



# **APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL LACTOSUERO**

**CINDY PAOLA TÁMARA CASTRO**

**Autor**

**M.Sc. MARGARITA ARTEAGA MÁRQUEZ**

**Directora**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**BERÁSTEGUI**

**2015**

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar a Dios por darme la oportunidad de concluir esta etapa de mi vida con éxito, por la maravillosa familia y por todos esos seres queridos que has puesto en mi camino.*

*A toda mi familia, en especial a mis madres, por ser el pilar central en mi vida, porque sin tu esfuerzo, trabajo y apoyo constate, no lo habría logrado. Y a mi hermano Elkin Tamara por su afecto y apoyo incondicional.*

*A los que directa e indirectamente contribuyeron en el desarrollo de este trabajo. Especialmente con mucho respeto y admiración a mi directora Margarita Arteaga, por darme la confianza de trabajar bajo su dirección, por el apoyo, por el entusiasmo y por la orientación en el trabajo.*

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORES**

El jurado calificador de esta revisión bibliográfica no será responsable de las ideas emitidas por los autores. Artículo 46 del Acuerdo 006 de Mayo de 1979, Consejo Directivo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DEL TEMA .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>LACTOSUERO .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Generalidades .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Tipos de lactosuero .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Composición química del suero.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>Proteínas del lactosuero.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.5.</b>	<b>Problema ambiental generado por el lactosuero.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.6.</b>	<b>Aplicaciones tecnológicas en el uso del lactosuero.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.</b>	<b>APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL LACTOSUERO...</b>	<b>28</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Elaboración de bebidas refrescantes y fermentadas a partir del lactosuero.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Elaboración de bebidas energizantes a base de lactosuero.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>Elaboración de yogurt funcional.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.4.</b>	<b>Obtención de compuestos orgánicos o medios de cultivo.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.5.</b>	<b>Producción de etanol.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.6.</b>	<b>Elaboración de dulces a partir de lactosuero .....</b>	<b>48</b>

<b>3.2.7.</b>	Aprovechamiento del suero ácido para la elaboración de queso y quesillo .....	52
<b>3.2.8.</b>	Elaboración de productos panificados con lactosuero.....	55
<b>4.</b>	CONCLUSIONES.....	62

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química del lactosuero según FAO.....	17
<b>Tabla 2.</b> Composición comparativa entre el lactosuero dulce y ácido.....	18
<b>Tabla 3.</b> Requisitos fisicoquímicos generales del lactosuero.....	19
<b>Tabla 4.</b> Requisitos microbiológicos del lactosuero.....	19
<b>Tabla 5.</b> Proteínas del suero de leche y sus propiedades.....	22
<b>Tabla 6.</b> Algunos usos del lactosuero en alimentos u otros.....	27

## RESUMEN

El lactosuero obtenido en la producción de queso, es un tema de interés desde hace mucho tiempo, al conocer su gran aporte de lactosa, proteínas solubles (  $\beta$  lactoglobulina,  $\alpha$  lactalbúmina, seroalbúmina, inmunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidasa, glicomacropéctido), lípidos y sales minerales; que al no ser tratado adecuadamente se convertiría en un gran contaminante ambiental, pues cada litro de lactosuero genera aproximadamente una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 40,000 mg/L a 60,000 mg/L.

La utilización de lactosuero como materia prima principal combinada con otras, demostrará grandes oportunidades de nuevos productos, que aparte de convertirse en un nuevo alimento, aportará a la dieta un gran valor nutricional.

Esta monografía se enfocó en analizar los diferentes artículos relacionados con el aprovechamiento industrial del lactosuero, demostrando su funcionalidad, evitando así su desperdicio y contaminación ambiental.

**Palabras claves:** lactosuero, alimento, lactosa, minerales, contaminante.

## ABSTRACT

The whey obtained in cheese production, is a subject of interest for a long time, to know its great contribution of lactose, soluble proteins ( $\beta$ -lactoglobulin,  $\alpha$ -lactalbumin, serum albumin, immunoglobulins, lactoferrin, lactoperoxidase, glicomacropéctido), lipids and salts minerals; which, if not treated properly can become a major environmental contaminant, for every liter of whey generates approximately one Biochemical Oxygen Demand (BOD) of 40,000 mg / L to 60,000 mg / L.

The use of whey as the main raw material combined with others, demonstrating great opportunities for new products, apart from becoming a new food, furnish to the diet of great nutritional value.

This paper is focused on analyzing the different items related to the industrial use of whey, demonstrating its functionality, thus waste and pollution.

**Keywords:** whey, food, lactose, minerals, contaminant.



## 1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país la producción de leche y sus derivados ha generado gran importancia, debido a su gran aporte de nutrientes esenciales para salud. El queso es uno de los productos lácteos más apetecidos, del cual se genera inevitablemente una gran cantidad de suero (aproximadamente el 83% del volumen de leche usado) (Bermejo 2010).

El suero es definido como un líquido obtenido tras la precipitación y separación de la caseína de la leche durante la elaboración del queso y constituye aproximadamente el 85% - 90% del volumen de la leche (González 2010), cuyos componentes principales como la lactosa, calcio, sales minerales y proteínas lacto-séricas de bajo peso molecular solubles en su punto isoeléctrico son retenidas en un 55%, ya que no reaccionan con el cuajo (Caro 2011).

Se calcula que en Europa se producen 75 millones de toneladas anuales de lactosuero, 27 en América del Norte y 8 en otras áreas del mundo, lo que resulta en un total de 110 millones de toneladas de este valor, el 45% se desechan en ríos, lagos, entre otros, provocando problemas de contaminación ambiental. El porcentaje restante es tratado y transformado en varios productos alimenticios, de los cuales cerca del 45% es usado directamente en forma líquida, 30% en polvo, 15% como lactosa y sub-productos, y el resto como concentrados de proteína de lactosuero (Gil 2009).

En el año 2010, según Agrocadenas uno de los observatorios del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia la Federación Ganaderos (Fedegan), la producción de leche en Colombia, para el año 2009 fue de 6024 millones de litros (su participación fue de un 10% del PIB, dentro del sector de alimentos), de los cuales, aproximadamente un 18% (1.084 millones de litros) se destinó a la producción de quesos y un 9% (542 millones de litros) a leches fermentadas, lo que quiere decir que la producción nacional de lactosuero, correspondió a 921.672 millones de litros aproximadamente.

Considerables esfuerzos han sido realizados en el pasado para explorar nuevas alternativas para la utilización de lactosuero y reducción de la contaminación ambiental. Entre los productos de exitosa aceptación debido a sus bajos costos de producción, grado de calidad alimenticia y aceptable sabor, se encuentran las bebidas refrescantes, bebidas fermentadas, y alcohólicas, proteína unicelular, biopelículas, producción de ácidos orgánicos, concentrados de proteínas, derivados de lactosa entre otros (Parra 2009).

Partiendo de lo anterior nace el objetivo de esta monografía, donde se analizaron las diferentes investigaciones realizadas en cuanto al aprovechamiento de este subproducto lácteo, conociendo así los diferentes productos alimenticios que se han obtenido y los que están en miras al futuro, generando de esta forma un valor agregado a los mismos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar los diferentes artículos relacionados con el aprovechamiento industrial del lactosuero para la obtención de nuevos productos.

### **2.2. OBJETIVOS GENERALES**

- 2.2.1.** Estudiar la composición y aporte nutricional que se derivan del lactosuero.
- 2.2.2.** Investigar los nuevos productos que se realizan a base del lactosuero.
- 2.2.3.** Determinar los beneficios que generan la utilización del lactosuero para la elaboración de nuevos productos.

### **3. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. LACTOSUERO**

##### **3.1.1. Generalidades**

Son muchas las definiciones que ofrecen diferentes autores acerca del concepto de lactosuero, siendo una de estas la aportada por Morales (1992), quien define al suero de leche como un líquido amarillento resultante tras la separación de gran parte de la caseína y la grasa durante la elaboración de diferentes productos lácteos, y representa un 83 % del volumen total de la leche tratada. Por otro lado Foegeding y Luck (2002) lo define como la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso.

