

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Obtención de ácido láctico mediante fermentación del
suero de leche.**

Por:

Alfredo Ruiz Pérez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Obtención de ácido láctico mediante fermentación del
suero de leche.**

Por:

ALFREDO RUIZ PÉREZ

Tesis

**Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada por

MC. Oscar Noé Reboloso Padilla

Presidente

LCN. Laura Olivia Fuentes Lara.

Sinodal

MC. Maria Hernández González

Sinodal

MC. Luis Rodríguez Gutiérrez.

Sinodal

Dr. Ramón F. García Castillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila., México, Junio de 2006.

DEDICATORIA

A DIOS:

Por haberme dado la dicha de ver la luz del día y por ser el arquitecto de mi propio destino que se construye diariamente, de facilitarme de culminar una meta mas de mi vida profesional, y por darme una vida satisfactoria con mi familia y demás amistades.

Con mucho cariño, respeto y orgullo a mis padres:

Sra. Isabel Pérez Hernández.

Sr. Manuel Ruiz Vargas.

A **él**, que me enseñó a aprender de los triunfos y fracasos de esta vida, por enseñarme a ser un hombre de trabajo y responsable, gracias papá, por tu apoyo y consejos. Te quiero.

A **ella**, que día a día ha luchado y se ha preocupado para que nosotros sus frutos seamos personas de bien. Gracias mamá, por tu apoyo incondicional y confianza que has depositado en mi en todo momento; que con la ayuda de tus rezos y suplicas me han motivado para salir adelante ante todo. Te amo.

A mis hermanos:

Manuel, Miguel, Magdalena, Yuridia, Katia, Gabriela, Magali, por poner un grano de arena para finalizar un eslabón mas de la vida profesional. Por darme el ejemplo de superar todo para ser alguien en la vida. Gracias los quiero mucho

A ti hermano, que me has enseñado a aprovechar las oportunidades que la vida me ha regalado: Cesar.

A mis abuelos:

Magdalena Vargas (†)

Consuelo Hernández (†)

Manuel Ruiz

Pascual Pérez (†)

Por dejar sus esfuerzos, amor y consejos.

A mis cuñadas y sobrinos (as):

Por su cariño, apoyo y amor que me brindaron durante la lejanía, gracias los quiero mucho.

A mis amigos:

Miguel, Diego, Pancho, Joselin, Juan, Richard, Ángel, Cecilia, Miriam, Martha, Ana., por el apoyo y consejos a pesar de la lejanía y el tiempo. Gracias por nuestra amistad perdurable.

AGRADECIMIENTO

A mí Alma Terra Mater por ser mi segunda casa y darme la oportunidad de realizar una de mis metas, por formarme como profesionalista, de la cual me siento orgullosamente.

Al MC. Oscar Noé Reboloso Padilla por haberme brindado su confianza y su amistad, por compartir sus conocimientos, experiencias y por sus consejos; de los cuales contribuyeron a mi formación. Gracias Padrino.

Al MC. Xochitl Ruelas Chacón por haberme compartido sus conocimientos y amistad, por el apoyo brindado en esta investigación. Gracias Madrina.

MC. Maria Hernández González por haberme compartido sus conocimientos y amistad, por el apoyo brindado en esta investigación. Gracias.

A la LCM: Laura Olivia Lara Fuentes, por haberme compartido sus conocimientos, confianza y amistad, por el apoyo brindado en esta investigación. Gracias.

Al MC. Luis Rodríguez Gutiérrez, por brindarme su apoyo en esta investigación. Gracias.

Al TLQ: Carlos Arevalo Sanmiguel, por haberme brindado su apoyo en el laboratorio de alimentos. Gracias.

A la TLQ: Ma de Jesús Sánchez Velásquez, por apoyarme en el laboratorio de apoyo a la investigación. Gracias chacha.

A la Familia Montes Martínez, por haberme dado la oportunidad de conocernos y brindarnos nuestra amistad.

A mis amigos:

Javier, Chema, Gregorio, Oscar, Toño, Daniel, Luis, Julio, Ambrosio, Álvaro, Fernando, Enrique, Cesar, Jesús, José, Mayra, Ruvid, Silvia, Paty, Pilar, Eraisa, Nery, Erika, Paola, Silvia H., por haber compartido momentos inolvidables de universitarios, desvelos, angustias, consejos, apoyo...Gracias.

Buitres, buitres al ataque....

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatorias.	
Agradecimientos	
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 FERMENTACIONES ALIMENTARIA	4
2.1.1 Fermentación	4
2.1.2 Definición	4
2.1.3 Microorganismos en la fermentación	4
2.1.4 Tipos de fermentaciones alimentarias	5
2.1.5 Fermentación láctica	6
2.1.6 División de la fermentación láctica	6
2.1.6.1 Fermentación homoláctica	6
2.1.6.2 Fermentación heteroláctica	8
2.2 BACTERIAS LÁCTICAS	10
2.2.1 Clasificación de las bacterias	11
2.2.2 Género <i>Streptococcus</i>	12
2.2.3 Género <i>Lactobacillus</i>	12
2.2.3.1 <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	13
2.2.3.2 <i>Lactobacillus helveticus</i>	14
2.3 SUERO DE LECHE	14

2.3.1 Definición	14
2.3.2 Características	14
2.3.3 Composición química del suero	15
2.3.4 Producción de suero	17
2.3.5 Importancia de la lactosa	18
2.4 ÁCIDOS ORGANICO	18
2.4.1 Ácido láctico	19
2.4.2 Tipos de ácido láctico	19
2.4.3 Usos del ácido láctico	20
III. MATERIALES Y METODOS	21
3.1 Lugar	21
3.2 Suero normal y desproteinizado	21
3.3 Cultivos iniciadores	21
3.4 Materiales	21
3.5 Equipo.....	22
3.6 Metodología	22
3.6.1 Determinación de parámetros óptimos de fermentación	22
3.6.2 Cinéticas de fermentaciones de suero normal y desproteinizado con control de pH	22
3.6.3 Determinación de lactosa en suero normal y desproteinizado fermentado y sin fermentar	23
3.6.4 Conversión de glucosa	23
3.6.5 Diseño Experimental	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
4.1 Determinación de parámetros óptimos de fermentación	25
4.2 Determinación de lactosa en suero normal y desproteinizado, fermentado y sin fermentar	28
4.3 Porcentaje de conversión de glucosa, de la fermentación del suero normal y desproteinizado	29

4.4 Cinéticas de fermentaciones del suero normal y desproteinizado con control de pH	30
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIONES	34
VII. LITERATURA CITADA	35
VIII. ANEXOS	36
1 Obtención de suero normal	35
2 Obtención de suero desproteinizado	35
3 Análisis de varianza	39

ÍNDICE DE CUADRO.

No.	Título	
Pág.		
1	Composición química del suero.....	16
2	Producción mundial de queso.....	17
3	Cultivos liofilizados	21
4	Promedio de la producción del ácido láctico en porcentaje, de la fermentación de suero normal y desproteínizado	26
5	Promedio del comportamiento de pH de la fermentación de suero normal y desproteínizado	27
6	Promedio de la determinación de lactosa en suero normal y Desproteínizado, fermentado y sin fermentar	28
7	Porcentajes de conversión de glucosa de la fermentación del Suero normal y desproteínizado.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS.

No	titulo	
Pág.		
1	Fermentación homoláctica	7
2	Fermentación heteroláctica	9
3	Cinética de fermentación de suero normal y desproteinizado a 40°C/24hrs	25
4	Comportamiento de pH de la fermentación de suero normal y desproteinizado a 40°C/24 hrs	27
5	Cinética de producción de ácido láctico con control de pH 5.5 del suero normal	30
7	Cinética de producción de ácido láctico con control de pH 5.5 del suero desproteinizado	31

RESUMEN

En los últimos años, en la industria alimentaria, se ha venido incrementado significativamente el uso de conservadores de origen microbiano, a partir de productos de desecho como alternativas de soluciones a problemas ambientales, económicos y tecnológicos.

El suero de queso es un efluente de difícil manejo y un poderoso contaminante, que presenta excelentes nutrientes, con un sinfín de usos. El suero, es una materia prima para la obtención de metabolitos mediante el proceso de fermentación. Es por ello, el interés de evaluar la producción de ácido láctico a partir de este subproducto.

La composición de lactosa del suero obtenido, resulto similar a lo reportado en la literatura, (Zadow 1992).

En la etapa preliminar se realizaron tres fermentaciones sin control de pH. El suero fue pasteurizado a 85°C/15 minutos, se llevo a incubación a 40°C por 24 horas, monitoreando la producción de ácido láctico, el comportamiento de pH cada hora. Donde *Lactobacillus helveticus* (LH) en el suero normal fue notablemente mejor que el otro. Alcanzando un máximo de 9.5 gr/l a un pH de 4.02.

