Muestras								
		1			2			3		
		MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN	MN
	10^{-1}									
	10^{-2}	102	93	91	67	61	77	67	74	77
	10^{-3}	10	8	9	5	6	4	5	4	8
	10^{-4}	-	-	-	-	-	-	2	-	-