Panesar *et al* (2010) expresaron su definición como un subproducto del queso y a diferencia de Morales (1992) asegura, que éste representa alrededor del 85 a 90 % del volumen de la leche procesada y retiene cerca del 50% del total de los nutrientes que contiene la leche, entre estos nutrientes se pueden mencionar lactosa, grasas, sales minerales y proteínas solubles. Similar a esto, Parra (2009) lo define como un subproducto líquido obtenido después de la precipitación de la caseína durante la elaboración del queso; conteniendo principalmente lactosa, proteínas, minerales, vitaminas y grasa.

El lactosuero es un producto altamente diluido y sus características organolépticas y fisicoquímicas pueden variar según el tipo del lactosuero (dulce o ácido) o lo que es igual el tipo de procesamiento del queso (Aider *et al.* 2009; Fernández *et al.* 2009), la fuente de la leche (vaca, cabra, búfalo, oveja, etc.), la alimentación del animal, la época del año y el estado de lactancia (Valencia 2009).

Anteriormente, este subproducto se describía como un contaminante ambiental, ya que al ser vertido al medio ambiente sin ningún tipo de tratamiento para contrarrestar el alto contenido en componentes proteicos y azucarados repercutía en la calidad de las aguas, generando altas tasas de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) y DQO (Demanda química de oxígeno) (FAO 2009). Después de diversas investigaciones se ha cambiado la mentalidad del suero lácteo, el cual no constituye un sustituto integral de la leche de vaca por ser una fracción de la misma, pero contiene nutrientes y compuestos con potenciales beneficios nutricionales y de salud convirtiéndose éste en un componente importante para la fabricación de otros productos (SUBAME 2009).

Sobre la producción de lactosuero existe muy poca información estadística, lo cual puede deberse básicamente al poco interés que había sobre el mismo y su aprovechamiento, incluso el desinterés que aún se sigue presentando sobre él como materia prima (Guizhong y Jing 2010).

En forma general Callejas *et al.* (2012) Estiman que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 Kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de lactosuero, lo cual representa cerca del 85 – 90% del volumen de la leche, que contiene

alrededor del 55% de sus nutrientes; es decir que el volumen de lactosuero es aproximadamente 7 a 10 veces mayor que el queso producido, según su variedad.

Sin embargo Almécija (2009) citado por Martínez *et al.* (2013), expresa que la distribución de la producción de lactosuero en el mundo en el año 2008 fue: Europa 53 %, América del Norte y central 28 %, Asia 6 %, África 5 %, Oceanía 4 %, América del Sur 4 %, anualmente estos porcentajes representan 110-115 millones de toneladas métricas de lactosuero producidas a nivel mundial a través de la elaboración de queso. En el caso de Colombia para el año 2012, se presentó una producción de 10 millones de kilogramos de queso comercializado, en los Departamentos de Antioquia y Cundinamarca, de donde se produjeron aproximadamente 90.000.000 L de lactosuero (Martínez *et al.* 2013).

Para Nicorescu *et al.* (2009) los 110-115 millones de toneladas métricas de lactosuero producidas a nivel mundial, el 45 % se desechan en ríos, lagos y otros centros de aguas residuales, o en el suelo, lo que representa una pérdida significativa de nutrientes ocasionando serios problemas de contaminación (Parra 2009). El porcentaje restante es tratado y transformado en varios productos alimenticios, de los cuales cerca del 45 % es usado directamente en forma líquida, 30 % en polvo, 15 % como lactosa y subproductos, y el resto como concentrados de proteína de lactosuero.

### **3.1.2. Tipos de Lactosuero**

Según el tipo de coagulación de la caseína empleada en la fabricación quesera, se genera lactosuero dulce o lactosuero ácido (Codex-Alimentarius 1995). De la coagulación enzimática se obtiene el lactosuero dulce, con un pH próximo al de la leche fresca, que por la estabilidad en su composición es el más empleado en la industria, a diferencia del lactosuero ácido, que resulta de una coagulación ácida o láctica.

Para Jelen (2003), Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos.

Así mismo, la resolución 2997 de 2007 define el lactosuero dulce como el producto lácteo separado de la cuajada tras coagulación enzimática de la leche, crema, leche desnatada o descremada obtenido del proceso de elaboración de quesos. Y la definición del lactosuero ácido como el obtenido durante la elaboración del queso, la caseína y sus derivados, mediante la separación de la cuajada tras la coagulación ácida de la leche, crema, leche desnatada o descremada. La coagulación se produce por acidificación natural o adición de ácidos orgánicos.

Por otro lado González (2010) define al suero dulce como aquel obtenido por coagulación enzimática utilizando para ello un cuajo de procedencia animal, como la renina de ternero o bien un cuajo microbiano de tecnología genética. El suero ácido se obtiene por la acidificación natural de la leche o por la fermentación de la leche, debido a la flora bacteriana existente en ella y la obtenida por la adición de ácidos

Según la NTE-INEN 2594 (2011) el lactosuero, o suero de leche, ácido es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, La coagulación se produce, principalmente, por acidificación química y/o bacteriana. Por su parte el lactosuero, o suero de leche, dulce es el aquel lactosuero en el cual el contenido de lactosa es superior y la acidez es menor a la que presenta el suero de leche ácido.

Finalmente Pintado *et al.* (2012) define el suero dulce como la fase acuosa que se separa de la cuajada en el proceso de la elaboración del queso o la caseína, de color amarillo verdoso con un pH entre 5.8-6.6 y Riera *et al.* (2004) el suero ácido como el que se produce en las industrias lácteas cuando la coagulación se lleva a cabo con un ácido, disminuyendo el valor del pH hasta 5.1.

Cada una de las estas definiciones se asemejan en sus aclaraciones desde su obtención hasta el rango de pH que se manejan en cada una de estas, lo que permite explicar claramente este concepto.



### 3.1.3. Composición química del suero

La composición química varía dependiendo del tipo de leche que se utilice y los procedimientos que se apliquen durante la elaboración del queso. En la Tabla 1 se muestran datos proporcionados por la FAO (2009).

**Tabla 1.** Composición química del lactosuero según FAO

COMPONENTE	%
Agua	93
Sólidos totales	7
Lactosa	4.9 -5.1
Materia grasa	0.3
Cenizas o sustancias minerales	0.6
Proteína total	0.9
Proteínas y materiales nitrogenados no coagulables	0.4

**Fuente:** FAO (2009)

De igual forma, en la Tabla 2 se muestran datos reportados por otros autores que informan sobre la composición del lactosuero dulce y ácido como son: Panesar *et al.* (2007), Miranda (2009) y Laguna (2011).

En la tabla 2 Miranda (2009) refleja los resultados correspondientes a uno de sus trabajos, donde se investigaron las diferencias composicionales de las variedades ácida y dulce del lactosuero, comparando un número considerable de muestras. En total se procesaron 20 muestras, 10 de ellas de lactosuero dulce y las restantes 10 de lactosuero ácido.

**Tabla 2.** Composición comparativa entre lactosuero dulce y ácido

Componente	Unidad	Panesar <i>et al</i> , 2007		Miranda 2009		Lagua 2011	
		Lactosuero dulce	Lactosuero ácido	Lactosuero dulce	Lactosuero ácido	Lactosuero dulce	Lactosuero ácido
pH		5.6 – 6.1	4.3 -4.7	6.620	4.220	6.0-6.6	4.3-4.7
Acidez	%	-	-	0.080	0.320	-	-
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	-	-	1.025	1.024	-	-
Materia seca	%	-	-	6.410	6.400	-	-
Grasa	%	0.2 -0,7	0.2 – 0.6	0.330	0.330	0.2-0.7	0.4
Proteína bruta	%	0.6 -1.0	0.6 -0.8	0.960	0.940	0.8-1.0	0.8-1.0
Lactosa	%	4.60 -5.2	4.4 – 4.6	4.670	4.100	4.5-5	4.5-5
Calcio	%	0.4-0,6	0.4 -0.6	0.530	0.510	-	-
Fósforo	%	0.1 -0.3	0.2 – 0.4	0.330	0.310	-	-
Humedad	%	-	-	-	-	93-94	94-95

**Fuente:** Varios.

En estos resultados, los investigadores anteriormente mencionados pudieron observar diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros de pH, acidez y Lactosa entre los dos tipos de lactosuero; concluyendo que estas diferencias se deben muy seguramente a la adición de bacterias ácido lácticas en el proceso de producción por vía ácida del queso, lo cual implica el consumo de la lactosa, el aumento de la acidez y la disminución del pH, con respecto a los valores obtenidos en el lactosuero dulce. En cuanto a los resultados de proteína bruta mostrada, se muestran diferencias significativas debido al método utilizado por cada uno de ellos, siendo más riguroso y preciso el dado por Laguna 2011. Por otra parte según el CODEX STAN 289-1995 y la Resolución Colombiana 2997 de 2007, se establecieron los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos del lactosuero en polvo como puede observarse en la tabla 3 y 4.