Posteriormente, se realizaron las fermentaciones finales con control de pH y respectivamente su determinación de lactosa y la conversión de glucosa. El que presentó mayor producción fue LH con suero desproteinizado con el 30.85 % de conversión de glucosa.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatorias.	
Agradecimientos	
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 FERMENTACIONES ALIMENTARIA	4
2.1.1 Fermentación	4
2.1.2 Definición	4
2.1.3 Microorganismos en la fermentación	4
2.1.4 Tipos de fermentaciones alimentarias	5
2.1.5 Fermentación láctica	6
2.1.6 División de la fermentación láctica	6
2.1.6.1 Fermentación homoláctica	6
2.1.6.2 Fermentación heteroláctica	8
2.2 BACTERIAS LÁCTICAS	10
2.2.1 Clasificación de las bacterias	11
2.2.2 Género <i>Streptococcus</i>	12
2.2.3 Género <i>Lactobacillus</i>	12
2.2.3.1 <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	13
2.2.3.2 <i>Lactobacillus helveticus</i>	14

2.3 SUERO DE LECHE	14
2.3.1 Definición	14
2.3.2 Características	14
2.3.3 Composición química del suero	15
2.3.4 Producción de suero	17
2.3.5 Importancia de la lactosa	18
2.4 ÁCIDOS ORGANICO	18
2.4.1 Ácido láctico	19
2.4.2 Tipos de ácido láctico	19
2.4.3 Usos del ácido láctico	20
III. MATERIALES Y METODOS	21
3.1 Lugar	21
3.2 Suero normal y desproteínizado	21
3.3 Cultivos iniciadores	21
3.4 Materiales	21
3.5 Equipo.....	22
3.6 Metodología	22
3.6.1 Determinación de parámetros óptimos de fermentación	22
3.6.2 Cinéticas de fermentaciones de suero normal y desproteínizado con control de pH	22
3.6.3 Determinación de lactosa en suero normal y desproteínizado fermentado y sin fermentar	23
3.6.4 Conversión de glucosa	23
3.6.5 Diseño Experimental	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
4.1 Determinación de parámetros óptimos de fermentación	25
4.2 Determinación de lactosa en suero normal y desproteínizado, fermentado y sin fermentar	28
4.3 Porcentaje de conversión de glucosa, de la fermentación del suero normal y desproteínizado	29

4.4 Cinéticas de fermentaciones del suero normal y desproteinizado con control de pH	30
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIONES	34
VII. LITERATURA CITADA	35
VIII. ANEXOS	36
1 Obtención de suero normal	35
2 Obtención de suero desproteinizado	35
3 Análisis de varianza	39

ÍNDICE DE CUADRO.

No.	Título	
		Pág.
1	Composición química del suero.....	16
2	Producción mundial de queso.....	
17		
3	Cultivos liofilizados	
21		
4	Promedio de la producción del ácido láctico en porcentaje, de la fermentación de suero normal y desproteinizado	
26		
7	Promedio del comportamiento de pH de la fermentación de suero normal y desproteinizado	
27		
8	Promedio de la determinación de lactosa en suero normal y Desproteinizado, fermentado y sin fermentar	
28		
7	Porcentajes de conversión de glucosa de la fermentación del Suero normal y desproteinizado.....	
29		

ÍNDICE DE FIGURAS.

No	titulo	
Pág.		
1	Fermentación homoláctica	7
2	Fermentación heteroláctica	
9		
3	Cinética de fermentación de suero normal y desproteinizado a 40°C/24hrs	
25		
4	Comportamiento de pH de la fermentación de suero normal y desproteinizado a 40°C/24 hrs	
27		
5	Cinética de producción de ácido láctico con control de pH 5.5 del suero normal	
30		
7	Cinética de producción de ácido láctico con control de pH 5.5 del suero desproteinizado	
31		

RESUMEN

En los últimos años, en la industria alimentaria, se ha venido incrementado significativamente el uso de conservadores de origen microbiano, a partir de productos de desecho como alternativas de soluciones a problemas ambientales, económicos y tecnológicos.

El suero de queso es un efluente de difícil manejo y un poderoso contaminante, que presenta excelentes nutrientes, con un sinfín de usos. El suero, es una materia prima para la obtención de metabolitos mediante el proceso de fermentación. Es por ello, el interés de evaluar la producción de ácido láctico a partir de este subproducto.

La composición de lactosa del suero obtenido, resulto similar a lo reportado en la literatura, (Zadow 1992).

En la etapa preliminar se realizaron tres fermentaciones sin control de pH. El suero fue pasteurizado a 85°C/15 minutos, se llevo a

incubación a 40°C por 24 horas, monitoreando la producción de ácido láctico, el comportamiento de pH cada hora. Donde *Lactobacillus helveticus* (LH) en el suero normal fue notablemente mejor que el otro. Alcanzando un máximo de 9.5 gr/l a un pH de 4.02.

Posteriormente, se realizaron las fermentaciones finales con control de pH y respectivamente su determinación de lactosa y la conversión de glucosa. El que presentó mayor producción fue LH con suero desproteinizado con el 30.85 % de conversión de glucosa.

I INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas principales en las plantas de procesamiento de alimentos es la cantidad de agua de desecho producida continuamente. El agua se utiliza como ingrediente, como agente de limpieza, para los procesos de ebullición y enfriamiento, para el transporte y el acondicionamiento de materias primas. El flujo medio de agua residual producida por tonelada de productos lácteos es de 9-18 m³, similar al de la cerveza de 9-11,5 m³.

La industria de los lácteos genera residuos, olores y polvo. Las aguas residuales contienen azúcares, proteínas, grasas, residuos de aditivos. Estos agentes contaminadores implican especialmente una alta Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO de 0,8 a 2,5 kg/ton de leche, un Demanda Química de Oxígeno DQO alrededor de 1.5*DBO, un Total de sólidos suspendidos TSS de 100-1000 mg/l, un Total de sólidos disueltos TSD 10-100 mg/l alrededor del 5% de DBO de nitrógeno. (Lenntech 2006).

El suero de queso es un efluente de difícil manejo y un poderoso contaminante de las aguas por su alta demanda biológica de oxígeno. La contaminación de una planta productora de quesos es comparada con la contaminación que produciría una población de seiscientas personas. (González. 2004).

El extracto seco del suero se compone aproximadamente de un 70 % de lactosa. En el tratamiento de aguas residuales de las industrias lácteas, el 70 % de la demanda biológica de oxígeno, corresponde exclusivamente a las necesidades para desdoblar la lactosa. (Spreer. 1991).

Un uso importante del suero es la obtención de ácido láctico a partir de él a través de una fermentación con bacterias lácticas. Las especies mas importantes para esta fermentación son *Lactobacillus delbrueckii ss. bulgaricus* y *Lactobacillus delbrueckii ss. delbrueckii* y recientemente se ha empezado a utilizar al *Lactobacillus helveticus*. Esta fermentación se realiza normalmente con suero desproteinizado y entre 85% y 90% de la lactosa es convertido a ácido láctico en sólo 24 horas (García, Et. al. 2004).

El uso de compuestos acidulantes en la conservación y mejora de propiedades organolépticas en alimentos es extenso. Los ácidos que contienen uno o más carboxilos son aditivos alimentarios importantes. Estos ácidos, generalmente denominados ácidos orgánicos, son intermediarios o productos terminales de ciclos metabólicos básicos por lo tanto ocurren en una gran variedad de organismos vivientes. Tales compuestos incluyen: el ácido cítrico, málico, láctico, acético, tartárico, fumárico y glucónico (García, Et. al. 2004).

El ácido láctico tiene múltiples aplicaciones en la industria alimentaria como aditivo y conservador en productos cárnicos y lácteos, en la industria derivada de cereales y en numerosas industrias de bebidas (Anónimo 1).

JUSTIFICACION

Debido a la importancia del ácido láctico para la industria alimentaria, la contaminación que se produce en las plantas productoras de lácteos, el uso del agua y el aprovechamiento de la lactosa. El estudio va dirigido al buen aprovechamiento del suero como sustrato para la fermentación.

OBJETIVO GENERAL

- Fermentación el suero de queso para la obtención de ácido láctico.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar los cultivos de *Lactobacillus delbrueckii Subsp. bulgaricus* (Lb) y *Lactobacillus helveticus* (LH).
- Establecer los parámetros óptimos para la fermentación.
- Cuantificar el ácido láctico.
- Determinar la productividad de los dos cultivos.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 FERMENTACIONES ALIMENTARIAS.

2.1.1 FERMENTACIÓN.

La fermentación ha sido considerada durante muchos siglos como un arte, la elaboración de vino se practica desde hace mas de 10.000 años, los egipcios ya producían cerveza en los años 5.000-6.000 a. C. y también la elaboración de queso en los años 5.000 a. C. La fermentación se viene realizando desde hace aproximadamente 10.000 años antes de que se conociera la existencia de los microorganismos.

La palabra fermentación ha sufrido evoluciones, primero este término se utilizó para describir el burbujeo que se produce durante la vinificación, después del descubrimiento de Pasteur, la palabra paso a utilizarse para describir la actividad microbiológica y después la actividad enzimática.