**Tabla 3.** Requisitos fisicoquímicos generales del lactosuero.

Requisitos	CODEX STAN 289-1995		Resolución Colombiana 2997 de 2007	
	Suero en polvo		Suero en polvo	
	Min	Max	Min	Max
Lactosa, % (m/m)	61,0	70,0	61,0	75,0
Proteína láctea % (m/m)	7,0	10,0	10,0	15,0
Grasa láctea, % (m/m)	0,2	2,0	0,2	2,0
Ceniza, % (m/m)	9,5	15,0	7,0	14,0
Acidez titulable, expresada como ácido láctico % (m/m)	.....	....	.....	4,0
Humedad % (m/m)	4.5	5	1,0	8,0

**Fuente:** Varios

**Tabla 4.** Requisitos microbiológicos del lactosuero.

Criterios microbiológicos de rutina	n	m	M	c
Recuento total de microorganismos mesofilos/g.	3	1000	10.000	1
NPM Coliformes totales/ g.	3	Menor 3	11	1
NPM Coliformes fecales / g.	3	Menor 3	--	0
Recuento de Hongos y Levaduras/g.	3	100	500	1
Recuento Stafilococo coagulasa positiva/g.	3	Menor 100	100	1
<i>Bacillus cereus</i> /g.	3	100	1000	1
Salmonella/25g.	3	0	--	0
Esporas de Clostridium de sulfito reductor/g	3	100	1000	1

**Fuente:** Resolución 2997 de 2007

Dónde: n: número de muestras a analizar, m: índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad, M: índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad y C: número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

### 3.1.4. Proteínas del suero

El suero representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas, que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, las proteínas del suero suponen alrededor del 20 % de las proteínas de la leche de vaca (Pescumma *et al.* 2008). Sin embargo para Laguna (2011), estas proteínas representan aproximadamente el 40% de las proteínas de la leche.

Estos dos autores concuerdan en la distribución de estas proteínas en el porcentaje general del lactosuero:

- a) **Albúminas:** es la más abundante, en la leche equivale al 15 % del total de las proteínas y 75 % de las proteínas del lactosuero, entre estas tenemos:  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, Seroalbúmina
- b) **Globulinas:** estas proteínas presentan una actividad inmunológica importante y representan del 10 al 12% de las proteínas solubles.
- c) **Fracción proteasa-pectosa:** representan alrededor del 10% de las proteínas del suero, heterogéneas y difíciles de precipitar.
- d) **Proteínas menores:** estas representan menos del 5 % de las proteínas del suero, por lo que se hace muy difícil clasificarlas, entre estas tenemos la transferrina o proteína roja, la lactolina y las proteínas de la membrana del glóbulo graso.

La mayoría de las proteínas del lactosuero,  $\beta$ -lactoglobulina y  $\alpha$ -lactoalbúmina, contribuyen a las propiedades funcionales de los ingredientes de proteínas (Flett y

Correding 2009), dentro de estas propiedades se tienen la solubilidad, hidratación, emulsificación, textura y consistencia, formación de espuma, y propiedades de gelificación de las proteínas de lactosuero (Spellman *et al.* 2009; Nicorescu *et al.* 2009).

Estas propiedades permiten ser usadas como ingrediente para varios propósitos en la industria alimenticia. La fracción proteica compuesta por  $\beta$ -lactoglobulina y  $\alpha$ -lactoalbúmina compuesta por un 70 % del total de las proteínas son responsables de las propiedades de emulsificación y formación de espuma en soluciones de lactosuero. Sin embargo, la fracción menor compuesta por inmunoglobulinas (13 %), lactoferrina (3%), albumina de suero bovina (5%), fracción peptona- proteasa, y enzimas pueden influir significativamente en la funcionalidad del lactosuero (Aider *et al.* 2009).

En la tabla 5, se encuentran algunas de las proteínas del lactosuero descritas por los anteriores autores, pero definidas según el criterio de Martínez (2009) evaluando de esta forma las propiedades nutritivas, tecnológicas y biológicas.

**Tabla 5:** Proteínas del suero de leche y sus propiedades

Fracción proteica	Propiedades			Uso potencial
	Nutritivas	Tecnológicas	Biológicas	
<b><math>\alpha</math>-lactoglobulina</b>	Riqueza en triptófano		Regula la síntesis de lactosa. Fuente de cerotomina	Leche para recién nacidos
<b><math>\beta</math>-lactoglobulina</b>	Antialérgico para los bebés	Retención del agua. Poder gelificante		Alimentos enriquecidos en proteína
<b>Seroalbúminas</b>		Gelificante Espumante Emulsificante	Transporte de hormonas, esteroides	Alimentación humana, mezcla con otras proteínas
<b>Lactoferrina</b>			Agente bacteriostático, absorción de Fe	Suplemento alimenticio para enfermos
<b>Lactoperoxidasa</b>			Catálisis de la producción de bactericidas	Prolongación de la duración de la vida de los alimentos
<b>Inmunoglobulina</b>			Formación del hueso y del cartílago	Nutrición y farmacia
<b>Proteasas-peptonas</b>			Formación del hueso y del cartílago	Nutrición y farmacia

**Fuente:** (Martínez 2009)

### 3.1.5. Problema ambiental generado por el lactosuero

El queso es un producto fundamental de la industria destinándose para su elaboración el 63 % de la producción nacional de leche, aparte de esto se obtiene como subproducto lactosuero en volúmenes significativamente altos (Valencia y Ramírez 2009) , convirtiendo su proceso como el más importante al momento de evaluar los aspectos medio ambientales asociados por su contenido en lactosa, grasa, proteínas,

minerales, vitaminas responsables de los elevados valores de demanda biológica de oxígeno (DBO) y de demanda química de oxígeno (DQO) presentes en el mismo (González 2011). Por otro lado Cuellas (2008) y Miranda (2009) opinan que por cada kg de queso, se producen aproximadamente 9 litros de lactosuero, desechado casi en su totalidad, incrementando los niveles de contaminación.

Este gran contenido de nutrientes del lactosuero produce aproximadamente 3,5 Kg de DBO y 6,8 Kg de DQO por cada 100 Kg de lactosuero producido, valores de 5,0 Kg de DBO y 10 Kg de DQO se obtienen al tener aumento en las pérdidas de finos por defectos de coagulación siendo la lactosa la responsable de un 70 a 80 % de los valores obtenidos (Gil 2009); la transformación de 100.000 litros de leche / día en quesos genera una contaminación equivalente a una población de 55.000 a 65.000 habitantes (Riquelme 2010).

Según Donoso *et al.* (2009) la producción de lactosuero a nivel mundial genera más de 145 millones de toneladas por año, siendo aproximadamente la mitad del producido descartado al ambiente sin tratamiento. Similar a esto opina Guerrero *et al.* (2012) donde especifican que sólo una parte de lactosuero producido es aprovechado adecuadamente, aproximadamente el 47% de las 115 millones de toneladas de lactosuero producido a nivel mundial son desechadas al ambiente sin tratamiento previo, lo que además de ocasionar un gran daño ecológico, también representa una pérdida significativa de recursos. Se estima que, en términos de composición y de valor energético, los sólidos del lactosuero son comparables a la harina de trigo (357 Kcal/100 g) (Lagua 2011).

Por lo tanto es conveniente que se haga una revisión sobre los usos potenciales del suero aplicando procesos industriales que se centren en la eliminación de agua, recuperación de sales minerales, lactosa y proteínas generando por lo tanto el principio de que la utilización industrial del lacto suero va a depender del componente del mismo que se quiera aprovechar para evitar tener que desecharlo como efluente con el alto costo que esto representa (Herrera y Corpas 2012).

Todos estos procesos industriales realizados al lactosuero generan gran cantidad de inversión de capital (Donoso *et al.* 2009). La mayoría de las plantas lácteas no tienen sistemas de tratamiento apropiados para la disposición de lactosuero, lo cual genera su vertimiento al medio ambiente. Sin embargo es necesario la aplicación de estas tecnologías alternativas y así obtener gran cantidad de productos con propiedades nutricionales y funcionales útiles en la formulación y elaboración de alimentos, generando alto valor agregado a su proceso de recuperación evitando que este valiosísimo recurso se pierda (Valencia 2009). Aparte de esto, el buen uso del lactosuero evita la contaminación ambiental, al no ser vertido al medio, y sostiene una alimentación adecuada, al ser utilizados como ingredientes para la fabricación de otros alimentos seguros para quienes lo consuman (Rossner *et al.* 2010).



### **3.1.6. Aplicaciones tecnológicas en el uso del lactosuero**

Desde hace un par de décadas atrás la industria láctea tiene un derivado altamente contaminante, que se obtiene en el proceso de fabricación del queso cuando la fracción líquida de la leche se separa de la cuajada, denominado lactosuero, éste subproducto posee excelentes propiedades alimenticias derivadas de su contenido en lactosa, proteínas, vitaminas y sales minerales (Parra 2009). Debido a este contenido de nutrientes, es importante que las industrias del sector lácteo empleen el lactosuero como alimento que al mismo tiempo brinde aportes nutricionales para el humano (Chóez y Morales 2010).

El complejo proteico que contiene la leche es la fuente de materias primas para elaborar productos de mayor valor agregado y nutritivo para la salud humana y animal, usando nuevas tecnologías de procesos a partir de las nuevas aplicaciones que surgen de los avances en los conocimientos de la ciencias biológicas, es decir, tratar de usar el conocimiento que existe o se genera en los centros de investigación, más el de las empresas y el de la ciencia internacional, para generar nuevos productos y procesos o mejorar los existentes. Pero siempre teniendo la mirada desde el mercado, y sabiendo que en ese mercado que las empresas cubren, tienen necesidades nutricionales y de salud (González 2011).

Según Wendorff y Paulus (2011) las proteínas de lactosuero son usadas ampliamente en una variedad de alimentos gracias a sus propiedades gelificantes y emulsificantes,

siendo la  $\beta$ -lactoglobulina el principal agente gelificante, los geles de proteína de lactosuero pueden ser usados como hidrogeles de pH-sensitivos, el cual puede ser definido como una red tridimensional que muestra la habilidad de hincharse en agua y retiene una fracción significativa de agua dentro de esta estructura.

Por otra parte Bouzas (2010), determina que estas proteínas han favorecido propiedades funcionales como la solubilidad, la emulsificación, la retención de agua/grasa, el espumado, los espesantes y las propiedades de gelificación, además, de hacer del producto un interesante ingrediente alimenticio.

En la actualidad se utiliza lactosuero en la fabricación de alimentos lácteos (helados, yogur, untables), productos cárnicos (carne procesadas, embutidos), panificados (bases para pasteles, galletitas, barras nutritivas), productos de confitería (chocolates, coberturas, caramelos) y bebidas (mezclas con cacao, crema para café, bebidas para deportistas) (Keeton 2010).

En la tabla 6 se muestran algunos usos del lactosuero en alimentos y otros, según De Wit (1998) y Anesar *et al.* (2007).

**Tabla 6:** Algunos usos del lactosuero en alimentos u otros.

<b>Productos de panadería como croissants, tortas.</b>	Incrementar el valor nutricional, como emulsificante, reemplazar la adición de huevo, para dar cuerpo a la masa.
<b>Productos lácteos como bebidas fermentadas y quesos</b>	Valor nutricional, emulsificante, gelificante, mejorar propiedades organolépticas, mejorar consistencia, cohesividad.
<b>Bebidas como jugos de fruta, refrescos, bebidas achocolatadas, bebidas a base de leche</b>	Valor nutricional, solubilidad, viscosidad, estabilidad coloidal.
<b>Postres como barras de yogurt, helados</b>	Propiedades emulsificantes, dar cuerpo y textura a los productos.
<b>Confitería</b>	Como emulsificante y para facilitar el batido.
<b>Productos cárnicos</b>	Pre- emulsificante, gelificante, mejorar solubilidad.
<b>Alimentos nutricionales</b>	Alimentos de mayor valor nutricional y bajo costo, alimentos para deportistas, para personas adulto mayor, formulas nutricionales especiales para mantener peso saludable.
<b>Para concentrados de proteína</b>	Para productos alimenticios especiales, suplementos nutricionales, productos de panadería y confitería. Contiene aproximadamente 25-89% de proteína, 4-52% de lactosa y 1-9% de grasa.
<b>Para obtener aislados de proteína</b>	Para suplementos de proteína, bebidas y productos altos en proteína, Contiene aproximadamente 90-95% de proteína, 0,5-1% de lactosa y 0,5-1% de grasa.
<b>Para obtener hidrolizados de proteína</b>	Para fórmulas infantiles, productos para deportistas, productos nutricionales especiales. Contiene aproximadamente 80-90% de proteína, 0,5-1% de lactosa y 0,5-0,8% de grasa.
<b>Purificación de proteínas aisladas</b>	$\alpha$ lactoalbuminas, $\beta$ Lactoglobulinas, inmunoglobulinas, glicoproteínas como lactoferrina y lactoperoxidasa
<b>Fuente de compuesto bioactivos</b>	Péptidos y proteínas con potencial antihipertensivo, actividad antimicrobial, antioxidante, incremento de la saciedad, etc.
<b>Fuente de lactosa</b>	Compuesto transportador en productos farmacéuticos, componente de fórmulas infantiles, materia prima para la producción de derivados de lactosa: lactulosa, GOS, lactitol, glucosa.
<b>Fuente para extraer minerales</b>	Calcio, fósforo.

Fuente: Varios.

## **3.2. APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL LACTOSUERO**

### **3.2.1. Elaboración de bebidas refrescantes y fermentadas a partir del lactosuero**

Sobre este tema existen una serie de estudios que se han enfocado en diferentes características del producto final obtenido a partir del aprovechamiento del lactosuero como constituyente de las bebidas refrescantes.

Entre los estudios se pueden citar los realizados por Carrera (2010), Laguna (2011), Coto y Flores (2011), Martínez *et al.* (2013) y Guades *et al.* (2013) quienes evaluaron diferentes combinaciones entre pulpas y saborizantes de frutas con diferentes porcentajes de lactosuero.

Carrera (2010) evaluó las diferentes combinaciones de lactosuero (50 %, 65% y 75%), con saborizantes de frutas como son la uva, la naranja y la manzana. Los cuales fueron incorporados en la formulación tradicional de bebidas refrescantes.

Finalizando la parte experimental del estudio se concluyó que el efecto de la concentración de lactosuero y el tipo de saborizante sobre la aceptabilidad de la bebida refrescante posee una gran relevancia, siendo la más aceptable según los catadores, la bebida con sabor a uva y con un 50 % de dilución de lactosuero, la cual presento buenas características fisicoquímicas y microbiológicas, una vida útil de 52 días y un alto valor proteico.

Por otro lado Laguna (2011) mezcló diferentes proporciones de pulpa de maracuyá y lactosuero, donde evaluó la composición fisicoquímica y bromatológica del producto final, características sensoriales y pruebas microbiológicas. Para la preparación manejó las relaciones pulpa de maracuyá/lactosuero 60/40; 55/45 y 50/50.

Sobre el producto final después de haber realizado las diferentes pruebas, se encontró que no existe diferencia significativa entre el pH de los diferentes tratamientos; caso contrario a lo sucedido en los resultados de °Brix en donde se presentó diferencia significativa entre todos los tratamientos.

Con respecto a la aceptabilidad de las características organolépticas no se evidenció diferencias significativas, todas tuvieron aceptación dentro de los consumidores. Aun así el tratamiento de mayor aceptación general fue aquella en la que se usó la relación pulpa de maracuyá/lactosuero 45/50 y un 10% de sacarosa.