2.1.2 DEFINICION.

La fermentación implica el uso de microorganismos para realizar transformaciones de materia orgánica, catalizadas por enzimas; es un proceso anaeróbico, o parcialmente anaeróbico, de oxidación de los hidratos de carbono.

2.1.3 MICROORGANISMOS EN LA FERMENTACION.

Los microorganismos tienen a su disposición, en la materia prima de origen, carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y otros nutrientes menores, degradando primero a los carbohidratos, después a las

proteínas y las grasas. El primer requerimiento de la actividad microbiana es la energía, por lo tanto, existe un orden de preferencia. Así pues también hay un orden de ataque entre los compuestos derivados del carbono, primero los azúcares, después los alcoholes y después los ácidos orgánicos.

Los microorganismos para el proceso de fermentación deben presentar tres características especiales:

- Deben desarrollarse rápidamente en un sustrato y ambiente adecuados, y ser fácilmente cultivados en grandes cantidades.
- Deben tener la capacidad de mantener constancia fisiológica, y producir fácil y abundantemente enzimas esenciales.
- Las condiciones ambientales requeridas para el máximo desarrollo y producción deben ser comparativamente simples.

Los microorganismos utilizados en las fermentaciones deben producir grandes cantidades de enzimas, que son las sustancias reactivas que controlan, las reacciones químicas en la fermentación.

2.1.4 TIPOS DE FERMENTACIONES ALIMENTARIAS.

Los productos derivados de la fermentación son muy variados, esto es debido al tipo de fermentación que se lleva a cabo, entre ellas se encuentran a las siguientes:

- Fermentación ácidoláctica, se divide en dos:
 - a) Fermentación homoláctica (industria láctea).
 - b) Fermentación heteroláctica (productos vegetales).
- Fermentación alcohólica.

La fase inicial de la fermentación homoláctica es, la glicólisis, vía de Embden-Meyerhof-Parnas, obteniéndose ácido pirúvico. La lactodeshidrogenasa actúa sobre el ácido, que cierra el ciclo oxidativo iniciado durante la glicólisis con la oxidación del gliceraldehído-3-fosfato a ácido 3-fosfoglicérico. (Figura 1). (Casp y Abril 1999).

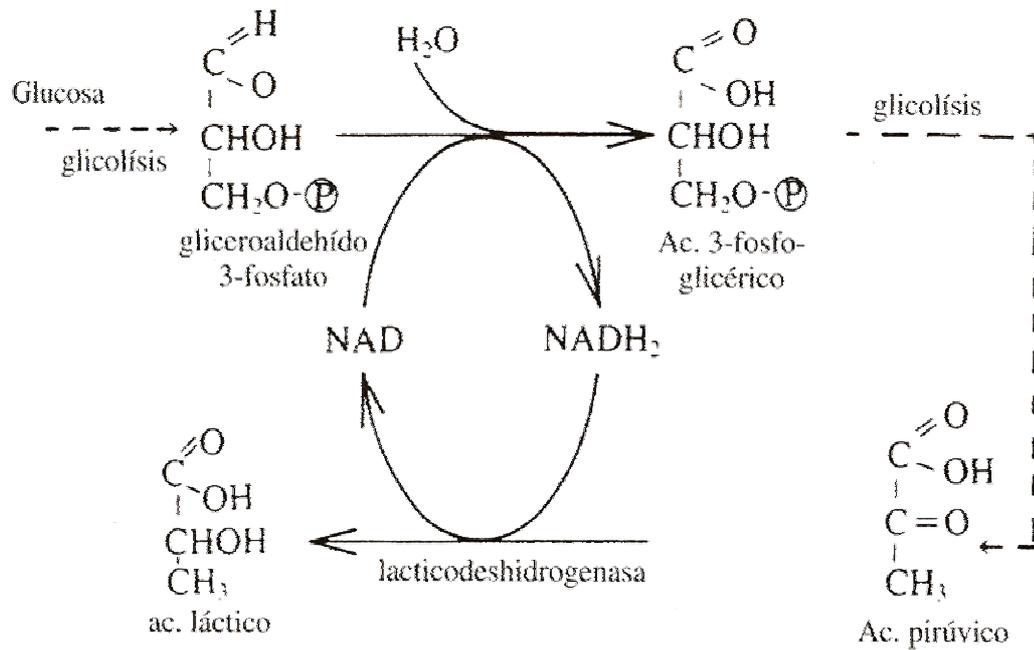


Fig. 1 Fermentación homoláctica.

En el balance energético de la fermentación se forman dos moléculas de ATP por cada molécula de azúcar metabolizada.

Se producen dos moléculas de ácido láctico por cada molécula de glucosa.

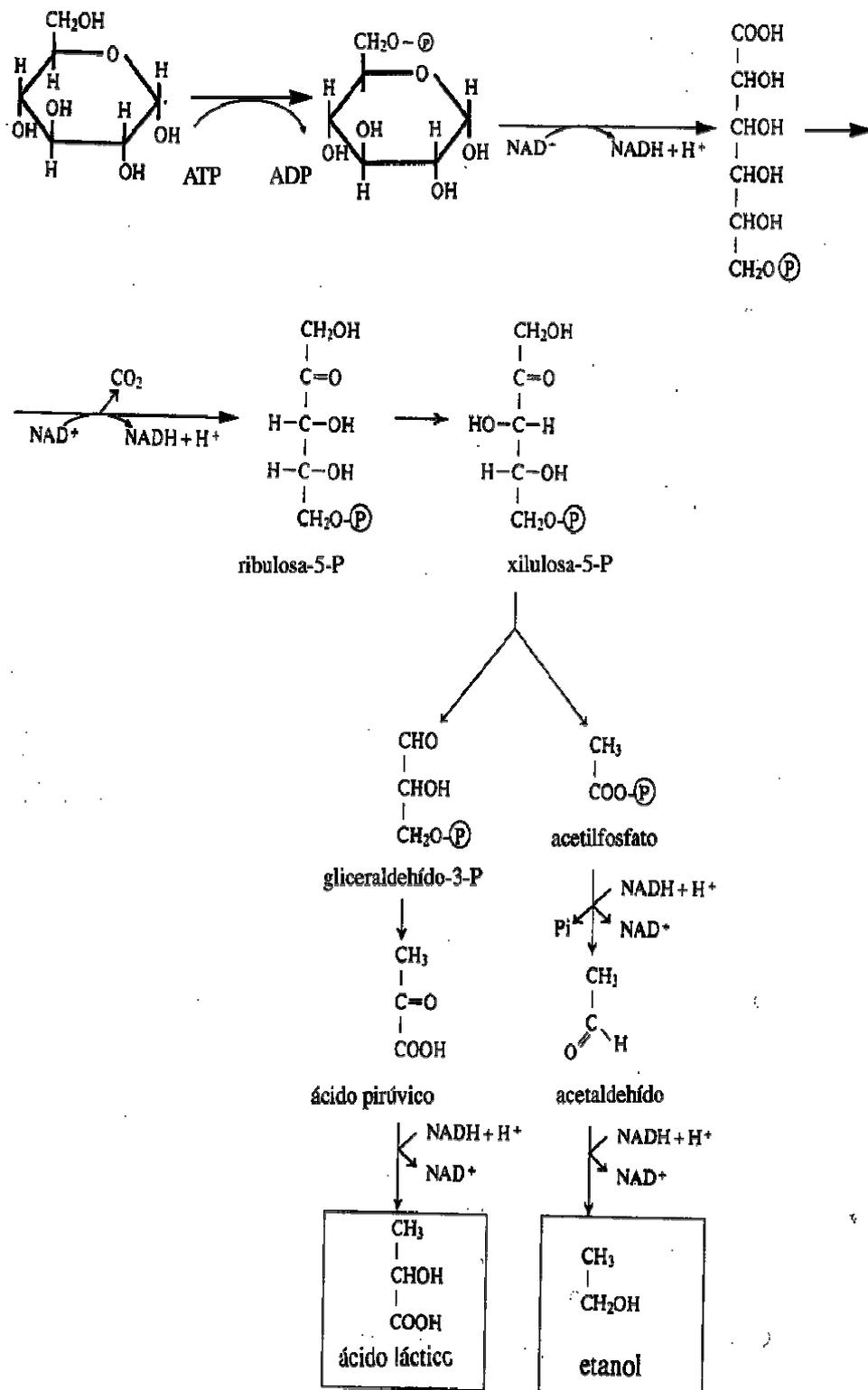


Fig. 2 Fermentación heteroláctica

2.2 BACTERIAS LACTICAS.

Las bacterias lácticas pertenecen a la familia *Lactobacteriaceae*, clasificadas por Orla Jensen en 1920. Los géneros más importantes son: *Streptococcus* y *Lactobacillus*. Los géneros restantes no fermentan la lactosa o lo hacen de una manera irregular, produciendo en poca cantidad ácido láctico.

Son gram +, catalasa -, esféricas o alargadas, inmóviles, no esporuladas. No poseen la citocromo-oxidasa.

Anaerobios facultativos o microaerófilos (soportan tensiones reducidas de oxígeno); con poco crecimiento en superficie, mayor en profundidad.

Exigentes en nutrición nitrogenada, requieren mezclas compleja de aminoácidos; vitamínica, especialmente de las vitaminas del complejo B; y sales minerales.

Los disacáridos (lactosa, sacarosa, maltosa) son mejores alimentos que las hexosas de las que están formados (glucosa, fructosa, galactosa) (Alais, 1980).

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS BACTERIAS

a) Grupo homofermentativo

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

I.- *Thermobacterium*.

(*Lactobacillus*).

- Bastoncitos alargados, asilados o en cadenas cortas.
- Termófilos (temperatura optima entre 40 y 50°C).
- Acidificantes muy enérgicos, hasta el 2.7 % de ácido inactivo o levógiro.
- Actividad caseolítica notable.

II.- *Streptobacterium*.

(*Lactobacillus*).

- Bastoncitos cortos, en cadenas.
- Temperatura optima hacia 30°C
- Acidificación muy lenta, pero acusada (1% y más), ácido inactivo o dextrógiro.
- Actividad caseolítica.

III.- *Streptococcus*

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

b) Grupo heterofermentativo

La producción de ácido es más débil; además del ácido láctico se forma otros ácidos, sustancias diversas y gas (CO₂).

IV.- *Bifidobacterium*.

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

V.- *Betabacterium*.

(*Lactobacillus*).

- Forman en bastoncito, producción de gas, de ácido succínico, etcétera.
- No actúan sobre la caseína. Ácido láctico inactivo.

VI.- *Betacoccus*

(*Leuconostoc*).

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

2.2.2 GÉNERO STREPTOCOCCUS.

Bacterias lácticas mesófilas homofermentativas pertenecientes al grupo serológico N. producen de 0.8 a 1 % de ácido láctico en leche tornasolada ya que tienen la mayor actividad reductora.

Estos *streptococos* son los agentes habituales de la coagulación de la leche abandonada a la temperatura ambiente; constituyen los fermentos lácticos cultivados entre 20° - 30°C, lo cual es zona de óptimo crecimiento. Se desarrollan aún a 10 ° C, o menos, pero no a 45 °C.

2.2.3 GÉNERO *LACTOBACILLUS*.

Tienen forma alargada; la relación longitud – diámetro es muy variable, acidifican la leche menos rápido que los estreptococos; en este género se encuentran los mayores productores de ácido láctico, hasta de 2.8 %. Los lactobacilos soportan hasta valores de pH de 3.5. SU actividad caseolítica es debida a la presencia de proteinasas activas. Sus usos industriales se extienden entre otros en las leches fermentadas y en productos vegetales (Alais, 1980).

2.2.3.1 *LACTOBACILLUS BULGARICUS*.

Iniciador termófilo, utilizado en combinación con otros microorganismos en los iniciadores destinados a la elaboración de yogurt y algunos quesos. Posee gránulos metacromáticos.

Thermobacterium grupo serológico E. produce ácido D (-) láctico. No produce amoniacos a partir de la arginina, no tiene capacidad de fermentar tantos azúcares como *lactobacillus lactis*. Puede fermentar la lactosa y celobiosa pero no la amigdalina, maltosa o manitol.

Requiere de vitaminas y aminoácidos como factores de crecimiento. La temperatura óptima de crecimiento es aproximadamente 40 °C. (Robinson 1987a).

2.2.3.2 LACTOBACILLUS HELVETICUS

Iniciador termófilo, utilizado en combinación con otros iniciadores en la elaboración de diferentes quesos. Colonias desde rugosas a rizoides, de 2-3 mm de diámetro y normalmente de color blanco a gris claro. No posee gránulos metacromáticos.

Thermobacterium, grupo serológico A. produce ácido DL láctico. No produce amoniaco a partir de arginina. Puede fermentar la lactosa, pero no a la amigdalina, manitol, salicina, sacarosa o celobiosa. Requiere medios complejos. Su temperatura óptima de crecimiento 40-42 °C. (Robinson 1987a).

2.3 SUERO DE LECHE

2.3.1 DEFINICION.

El suero de queso es el líquido resultante de la coagulación de la leche durante la elaboración del queso. Se obtiene tras la separación de las caseínas y de la grasa, constituye aproximadamente el 90% del volumen de la leche (García, Et. al. 2004).

2.3.2 CARACTERISTICAS

El suero, es un líquido color amarillento-verde, ligeramente pegajoso, que por su condición de producto líquido y perecedero dificulta su manejo, por lo cual debe procesarse pocas horas después de ser eliminado de la cuajada del queso para preservar su calidad, debido a la variabilidad en su composición, y esto dificulta su transporte y comercialización (Desrosier, 1997).

Según su acidez, el suero se divide en suero dulce (coagulación por cuajo) con pH mayor a 5.8, suero medio ácido con pH entre 5.8 y 5.0 y suero ácido (coagulación ácida) con pH menor a 5.0. En México se produce principalmente suero dulce y medio ácido (García, Et. al. 2004).

2.3.3 COMPOSICION QUIMICA DEL SUERO.

Su composición varia dependiendo de las características de la leche y de las condiciones del queso de que proceda, pero, en términos generales contiene: 4.9% de lactosa, 0.9% de proteína cruda, 0.6% de cenizas, 0.3% de grasa, 0.2% de ácido láctico y 93.1% de agua. Aproximadamente 70 % del nitrógeno total, corresponde a proteína cruda, la cual tiene un valor nutritivo superior al de la caseína, y es compuesta por la β -lactoglobulina, la α -lactoalbúmina, las inmunoglobulinas, la proteosa-peptona y las enzimas nativas; el resto lo forman aminoácidos, urea, creatina, amoniaco y ácidos nucleicos. Además, el suero contiene las vitaminas hidrosolubles de la leche, cuadro 1 (García, Et. al. 2004).

Cuadro 1. Composición química del suero

	Suero Dulce	Suero ácido
Acidez (pH)	5.6 – 6.1	4.7
Humedad (%)	93.2 – 93.6	93.2
Sólidos Totales (%)	6.8 – 6.4	6.8
Contenido de Sólidos (%)		
Lactosa	4.9 – 5.1	4.3 – 4.4
Proteína	0.8 – 0.9	0.8
Grasa	< 0.05	< 0.05
Ácido Láctico	0.2	0.5 – 0.6
Cenizas	0.6 – 0.7	0.8
Minerales (%)		
Calcio	0.05	0.10
Fósforo	0.05	0.08
Hierro	0.001	0.001
Potasio	0.16	0.14
Sodio	0.5	0.05
Vitaminas (mg/100g)		
Vitamina A	< 10	< 10
Tiamina	0.04	0.04
Riboflavina	0.16	0.14
Niacina	0.08	0.08
Ácido Pantoténico	0.40	0.40
Vitamina B ₆	0.03	0.04

Fuente: Zadov, 1992.

2.3.4 PRODUCCION DE SUERO.

La producción de suero esta relacionada directamente con la producción de queso, el rendimiento de queso es del 10% aproximado; por consiguiente el rendimiento de suero es del 90%. La Unión Europea es el principal productor de quesos seguido por los Estados Unidos. México ocupa el octavo lugar con una producción de 138,000 toneladas, por lo tanto; la cantidad de suero producido por las industrias lácteas es de 1'242,000 litros para el 2006. En la siguiente cuadro 2 se observa la producción de países productores de quesos, y su comportamiento en los 7 años anteriores.

Cuadro 2. Producción mundial de queso.

País/ año	Miles de toneladas							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Australia	320	373	374	413	368	389	376	395
Brasil	434	445	460	470	460	470	480	495
Canadá	329	328	329	350	342	305	307	308
E.U	3,581	3,746	3,747	3,877	3,881	4,026	4,145	4,275
Japón	35	34	34	36	35	35	37	38
México	126	134	140	145	126	134	136	138
Nueva Zelanda	245	297	281	312	301	308	300	295
Otros	990	999	1,050	1,017	990	1,099	1,181	1,229
Rusia	285	220	260	340	335	350	355	360
Unión Europea	5,290	5,861	5,865	5,993	6,100	6430	6,515	6,580

Total	10,781	11,619	12,540	12,953	12,938	13,546	13,832	14,113
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Fuente: Anónimo 2

2.3.5 IMPORTANCIA DE LA LACTOSA.

La lactosa es el carbohidrato más abundante de la leche; es un disacárido formado por una molécula de glucosa y galactosa constituye del 50 – 54%. Sirve como sustrato a bacterias presentes en el intestino del hombre, dando como productos los ácidos orgánicos. Para que la lactosa sea utilizada, deber ser hidrolizada por la lactasa. (Santos 1995). La lactosa en el suero constituye el 70% del extracto seco (Spreer. 1991), de acuerdo a la producción de suero se estima la cantidad de 869,400 toneladas de lactosa para el año 2006. El 70% de la demanda bioquímica de oxígeno corresponde para desdoblarse a la lactosa por lo tanto se necesita 1'593,900 Kg. de oxígeno; de la fermentación del suero se pueden producir solventes, ácido de grado alimentario, proteínas microbianas, enzimas, gomas, estabilizadores de alimentos antibióticos y energía (Zadow 1992)

2.3 ÁCIDOS ORGÁNICOS.