Un estudio similar a este fue realizado por Coto y Flores (2011), los cuales aparte de utilizar maracuyá en la formulación de la bebida refrescante, también estudiaron la combinación con fresa.

El lactosuero tratado térmicamente cumplió con todos los parámetros evaluados excepto con el recuento de mohos y levadura, esto puede ser causado por factores como son la humedad, siendo este un medio ideal para el crecimiento de éstos y además que el tipo de pasteurización puede permitir la sobrevivencia de esporas.

En base a las calificaciones del parámetro de sabor (acidez, dulzura) en el análisis sensorial realizado a la bebida de maracuyá, se

presentó una mayor calificación en comparación con la bebida de fresa, esto debido a su sabor ligeramente ácido lo que le brinda una sensación refrescante. Los costos de las bebidas de lactosuero y frutas naturales a nivel artesanal por litro, para la de fresa fueron mayores en comparación con la de maracuyá: concluyendo que la combinación ideal para esta investigación fue la de maracuyá con lactosuero.

Martínez *et al.* (2013), mostraron nuevamente la efectividad de adicionar pulpa de maracuyá en la elaboración de bebidas refrescantes y fermentadas. Dichos autores evaluaron sensorialmente una bebida hidrolizada y fermentada a base lactosuero y maracuyá (5, 7.5, 10, 12 y 15%). Las bebidas se prepararon a partir de suero de leche hidrolizada con la enzima  $\beta$ -galactosidasa y fermentada con cultivo de yogur (DVS).

Los resultados mostraron que la bebida con 10% de pulpa fue la preferida por los catadores, contrario a esto paso con la bebida con 5%. Con respecto a los demás porcentajes de pulpa no se encontraron diferencias significativas.

Guades *et al.* (2013) evaluaron bebidas refrescantes con diferentes niveles de suero de leche, frutas y verduras (fresa, anacardo, guayaba, guanábana, acerola, zanahoria y piña). De acuerdo a los resultados sensoriales (sabor, aroma, apariencia y calidad global), fisicoquímicos y económicos; se concluyó que la bebida refrescante con mayor aceptación, es la de sabor a guanábana con 50 % de lactosuero.

A parte de realizar bebidas refrescantes a partir de frutas, se han obtenido otro tipo de combinaciones como son los cereales, gramíneas y vitaminas; ejemplo de estas

mezclas son las ofrecidas por Bermejo (2010), Chóez y Morales (2010) y Vega (2012).

Mezclas de bebidas con cereales la muestra Bermejo (2010), quien evaluó diferentes niveles de harina de quinua (0%, 0.1%, 1.0%, 1.5%) con lactosuero. La variación de nivel de quinua 1.5% mostro los mejores resultados microbiológicos, fisicoquímicos y económicos, siendo la más aceptada por los catadores. En cuanto a los análisis microbiológicos la presencia de microorganismos mesofilos en todos los tratamientos fue evidente, cuando el producto fue fresco, valor que se incrementó al analizar a los 21 días, el mismo que permite manifestar que se reduce la calidad del producto.

Chóez y Morales (2011), elaboraron una bebida hidratante a base de lactosuero y enriquecida con vitaminas (Biotina, vitamina B1, B2, B3,B6, B9), siendo la bebida con el contenido de lactosuero del 10% la que se ajusta correctamente con los requerimientos de la norma base empleada en el estudio. Además en base a resultados obtenidos de las pruebas sensoriales; se tiene que la bebida con el porcentaje ya mencionado, agradó a los consumidores. Adicionalmente el precio de esta bebida fue menor, comparándola con otras marcas que lo comercializan, lo cual la hace competitiva en el mercado, brindando los beneficios y propiedades del lactosuero.

Vega (2012) realizo una bebida refrescante a partir de tres formulaciones, cada una de estas con proporciones diferentes de suero de leche dulce y avena molida Quaker. Una de estas formulaciones fue no fermentada con un 70% de lactosuero y 30% de avena, otra de ellas es fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus*

*delbrueckii* subsp.*bulgaricus* y la última formulación con *Sacharomyces cerevisiae* (60% de lactosuero y 40% de avena).

Los resultados sensoriales indicaron que el 46% de los panelistas mostró preferencia por la bebida no fermentada, la gran mayoría atribuía su gusto al sabor que le confiere la avena, destacaban cualidades como homogeneidad en el aspecto, consistencia viscosa, sabor agradable no hostigante, olor y color agradable. Con el 40% de aceptabilidad está la bebida fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, la misma que tiene características similares al yogurt, mientras que las características que presenta la bebida fermentada alcohólica no resultaron ser del agrado de la mayoría. En cuanto a la vida útil se determinó que las bebidas fermentadas conservaban sus características hasta los 21 días, lo cual no fue igual para la bebida no fermentada, disminuyendo su vida útil a 18 días.

Los resultados expuestos en cada una de las investigaciones realizadas por los autores anteriormente mencionados, nos demuestran la efectividad de utilizar el lactosuero como materia prima para la elaboración de bebidas refrescantes y fermentadas, las cuales muestran aceptabilidad en los parámetros fisicoquímicos, sensoriales, microbiológicos y económicos, generando de esta forma un nuevo producto con grandes oportunidades en el mercado. Además, el sabor del suero es compatible con el de las frutas, especialmente los cítricos, lo que permite la elaboración de bebidas que mezclen ambos ingredientes. De este modo, se combinan los beneficios nutricionales del lactosuero y las vitaminas presentes en las frutas.



### **3.2.2. Elaboración de bebidas energizantes**

El ejercicio físico no es más que un estrés metabólico, una señal a nuestra fisiología para adaptarse de una manera específica (Konrad y Kleinschmidt 2008). Los atletas competitivos deben someterse progresivamente a aumentos en el estrés de entrenamiento para lograr físicas y psicológicas adaptaciones que mejoran el rendimiento; sin embargo, estos aumentos en el estrés de entrenamiento pueden exceder la capacidad del atleta para adaptarse, lo que lleva a disminuciones en el rendimiento, lesión o presentan enfermedades.

La proteína del suero es un término colectivo que abarca una gama de fracciones solubles de proteínas encontradas en la leche. Sin embargo, las investigaciones sugieren que la proteína de suero de leche concentrada es ideal para las personas que participan en el ejercicio regular (García 2008).

Cuellas y Wagner (2010), quienes elaboraron una bebida energizante a partir del lactosuero, realizaron un proceso de hidrólisis de la lactosa presente al 80% y se formularon bebidas frutales. En esta investigación los sabores evaluados fueron Naranja, pomelo y frutilla.

Los resultados obtenidos mostraron la preferencia por la bebida energizante sabor a naranja, conduciendo de esta forma a una bebida energizante con 13 g de hidratos de carbonos, 1 g de proteínas, 54 mg de sodio y 1.5 mg de otros minerales por cada

100 mL de producto, representando un aporte de 56 kcal. Por su contenido de sales e hidratos de carbono se clasifica como una bebida isotónica.

Castro y Daza (2011) utilizaron suero lácteo, en la elaboración de una bebida isotónica, hidrolizada por la acción enzimática de la  $\beta$ -D-galactosidasa en glucosa y galactosa. La bebida se hizo a base de frutas, las cuales cumplen con los requerimientos de composición, calidad sensorial y costo, haciéndolas competitivas en el mercado.

Kumar y Singh (2012), realizaron una bebida energética instantánea de suero con sabor a mango para los deportistas, aplicando la metodología de superficie de respuesta para la optimización de la formulación de bebidas. Este producto fue preparado por un proceso de hidrólisis de la lactosa con inmovilización de la enzima  $\beta$ -galactosidasa (al igual que Cuellas y Wagner (2010)), aislada de la levadura *Kluyveromyces marxianus*. Se evaluaron atributos sensoriales como la apariencia, sabor, aroma, aceptabilidad general y viscosidad. Como conclusión de este trabajo se demostró que la bebida preparada era altamente apetecible y nutricionalmente adecuada para equilibrar la pérdida de energía, electrolitos y agua durante la realización de un trabajo agotador.