Los ácidos orgánicos usados en la industria de los alimentos son acético, atípico, fumárico, succínico, fosfórico, málico, cítrico, tartárico. La mayoría de estos ácidos están presentes en alimentos naturales de origen vegetal, como manzanas, plátanos, peras, papas y zanahorias.

Se encuentran abundantemente en los sistemas naturales donde desempeñan funciones muy diversas desde metabolitos intermediarios hasta componentes de sistemas tampón. (Fennema 2000). Las funciones de los ácidos son de amortiguador de pH, sinérgicos con los antioxidantes, depresores de la actividad de agua, previenen reacciones de oscurecimiento, saborizantes e inhibidores de crecimientos microbiano (Badui 1984).

2.4.1 ÁCIDO LÁCTICO

El ácido láctico fue descubierto en 1780 por Sheele como causante de la acidificación y consiguiente cortado de la leche. No fue sino hasta mediados del siglo XIX que Pasteur demostró que el ácido láctico es producido por microorganismos presentes en la leche (García, Et. al. 2004).

El ácido láctico fue el primer ácido orgánico manufacturado por fermentación, comenzando en 1880 utilizando tres especies de lactobacilos: *Lb. delbrueckii*, *Lb. leishmanni* y *Lb. bulgaricus*. Se realizaba a temperatura entre 45 – 50°C, utilizando hidrolizados de almidón preparados con enzimas o ácidos. (Lee 2000). La etapa limitante y costosa en su producción es su recuperación del caldo fermentativo y su posterior purificación para poder cumplir con las normas de calidad en usos alimentarios (García, Et. al. 2004).

La primera planta comercial fermentativa se creó en 1881. En este tiempo se sustituía los tartratos empleados en los polvos de repostería por lactato cálcico. A partir de esa fecha la producción de ácido láctico por fermentación adquirió gran importancia. Actualmente se produce a partir de azúcar de maíz, melazas y suero.

El mercado mundial se estima en 30,000 toneladas al año con 50% cubierto por el método de fermentación.

2.4.2 TIPOS DE ACIDO LACTICO.

El ácido láctico se presenta en dos formas ópticamente activas, los isómeros D (-) y L (+), y una forma ópticamente inactiva (mezcla racémica), DL. La configuración L (+) es la única asimilable por humanos

y animales. La forma D (-), no siendo tóxica, es meramente excretada, un consumo excesivo produce efectos adversos por acumulación en la sangre (García, Et. al. 2004).

2.4.3 USOS DEL ÁCIDO LÁCTICO.

Los usos del ácido láctico son numerosos como en la alimentación, en las fermentaciones, en la fabricación de productos farmacéuticos y en la industria química

Como acidificante, se emplea en confitería y fabricación de extractos, esencias y zumos de frutas, limonadas, jarabes, en el curado de la carne y en las conservas de pescado y vegetales, en los extractos de malta en la manufactura de cerveza, en la salmuera de la preparación de aceitunas, fabricación de levadura y en la fabricación de bebidas efervescentes.

En la industria química se emplea en el teñido de seda y otros textiles, como mordente en el estampado de la lana, en la preparación de cueros, en el decalado de pieles, en el curtido vegetal, y como fundente en las pastas de soldar.

También los lactatos tienen empleos importantes. El lactato cálcico se emplea en los polvos de repostería, en la panificación y en productos farmacéuticos. El lactato de hierro se emplea en farmacia; el lactato sódico para ayudar a retener la humedad en algunos productos, como el tabaco. El lactato de cobre es un agente muy importante en un nuevo proceso de electrodeposición de metales. (Prescott 1962).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 LUGAR

El estudio se efectuó en las instalaciones de los Laboratorios de Productos Lácteos del Departamento de Producción Animal y de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.2 SUERO NORMAL Y DESPROTEINIZADO

El suero normal y desproteínizado se extrajo de la fabricación de queso fresco (tipo panela), obteniéndose un rendimiento de 84 % de suero y el resto de queso y requesón. La leche fue obtenida de ganado lechero Holstein, del establo lechero de la UAAAN.

3.3 CULTIVOS INICIADORES

En el estudio se utilizaron dos tipos de cultivos liofilizados comerciales denominados Lb 4 y LH 0.91

Cuadro 3 Cultivos liofilizados empleados en la producción de ácido láctico a partir del suero lácteo.

CLAVE	ESPECIES	PROVEDOR
Lb 4	<i>L. delbrueckii, bulgaricus sp</i>	Cultivo Sacco lyofast
LH 0.91	<i>Lactobacillus helveticus</i>	Cultivo Sacco lyofast

3.4 MATERIALES

Se emplearon reactivos, cultivos comerciales y materiales de vidrio de uso común de laboratorio.

3.5 EQUIPO

- Autoclave All American, Modelo 1941-X
- Balanza semianalítica Ohaus, Modelo TS 120
- Incubadora Blue M, Modelo 100 A
- Potenciómetro Hanna, Modelo HI 991001
- Fermentador omni-culture, Modelo 207852

3.6 METODOLOGÍA.

3.6.1 Determinación de parámetros óptimos de fermentación.

Para determinar los parámetros óptimos se llevaron a cabo fermentaciones preliminares de suero normal y suero desproteínizado sin control de pH, se observaron las cinéticas de fermentación de producción de ácido láctico así como el comportamiento de pH, durante un periodo de 24 horas.

3.6.2 Cinéticas de fermentaciones del suero normal y desproteínizado con control de pH.

Posterior a la obtención de parámetros óptimos, se llevaron a cabo las fermentaciones finales. Para realizar la fermentación, se empleó suero normal y desproteínizado previamente pasteurizado y enfriado. Para la inoculación, se empleó un inóculo de Lb 4 y LH 0.91. Enseguida se incubó a 40 ° C durante un período de 24 horas controlando el pH a 5.5 con hidróxido de calcio al 10%. A cada hora se tomaron muestras para determinar la producción de ácido láctico, y elaborar su cinética de fermentación.

3.6.3 Determinación de lactosa en suero normal y desproteinizado fermentado y sin fermentar.

Después de la fermentación del suero, se llevó a cabo la determinación de lactosa. A continuación se menciona el método aplicado.

La lactosa se determinó por el método de Lane y Eynon. (Egan, Et. al 1993).

3.6.4 Conversión de glucosa.

Una vez determinada la lactosa, se llevó a cabo el cálculo de conversión de glucosa (CG) de la fermentación de suero normal y desproteinizado, para los dos cultivos empleados.

Para calcular CG se usó la siguiente fórmula (Serna 2005).

$$CG = 100 * (S_0 - S) / S_0$$

Donde:

S₀: Glucosa inicial (g/l)

S: Glucosa final (g/l)

3.6.5 Diseño experimental

El diseño experimental que se uso en el presente estudio, es el a continuación se menciona; (Olivares, 1994).

- Diseño completamente al azar con arreglo factorial (2X2)

Modelo Estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} +$$

Donde:

μ = Media general

α_i = Efecto de factor A en nivel i

β_j = Efecto de factor B en nivel j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción de A y B

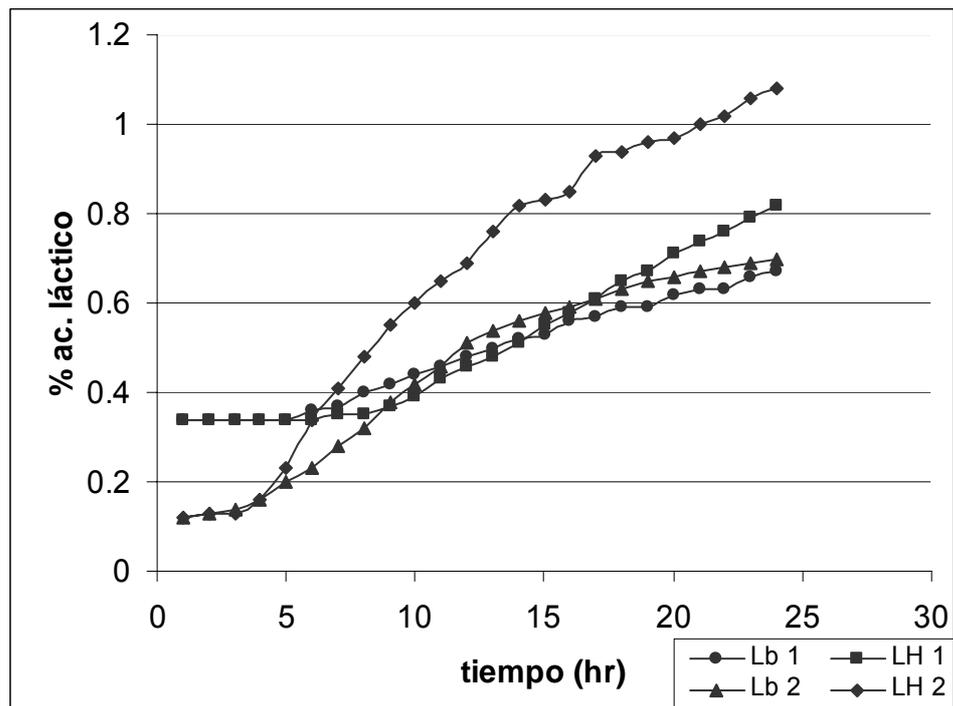
e_{ijk} = Error Experimental $\sim N(0, \sigma^2)$.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Determinación de los parámetros óptimos de fermentación.

En figura 3 Se muestran las medias de los valores obtenidos durante las cinéticas de fermentación del suero normal y desproteínizado con los dos cultivos empleados.

Figura 3 cinética de fermentación de suero normal y desproteínizado a 40 °C/ 24 hrs.



Lb 1 *L. delbrueckii subsp bulgaricus*. Suero desproteínizado.

Lb 2 *L. delbrueckii subsp bulgaricus*. Suero normal.

LH 1 *Lactobacillus helveticus*. Suero desproteínizado.

LH 2 *Lactobacillus helveticus*. Suero normal.

En el cuadro 4 Se muestran las medias, de la producción del ácido láctico en porcentaje, de la fermentación de suero normal y desproteínizado con los dos cultivos empleados.

Cuadro 4 Promedio de la producción del ácido láctico en porcentaje, de la fermentación de suero normal y desproteínizado.

	Lb	LH
Suero Normal	0.58 %	0.96 %
Suero Desproteínizado	0.33%	0.48 %

Lb *L. delbrueckii subs bulgaricus*.

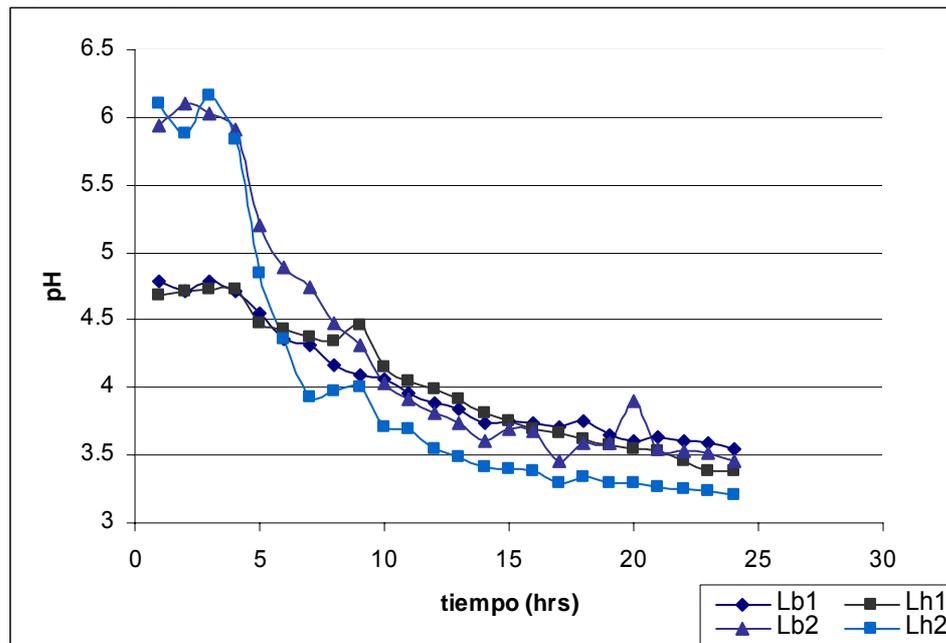
LH *Lactobacillus helveticus*.

De acuerdo al comportamiento de la producción de ácido láctico mostrado en la figura 3, el cultivo que presentó mayor velocidad de producción es *Lactobacillus helveticus* en suero normal obteniendo el 0.95% que corresponde a 9.5 gr/lit de ácido láctico a las 24 horas de fermentación. El cultivo que presentó menor producción fue *Lactobacillus delbrueckii* con el 0.33%, en suero desproteínizado.

Se observó que con suero normal se presenta mayor producción con los dos cultivos por el pH inicial del suero. En el caso contrario, se debe por la velocidad lenta de producción debido por el proceso de obtención de suero desproteínizado. El pH que presenta este suero dificulta al crecimiento de las bacterias.

En figura 4 se muestran las medias del pH de la fermentación del suero normal y desproteínizado.

Figura 4 Comportamiento de pH de la fermentación de suero normal y desproteínizado a 40 °C/ 24 hrs.



Lb 1 *L. delbrueckii subs bulgaricus*. Suero desproteínizado.

Lb 2 *L. delbrueckii subs bulgaricus*. Suero normal.

LH 1 *Lactobacillus helveticus*. Suero desproteínizado.

LH 2 *Lactobacillus helveticus*. Suero normal.

En el cuadro 5 se muestra el promedio del comportamiento del pH durante la fermentación de suero normal y desproteínizado

Cuadro 5 Promedio del comportamiento del pH de la fermentación de suero normal y desproteínizado.

	Lb	LH
Suero normal	4.28	4.02
Suero desproteínizado	4.02	3.99

Lb *L. delbrueckii subs bulgaricus*.

LH *Lactobacillus helveticus*.

De acuerdo con Prescott (1962), la fermentación transcurre de modo inmejorable cuando el pH esta dentro de la zona ácida pero cercano a la neutralidad, lo que tiende a producirse por la adición a la masa en fermentación de agentes neutralizantes. De acuerdo al comportamiento del pH mostrado en la figura 4, se determinó controlar la fermentación a un pH de 5.5. Se observó que la mayor velocidad de producción de ácido láctico se presentó durante la quinta y décima hora de fermentación, dentro de los pH entre 4.0 y 5.8. La velocidad de producción disminuye dentro de los pH de 4.0 y 3.0

4.2 Determinación de lactosa en suero normal y desproteínizado, fermentado y sin fermentar

En cuadro 6 Se muestran las medias de la determinación de lactosa en suero normal y desproteínizado, sin fermentar y de la fermentación con los dos cultivos.

Cuadro 6 Promedio de la determinación de lactosa en suero normal y desproteínizado, sin fermentar y de la fermentación.

Cultivo	Fermentación		Sin fermentar	
	Normal	Desproteínizado	Normal	Desproteínizado
<i>L. helveticus</i>	2.87%	3.21%	4.75%	4.65%
<i>L. delbrueckii</i>	2.77%	2.88%	4.18%	4.54%

De acuerdo con Zadow. (1992); no existe mucha variación con el resultado obtenido en el laboratorio con el método de Lane y Eynon. La concentración de azúcar se ajusta del 5 al 20%, según la naturaleza de la materia prima y las condiciones del proceso. Prescott (1962). La falta de micronutrientes como iones metálicos pueden ser requeridos como cofactores en las reacciones enzimáticas; y de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y sodio pueden limitar el crecimiento de las bacterias utilizadas Ghaly (2003)

4.3 Porcentaje de conversión de glucosa, de la fermentación del suero normal y desproteínizado.

En cuadro 7 Se muestran los porcentajes de conversión de glucosa de la fermentación del suero normal y desproteínizado.

Cuadro 7 Porcentajes de conversión de glucosa de la fermentación del suero normal y desproteínizado

Suero	LH	Lb
Normal	39.99	33.72
Desproteínizado	30.85	36.45

Lb *L. delbrueckii subs bulgaricus*

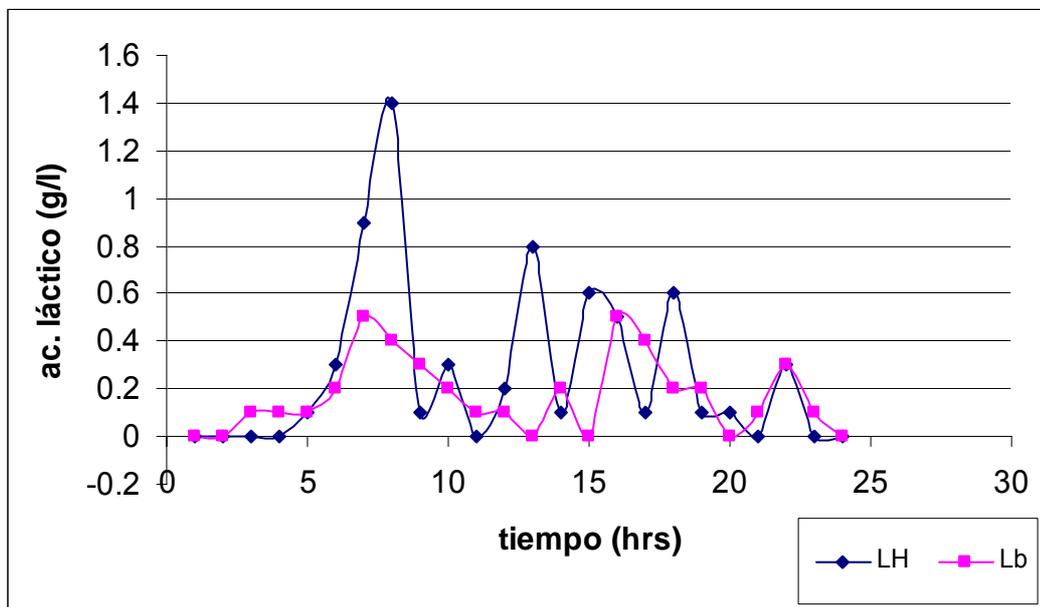
LH *Lactobacillus helveticus*

El porcentaje de conversión es baja respecto a la literatura, cuando se adiciona diferentes tipos de nutrientes en concentraciones de 5, 10 y 15 g/l, se observa un 92.0% de conversión después de 24 horas. Ghaly (2003); debido por la concentración de lactosa natural del suero ya que en esta investigación no se esta adicionando nutrientes y azúcar como método de aceleración de la fermentación.