Kallora *et al.* (2012) llevaron a cabo un estudio para desarrollar una bebida energética probiótica a base de mango (35%, 40%, 45% y 50%, v / v) y lactosuero en polvo (25%, 20%, 15% y 10% v / v). Los resultados revelaron claramente que el

nivel de mango de 40% y 50% (v / v), con lactosuero de 25% y 20 % pueden ser utilizados para producir una bebida energética prebiótica con características de calidad aceptables, esto se debe a que las proteínas del lactosuero son una rica fuente de aminoácidos esenciales, los cuales se absorben de forma rápida y elevan los aminoácidos plasmáticos, de manera que proporcionan las bases para la preservación y la recuperación de la masa muscular permitiendo al deportista aumentar y recuperar las proteína del músculo en ejercicios de resistencia y, en consecuencia, una mayor ganancia de masa muscular, más fuerza y mejor rendimiento atlético.

La elaboración de bebidas energizantes a partir del lactosuero representa un proceso simple para la obtención de un producto de alto valor agregado, utilizando todos sus componentes. Esto lo reflejan las investigaciones anteriormente mencionadas, donde se muestra la elaboración, calidad de estas bebidas y su relación en la recuperación de células musculares. En general, estas bebidas están dirigidas a niños, deportistas y mujeres embarazadas; son productos formulados para mitigar la sed, restaurar músculos y proveer energía. El desarrollo de un producto con estas características resalta las propiedades intrínsecas del lactosuero y lo convierte en materia prima ideal para elaboración de este tipo de bebidas.

### **3.2.3. Elaboración de yogurt funcional.**

El lactosuero es un subproducto rico en péptidos bioactivos, micronutrientes y lactosa que pueden ser utilizados para la elaboración de diversos productos lácteos, como por ejemplo el yogurt, adición que ayuda a mejorar la salud de quienes lo consuman (Ruiz *et al*, 2012)

Jaros *et al.* (2008), Villegas (2011), Henriques *et al.* (2011), Alvarado (2012) y Marulanda (2012), quienes evaluaron la efectividad de adicionar varios niveles de suero de leche en la elaboración de yogurt.

Jaros *et al.* (2008) emplearon permeado de suero en polvo (como fuente de lactosa) al 25 y 30% en yogur con sabor a arándano. Estudiaron la sustitución de sacarosa por dos permeados de suero en polvo (fuente de lactosa) por separado. El primero fue suero, donde fue posible sustituir hasta el 25% antes de detectar diferencias sensoriales; y el segundo, suero nanofiltrado, cuya sustitución se incrementó al 30% por la menor cantidad de iones monovalentes de este permeado, factor que consideraron el limitante para la sustitución. En ambos casos, no se afectó el perfil de acidificación durante la fermentación. Los resultados del estudio muestran que es posible reducir 25 - 30% de la sacarosa en el yogur con sabor a arándano sobre una base de lactosuero dulce, mediante la incorporación de la proteína libre de lactosa - reducida, del lactosuero en polvo.

En el caso del estudio realizado por Villegas (2011), se evaluó el efecto de la adición de tres niveles de suero acidificado de queso (4, 8 y 12 %) en la elaboración de yogurt, frente a un tratamiento testigo sin lactosuero. En estas formulaciones se agregó el lactosuero directamente a la fórmula de yogurt.

Al producto final se le evaluaron propiedades fisicoquímicas (pH, % acidez, % grasa), análisis organolépticos (olor, sabor, color), análisis microbiológicos (*Escherichia coli*, mesófilos aerobios, levaduras y hongos) y la relación beneficio / costo. Los resultados no mostraron grandes fluctuaciones. La calidad organoléptica del yogurt no se vio afectada por la adición del suero de queso, manteniendo la capacidad de aceptación de los consumidores. En cuanto a costos, en nivel de adición del 12 % de lactosuero logró reducir 4 centavos de dólar por litro de yogurt producido, lo que se aumentó la rentabilidad al 74 %, por lo tanto fue escogido el yogurt con este porcentaje de lactosuero.

Henriques *et al.* (2011) estudiaron los efectos de la adición de concentrados proteicos de suero de leche bovino y ovino obtenidos de un proceso de ultrafiltración de membranas y tratamientos térmicos, en las propiedades bioquímicas, físicas y sensoriales de yogurt. Las propiedades de los yogures modificados fueron evaluadas durante su vida útil y se comparan con los yogures de la especie bovina y ovina convencionales. Se observaron valores más altos de dureza, adherencia y gomosidad para yogures convencionales, aunque la cohesividad, resistencia y elasticidad no variaron entre las formulaciones. A nivel sensorial no se encontraron diferencias entre el yogurt ovino convencional y el yogurt con concentrados proteicos. Sin

embargo, en el caso del yogur ovino se identificaron diferencias significativas, y este producto fue fuertemente penalizado en la prueba de preferencia. Los resultados revelaron que la adición de concentrados proteicos se puede utilizar en formulaciones de yogur, aumentando de esta forma el contenido de proteína y sólidos totales. La utilización de estos productos son muy atractivos debido a las condiciones de baja complejidad de procesamiento necesarias y menores costos de producción.

Alvarado (2012) realizó el proceso de extracción de péptidos bioactivos del lactosuero por medio de un proceso de hidrólisis, para ser adicionado en la formulación del yogurt, con el fin de reducir la presión arterial de los pacientes hipertensos. Este hidrolizado fue incorporado en dos fórmulas de yogurt funcional; uno de ellos fue elaborado con leche de cabra y sabor natural, el cual fue comparado con yogurt funcional con adición de mermelada de tomate de árbol aportando una acción antioxidante. Los panelistas demostraron una aceptabilidad del 51 % para el yogurt natural, mejorando para el yogurt con mermelada de tomate de árbol hasta un 71%. En cuanto al estudio clínico de los pacientes, se mostró que no se redujo la presión arterial de los hipertensos, pero si ayudo al control de la presión arterial sistólica y diastólica.

Marulanda (2012) elaboro una bebida fermentada tipo yogurt donde se evaluaron diferentes concentraciones de lactosuero (13%, 17%, 21%), fermentada con *Streptococcus salivarius ssp Thermophilus* y *Lactobacillus casei ssp casei*. Los catadores evaluaron características sensoriales como son el aroma, dulzor, acidez,

textura y su semejanza con el yogurt comercial. En el caso del yogurt con una concentración de 17 % de lactosuero, solo mostro una buena característica de aroma y dulzor; para una concentración del 21 % se revelaron mayores porcentajes de acidez. En el caso del yogurt con una concentración de 17% lactosuero se mostraron preferencias en todas las características evaluadas; aparte de eso la vida útil de este producto se evaluó a un promedio de 15 días en refrigeración, lo cual la hace competitiva en el mercado.

La utilización de lactosuero en la elaboración de yogures es una alternativa rentable, ya que gracias a su bajo costo, junto con sus buenas propiedades nutritivas y funcionales, pueden reemplazar la leche en polvo en sus formulaciones. Además, la adición del lactosuero mejora los atributos sensoriales, el sabor, la textura y la consistencia, adquiriendo una textura más suave y una mejor apariencia que los yogures fortificados con caseínas o leche en polvo desnatada; de igual forma aumenta la viscosidad, la firmeza y se reduce la sinéresis.

#### **3.2.4. Obtención de compuestos orgánicos o medios de cultivo**

En el mercado existen productos que incluyen al lactosuero como ingrediente, principalmente como medio para aumentar los sólidos lácteos a un bajo costo y, en menor grado, para aprovechar algunas de sus propiedades funcionales de las proteínas del suero, tales como, formación de espuma, retención de agua libre y espesante.

Debido a una continua actividad de investigación, se está logrando incrementar el número de aplicaciones funcionales y nutricionales, promoviendo así el empleo del lactosuero como ingrediente y como alimento funcional. (Bauman *et al.* 2010).

En las siguientes investigaciones se mostraran las diferentes probabilidades de obtener compuestos orgánicos y medios de cultivo del suero de la leche.

Riquelme (2010) y Camacho (2010) trabajaron en el desarrollo por ultrafiltración de un concentrado proteico a partir del subproducto en la elaboración de quesos: el suero lácteo. Los resultados mostraron que se obtuvo una remoción de permeado del 75 %, es decir una recuperación del 25 % de concentrado proteico. No fue muy lejano el dato obtenido por Riquelme en su análisis, ya que su recuperación de concentrado proteico fue del 21 %. La diferencia encontrada pudo ser registrada por el tamaño del poro de la membrana utilizada y la presión transmembranaria.

En el caso de Souza *et al.* (2012) realizaron la microencapsulación de las antocianinas bioactivas de arándano por medio de geles de proteínas de suero de leche. La microencapsulación es una posibilidad prometedora para estabilizar las antocianinas en los alimentos. En este estudio se muestra que por medio del método de emulsión de microcápsulas a base de proteínas de suero de leche tratado térmicamente, se puede aplicar la encapsulación de un extracto de arándano rica en antocianina. Para ello, una microcápsula formada a pH 1,5 fue favorable para la encapsulación de extracto de arándano debido a las interacciones perjudiciales observados entre las proteínas de suero de leche y compuestos de extracto de arándano a pH 3. Los



resultados de este estudio ayudarán a facilitar el desarrollo de una encapsulación innovadora a base de proteínas que utilizan el método de emulsión.

Otras de las investigaciones fue realizada por Vázquez *et al.* (2010); en este trabajo se evaluó el suero de queso como base para el desarrollo de un medio de cultivo de la cepa probiótica nativa *Lactobacillus paracasei*. Se ensayaron diferentes concentraciones de carbohidratos y se evaluaron los efectos del agregado de sales como sulfato de magnesio y manganeso, una fuente de nitrógeno y del prebiótico comercial goma de acacia.

Para efectos comparativos se realizaron cultivos en MRS, medio específico para bacterias lácticas. Los resultados obtenidos indican que el suero de queso con una concentración de carbohidratos de 70 g/L es un medio óptimo para el desarrollo de esta cepa. Tanto el agregado de sales como de fuente de nitrógeno y prebiótico producen mejoras importantes en la biomasa. En el balance de costos realizado, al comparar la formulación del medio con el incremento de la biomasa producida, se concluye que el suero de queso como único componente es el óptimo para el cultivo de la cepa probiótica.

Taron *et al.* (2012), utilizaron el lactosuero como sustrato para la producción de proteína unicelular por su contenido de lactosa, vitaminas, minerales y otras proteínas, a partir de la levadura *Kluyveromyces lactis* (microorganismo que puede ser utilizado como agente biológico en la producción por fermentación de proteínas de valor biológico en la alimentación animal). Los resultados generados muestran que

el lactosuero puede ser empleado eficientemente como sustrato en la producción de proteínas unicelulares.

Princely *et al.* (2013) aislaron y purificaron la  $\beta$  - galactosidasa de *Streptococcus thermophilus* crecido en 3 yogures utilizando como medio de comunicación el lactosuero, por medio de un proceso de fermentación. Esta es una enzima de gran importancia ya que evita la cristalización de la lactosa, mejora la dulzura, y aumenta la solubilidad del producto de leche. Por otra parte, se ha utilizado para producir productos alimenticios bajos de lactosa para personas de baja tolerancia a la misma. La enzima se purificó por proceso de diálisis y cromatografía de filtración en gel. Al final de esta investigación se mostró la eficiencia del lactosuero como sustrato para la producción de  $\beta$  - galactosidasa de *Streptococcus thermophilus*, que de otro modo podría ser un contaminante ambiental, contribuyendo así a una reducción en el coste de producción de esta enzima.

Por otro lado Cury *et al.* (2013) Evaluaron la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteinizado) utilizando *Lactobacillus casei.*, donde se evaluaron las concentraciones de biomasa celular, el consumo de lactosa y la producción de ácido láctico (AL) y se estimaron los parámetros cinéticos y estequiométricos. El lactosuero, entero y desproteinizado, se encontró dentro de los intervalos fisicoquímicos aceptables para su acidificación. El lactosuero entero con 15% de inóculo favoreció la acidificación, mostrando la mayor producción de ácido láctico; mientras el lactosuero desproteinizado mostró un mayor crecimiento microbiano, menor conversión de lactosa y menor producción media de AL.

Debido a una continua actividad de investigación, se está logrando incrementar el número de aplicaciones funcionales del lactosuero, ya que contiene nutrientes y compuestos con potenciales beneficios, nutricionales y funcionales. Entre estas tenemos la fuente de péptidos con actividad biológica (hipotensivos, antioxidantes, antitrombóticos e inmunomoduladores, entre otros), y nutricionales (como fuente de energía, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales), promoviendo así el empleo del lactosuero como ingrediente y como alimento funcional. Estos compuestos se pueden recuperar mediante operaciones sencillas como son la ultrafiltración, la nanofiltración, hidrólisis, entre otros.

### **3.2.5. Producción de etanol**

La leche por regla general sufre una fermentación láctica (la mayoría de los productos lácteos) que ayuda a la elaboración de algunas bebidas alcohólicas. El proceso es alimentado por la lactosa (azúcar natural de la leche) y por la enzima lactasa que segregan algunas levaduras específicas. La fermentación láctica y etílica es muy sensible a la temperatura y suele denominarse fermentación heteroláctica. Entre las bebidas lácteas que han sufrido una fermentación etílica se encuentra una bebida denominada kumis, que se elabora mediante la adición de sacarosa (caña de azúcar), a la leche pasteurizada y suele proporcionar bebidas de bajo contenido alcohólico que oscilan entre un 1 a 3 %; el microorganismo responsable de este proceso es el *Lactobacillus bulgaricus*. Se denomina a veces como: “vino de leche” y posee un aspecto grisáceo. En estas bebidas lácteas la fermentación láctica se produce al

mismo tiempo que la alcohólica, cooperando ambas en un complejo proceso interrelacionado (Singh 2011). El producto alcohólico se puede emplear en la elaboración de bebidas alcohólicas para consumo humano o bien en la obtención de etanol industrial (Binod *et al*, 2012).

Padin y Díaz (2009) aprovecharon el lactosuero como sustrato para llevar a cabo un proceso de fermentación alcohólica utilizando la levadura *Kluyveromyces fragilis*. Se estudió el efecto de la concentración inicial del lactosuero (7, 10, 15, 20 % p/p.), sobre la fermentación alcohólica por la levadura, evaluando los parámetros de la biomasa, consumo de azúcar, producción de etanol y rendimientos globales del proceso. El consumo de lactosa aumentó cuando la concentración inicial de lactosuero era más alta, pero, la lactosa residual fue mayor. La levadura dio lugar a mayor cantidad de etanol cuando la concentración de lactosuero fue mayor, sin embargo un aumento de esta, no reflejó un aumento en el rendimiento y productividad del proceso. En cada uno de los ensayos se utilizó la misma concentración celular inicial (inóculo) alcanzando un mismo aumento en la fase estacionaria independientemente de la creciente concentración de lactosa en el medio, evidenciándose una inhibición debido probablemente a la concentración máxima de etanol tolerado.

Estos autores recomiendan que para un proceso de fermentación alcohólica eficiente con lactosuero y *Kluyveromyces fragilis*, se utilicen bajas concentraciones de lactosa, menores a 15% (96 g/L de lactosa), para evitar que el proceso sea inhibido por etanol, y de esta manera, dar valor añadido a un subproducto considerado contaminante en la

industria alimentaria. Además se recomendó la utilización de técnicas de ingeniería de separación, que permita eliminar la inhibición por producto metabólico y mantener alta productividad de etanol.

Por otro lado Cholota *et al.* (2010) deciden aprovechar el lactosuero con el mismo fin de Padín y Díaz, obtener etanol. La diferencia de estos autores radica en las materias primas utilizadas; en esta nueva investigación se obtuvo etanol a partir de papa, zanahoria, remolacha y lactosuero. Donde aparte de analizar el efecto del lactosuero en la obtención de alcohol, también diseñaron, construyeron e hicieron pruebas de un sistema prototipo para esta producción. Este sistema de destilación de etanol se diseña, construye y se pone en funcionamiento, a fin de obtener un índice de producción por litro de fermento de cada uno de los productos analizados (papa, zanahoria, remolacha y lactosuero). Teniendo en cuenta en este experimento la parte de interés se puede decir que después de realizado los análisis al producto se obtuvieron los siguientes grados alcohólicos, papa 60, lactosuero 61, zanahoria 63, remolacha 65.