4.4 Cinéticas de fermentaciones del suero normal y desproteinizado con control de pH.

En figura 5 Se muestra el promedio de las cinéticas de fermentación de la producción de ácido láctico con pH controlado del suero normal.

Figura 5 Cinética de producción de ácido láctico con control de pH 5.5, del suero normal.



Lb *L. delbrueckii subs bulgaricus*.

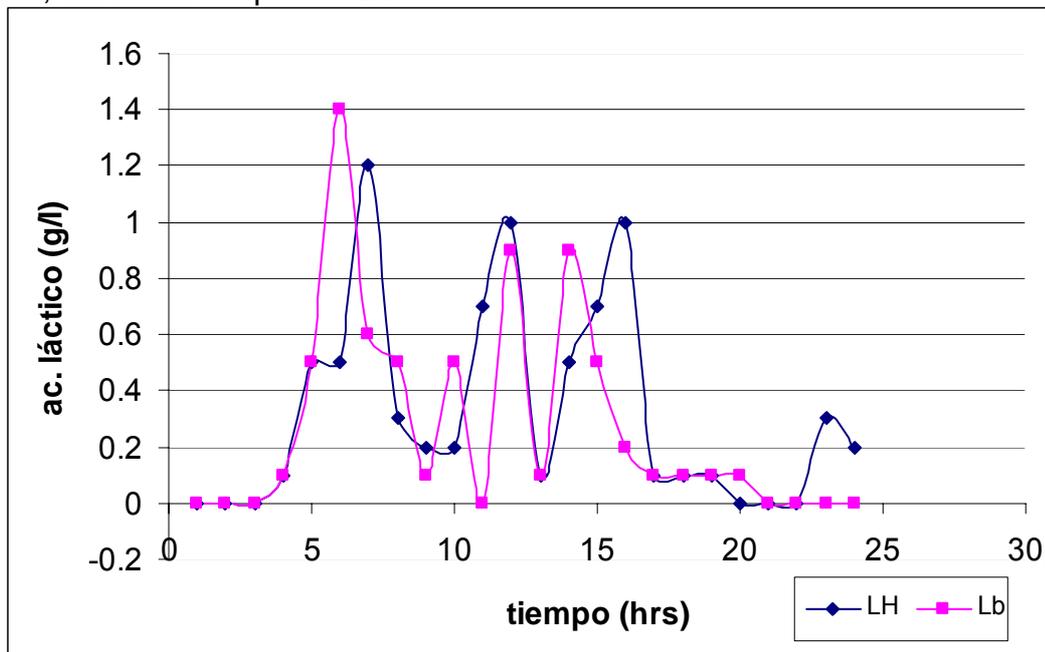
LH *Lactobacillus helveticus*.

Por otro lado, de acuerdo al resultado obtenido del análisis de varianza (anexo 3), se mostró que no hay diferencias entre las medias de los tratamientos, es decir, que no hay diferencias de producción de ácido láctico entre los tratamientos, con un coeficiente de varianza (C.V) de 24.07%. Después se utilizaron las graficas de producción de ácido láctico para concretar cual es el tiempo en que hay más producción, que se aprecia en figura 5, en el que se observa que en el suero normal, con *Lactobacillus helveticus* presentó la mayor velocidad de producción a la octava hora de fermentación con 1.4 gramos de ácido láctico, a las 24 horas de fermentación se obtuvieron 6.5 gr/l con el 39.99 % de

conversión de glucosa. Con *Lactobacillus delbrueckii* su velocidad es mas lenta, por lo tanto, es menos productivo con 0.5 gr/l de ácido láctico a la séptima hora de fermentación, a las 24 horas de fermentación se obtuvieron 4.1 gr/l. con el 33.77% de conversión de glucosa.

En figura 6 Se muestra el promedio de las cinéticas de fermentación de la producción de ácido láctico con pH controlado del desproteínizado.

Figura 6 Cinética de producción de ácido láctico con control de pH 5.5, del suero desproteínizado.



Lb *L. delbrueckii* subs *bulgaricus*.

LH *Lactobacillus helveticus*.

De acuerdo al resultado obtenido del análisis de varianza (anexo 3), mostró, que no hay diferencias de producción de ácido láctico entre los tratamientos, con un coeficiente de varianza (C.V) de 24.07%. Después se utilizaron las graficas de producción de ácido láctico para concretar cual es el tiempo en que hay más producción, que se aprecia en figura 6, en el que se observa que el suero desproteínizado, *Lactobacillus delbrueckii* presentó mayor velocidad de producción a la sexta hora de fermentación con 1.4 gr/l de ácido láctico igual que con

Lactobacillus helveticus en suero normal, a las 24 horas de fermentación se obtuvieron 6.7 gr/l mayor que *Lactobacillus helveticus* en la fermentación con suero normal, con una conversión de glucosa de 36.45% menos que *Lactobacillus helveticus* en suero normal. Con *Lactobacillus helveticus* la mayor velocidad de producción ocurre en la séptima hora de fermentación con 1.2 gr/l de ácido láctico, a las 24 horas de fermentación se obtuvieron 7.8 gr/l.

V CONCLUSIONES

- a) El suero, por su contenido de lactosa es uno de los mejores sustratos para el proceso de fermentación para la obtención de ácido láctico.
- b) Se mostró que la fermentación con suero normal utilizando LH sin control de pH presentó una mayor producción de ácido láctico, comparado con el otro cultivo y suero, bajo las mismas condiciones.
- c) El pH óptimo de fermentación para los dos cultivos es de 5.5 ya que es el parámetro donde las bacterias presentan mayor velocidad de producción. Si caen dentro de los pH de 4.0 y 3.0 su velocidad de producción disminuye lentamente.
- d) Se mostró que la fermentación con suero desproteínizado utilizando LH con control de pH se obtuvo la mayor producción de 7.8 gr/l a las 24 horas de fermentación. Por lo tanto es el más productivo con solo el 30.85 % de conversión de glucosa.

VI RECOMENDACIONES

En relación a los resultados obtenidos en la presente investigación, se resalta la importancia de la lactosa del suero en dar nuevas alternativas, sobresaliendo entre ellos la obtención de metabolitos por fermentación, con la finalidad de aprovechar al máximo sus componentes y disminuir la contaminación.

Por otro lado, también es importante realizar fermentaciones con adición de aceleradores de fermentaciones como cofactores.

Se recomienda hacer pruebas de fermentación al utilizar cultivos mixtos o microorganismos modificados genéticamente, para la producción de ácido láctico. Así como, aplicaciones en alimentos de humedad intermedia.

VII LITERATURA CITADA

Alais Ch, (1980), Ciencia de la leche: principios de técnica lechera., Ed. Compañía Continental, S. A. de C.V., pág, 270-297

Anónimo 1 (en línea) (16 febrero del 2006)

[www. Aeripro.com/congreso_.PDF](http://www.Aeripro.com/congreso_.PDF)

Anónimo 2 (en línea) (14 mayor del 2006)

www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comestargr.html

Badui D, S (1984), Química de los alimentos, Ed, alambra Mexicana, S.A, México D.F, pág 326.

Casp y Abril, (1999), Procesos de conservación de alimentos. Edit. Mundi-Prensa, Madrid, España, pág. 93-111

Egan, Et. al, (1993), Análisis químicos de alimentos de pearson, Ed, CECSA, pág 162, 453.

Fennema R, O, (2000), Química de alimentos, 2 da Edicion, Ed, Acribia, S. A, Zaragoza, España, pág 909,

García, Et. al, (2004), Biotecnología Alimentaria. Edit Limusa, D, F. México, pág, 197

González, V, M, (2004), Evaluación in vivo de bebidas prebióticas preparadas a base de suero en población infantil, Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah.

Ghaly. A, E (2003), Enhanced lactic acid production from cheese whey with nutrient supplement addition. Journal of scientific research and development FP 02 009. pág 2

Lee B, H (2000), Fundamentos de biotecnología de alimentos, Ed, Acribia, S. A, Zaragoza, España, pág 289

Lenntech., (2006), Reciclaje del agua en la industria alimentaria y de bebidas. Carnilac industrial, 21(1): 30-32.

Multon J. L., (2000), Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias, 2 da Edición, Ed, Acribia, S. A, Zaragoza, España, pág 234, 235

Olivares S, E, (1994). Paquete de diseños experimentales, FAUANL, versión 2.5, facultad de agronomía uanl, Marín, N.L.

Prescott C, S (1962), Microbiología industrial, Ed, Aguilar S, A, Valencia, España, pág 345, 326

Robinson R. K., (1987a), Microbiología lactológica: Microbiología de la leche, Vol 1, Ed, Acribia, S. A., Zaragoza, España, pág 55

Santos. M, A (1995), Química y bioquímica de los alimentos. Universidad autónoma Chapingo, México, pág 312

Serna, C L (2005), lactic acid production by a strain of Lactococcus lactis subs lactis isolated from sugar cane plants, Electronic Journal of biotechnology ISSN: 0717-3458, Vol 9 No.1

Spreer E. (1991), Lactología industrial, Ed. Acribia S. A, 2da. Edición, Zaragoza, España, pág. 527-548.

Zadow, J,G, (1992), Whey and lactose processing. Ed. Elsevier applied science, New York, USA, pág. 68, 139

VIII ANEXOS.

1. Obtención de suero normal.

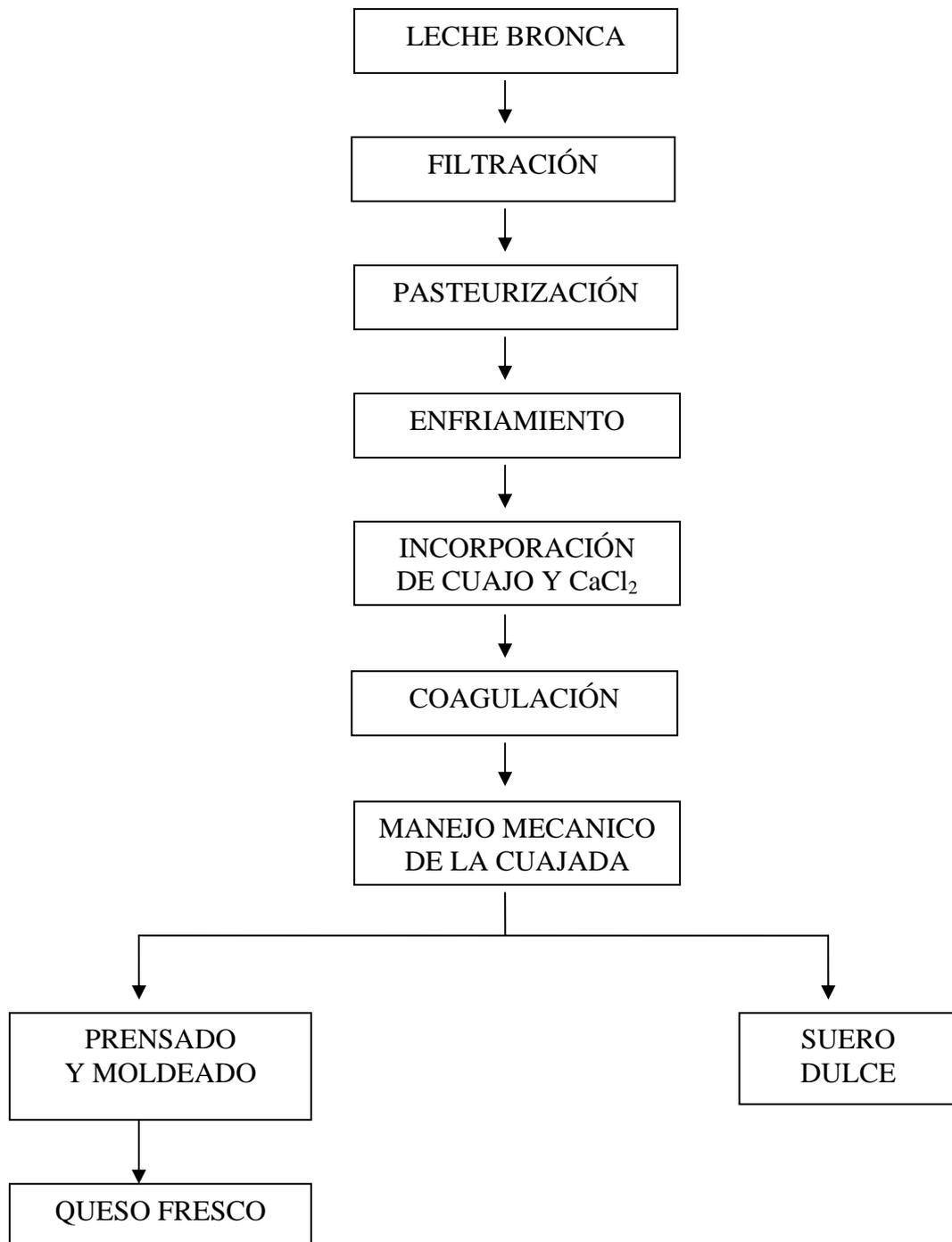


Figura No. 1 Diagrama de flujo de elaboración de queso fresco

2. Obtención de suero desproteínizado

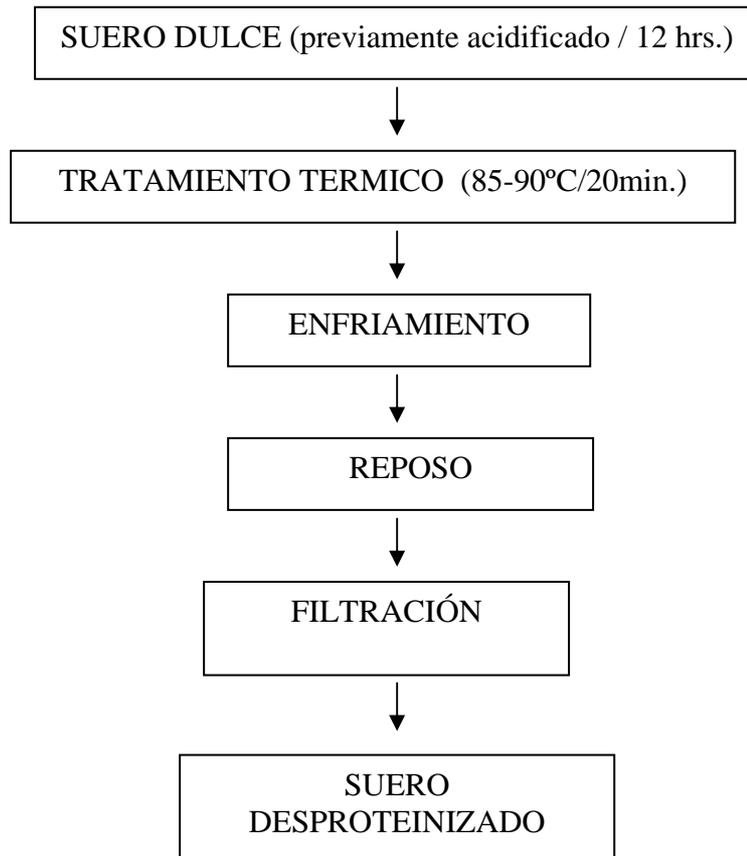


Figura No.2 Diagrama de flujo de obtención de suero desproteínizado.

3. Análisis de varianza.

Resultados promedio obtenidos de las cinéticas de fermentaciones finales del suero normal y desproteínizado con los dos cultivos.

	LH 1	Lb 1	LH 2	Lb 2
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0.1	0	0
4	0	0.1	0.1	0.1
5	0.1	0.1	0.5	0.5
6	0.3	0.2	0.5	1.4
7	0.9	0.5	1.2	0.6
8	1.4	0.4	0.3	0.5
9	0.1	0.3	0.2	0.1
10	0.3	0.2	0.2	0.5
11	0	0.1	0.7	0
12	0.2	0.1	1	0.9
13	0.8	0	0.1	0.1
14	0.1	0.2	0.5	0.9
15	0.6	0	0.7	0.5
16	0.5	0.5	1	0.2
17	0.1	0.4	0.1	0.1
18	0.6	0.2	0.1	0.1
19	0.1	0.2	0.1	0.1
20	0.1	0	0	0.1
21	0	0.1	0	0
22	0.3	0.3	0	0
23	0	0.1	0.3	0
24	0	0	0.2	0
Total	6.5	4.1	7.8	6.7

LH 1 *Lactobacillus helveticus* normal

Lb 1 *Lactobacillus delbrueckii* desproteínizado

LH 2 *Lactobacillus helveticus* normal

Lb 2 *Lactobacillus delbrueckii* desproteínizado

Análisis de varianza de los dos cultivos

Variable: ácido láctico. (gr/l)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Factor A	1	3.644958	3.644958	1.3703NS	0.307
Factor B	1	3.644989	3.644989	1.3703NS	0.307
Interacción	1	3.125031	3.125031	1.1748NS	0.341
Error	4	10.640045	2.660011		
Total	7	21055023			

NS: No hay diferencias.

C.V.=24.07%