En el análisis de índice de producción se obtuvo que la remolacha es el de mayor porcentaje, con el 13.3%. Un porcentaje elevado de almidón en el residuo del fermento de papa, nos indica que aún podemos obtener más cantidad de etanol. Se debe realizar una hidrólisis cuando el mosto tiene una elevada cantidad de almidón antes de comenzar el proceso de fermentación.

Siendo este un tema de interés Fischera *et al.* (2013) analizan la utilización del lactosuero y hongos de la Sabana Brasileña para la producción de etanol. Se analizaron todas las fermentaciones para producir etanol y glucosa utilizando cromatografía líquida de alta resolución (Shimadzu modelo LC-20A Prominencia, columna Ca Supelcogel). De acuerdo con los resultados obtenidos, el uso del lactosuero fue eficaz para mejorar el rendimiento de etanol, aumentando la producción en un 20,4 % en comparación con una prueba de control usando agua en lugar de lactosuero.

Ulloa (2006) elaboró una bebida alcohólica, adicionando diferentes concentraciones de lactosuero, bacterias ácido lácticas (del género *Streptococcus* y *Lactobaccillus*) y concentrado de piña. Las características fisicoquímicas observadas estuvieron dentro de los rangos de bebidas alcohólicas, y las propiedades sensoriales fueron agradables para los consumidores, con un porcentaje de lactosuero del 50 %.

Agustriyanto y Fatmawati (2010) desarrollaron un modelo de estado estacionario para la fermentación del lactosuero por medio de dos series de reactores; donde se evaluaron los tiempos de retención hidráulica y la concentración de sustrato de entrada, indicado que la productividad máxima del etanol fue logrado a menor tiempo de retención hidráulica. Cuanto mayor es la concentración del sustrato de entrada mayor es la concentración de etanol. Concluyendo de esta forma que la combinación de dos reactores en serie para la fermentación de lactosuero produjo una reducción significativa del sustrato concentrado y una concentración alta de etanol en comparación con el uso de un solo reactor.

Hadiyantoa *et al.* (2014) optimizaron la producción de etanol a partir de suero de leche a través de la fermentación de alimentación discontinua usando *Kluyveromyces marxianus*. Este estudio utilizó proceso de fed-batch durante la fermentación, examinando las condiciones de funcionamiento de temperatura óptimas en la producción de etanol a través de este proceso. Los resultados mostraron que los valores más altos de biomasa y de concentrado de etanol se lograron a temperatura de 300 °C.

Padin y Díaz (2009) utilizaron la levadura *Kluyveromyces fragilis* para la producción de bio-etanol a partir de queso de suero de leche. Se evaluó el pH, la concentración inicial de lactosa (L), las concentraciones de células de levadura (Y) y temperatura con el fin de optimizar el proceso de fermentación, se utilizó la metodología de superficie de respuesta (RSM) y el efecto de la tasa de aireación en el proceso de fermentación en un biorreactor de transporte aéreo.

La optimización mostró que el mejor conjunto de parámetros de funcionamiento para operar el fermentador fue de 5,3 para el pH, 41,8 g / L para la concentración inicial de lactosa, 0,57 g / L para la concentración de células de levadura, 30,8 ° C para la temperatura y tasa de aireación de 0,4 vvm, con 89,28% de rendimiento de la producción de etanol.

Dragone *et al.* (2011) utilizaron lactosuero en polvo como medio de fermentación para la producción de etanol por *Kluyveromyces fragilis*. Según el análisis estadístico, sólo la concentración inicial de lactosa tenía un efecto significativo sobre la

producción de etanol. Se determinó después de varios ensayos que el uso de 200 kg/m<sup>3</sup> de concentración de lactosa inicial, inóculo de la levadura de 1 kg/m<sup>3</sup> y la temperatura de 35° C eran las mejores condiciones para maximizar la producción de etanol a partir de solución de lactosuero en polvo, generando de esta forma 80,95 kg/m<sup>3</sup> de etanol después de 44 h de fermentación.

El lactosuero es una excelente materia prima para obtener diferentes productos a nivel tecnológico o como medio de formulación en procesos fermentativos, ya que contiene lactosa, nitrógeno, fosfato y otros nutrientes esenciales que al ser combinados con ciertas bacterias ácido lácticas (del genero *Streptococcus* y *Lactobaccillus*) y levaduras (*Kluyveromyces fragilis* y *Kluyveromyces marxianus*.) permiten mejorar los rendimientos en la obtención de etanol hasta de un 50 % y además permite reducir los costos en su elaboración, que es lo que actualmente necesitan los empresarios.

### **3.2.6. Elaboración de dulces a partir de lactosuero**

El lactosuero es el producto lácteo menos costoso (25 a 40% menos del precio de los sólidos lácteos no grasos) en la industria confitera. En la mayoría de estos productos de confitería se utiliza hasta el 3% de lactosuero dulce en polvo y por lo menos el 10% de lactosa. (De wit 1998)



La lactosa y las proteínas del suero son un sustrato ideal para las reacciones de Maillard porque contribuyen positivamente al color en la preparación de estos productos favoreciendo la aparición de un color similar al del caramelo (“marrón - dorado”) y permitiendo durante la cocción un desarrollo más rápido del color. La lactosa también contribuye al sabor de estos productos particularmente durante la cocción. (Burrington 2011).

En el procesamiento de postres y confituras, la lactosa se ha abierto camino. Es aplicada en postres como cobertura, en helados y glaseados. En la industria de la confitería se reconoce su utilidad para conseguir características deseadas en dulces tales como toffes, turrone, chocolate para caramelos duros, gomas de mascar, malvaviscos, entre otros. (Sanmartín 2010).

Hideko *et al.* (2004) emplearon lactosuero (1%; 2% y 3%) en un postre lácteo cremoso de chocolate. Encontraron que es posible sustituir la leche en polvo por lactosuero, resultando un producto con menos grasa y sólidos totales y mayor contenido de proteína; sensorialmente el producto elaborado con 1% de lactosuero fue el preferido, con aceptación por encima del valor de 4 (bueno).

Melo *et al.* (2009) obtuvieron chocolates aptos para diabéticos (reducidos en calorías) incorporando 17,2% de lactitol, pero con amargor, adherencia y arenosidad, que condujeron al rechazo de las muestras diferentes de la control por parte de los consumidores.

Buriti *et al.* (2010) emplearon lactosuero e inulina en mousses de guayaba con probiótico (*Lactobacillus acidophilus*) y prebiótico. Estudiaron varias proporciones de sustitución de grasa láctea por inulina y lactosuero, para todas encontraron que la aceptabilidad sensorial no era afectada, incluso en la sustitución del 100%. Sin embargo, los parámetros de textura se alejaban de los del producto tradicional, por lo que recomendaron la incorporación de lactosuero e inulina en un nivel máximo de 2,6%

Ronald Maldonado y Marcos Guaido en el año 2010 elaboran caramelo blando de leche (tipo toffee) a partir de lactosuero deshidratado. Para su elaboración se utilizó como ingrediente variable el lactosuero en polvo (7,5 (T1), 5 (T2), 2,5 (T3), 0 (T4)) y leche en polvo (2,5 (T1), 5,0 (T2), 7,5 (T3), 10 (T4)), y como ingredientes estables: grasa vegetal, sacarosa, almidón de maíz, jarabe de sacarosa, bicarbonato de sodio y agua.

Al producto final se le realizaron análisis fisicoquímicos (proteínas, azúcares reductores, sacarosa, grasa, azúcares totales y carbohidratos), microbiológicos (mohos y levaduras) y sensoriales los cuales no presentaron diferencias significativas con respecto al control en los componentes grasa, azúcares reductores y sacarosa; sin embargo, hubo diferencias significativas en el contenido de proteína y azúcares totales, siendo T1 menor en proteínas. Los resultados sensoriales mostraron mayor rango de aceptabilidad para los T2 y T3; concluyendo de esta forma que la adición de lactosuero deshidratado en proporciones de 2,5% a 5% en los caramelos blandos de

leche tipo toffee generan mayor preferencia para los consumidores tanto por sus buenas características sensoriales como por el importante aporte de carbohidratos.

Por otro lado Barrionuevo (2011) analizó la efectividad de elaborar bolos a partir de suero dulce de quesería con la adición de pulpa de fruta, azúcar y gelatina. El lactosuero fue agregado directamente a la formulación de los bolos después de un proceso de pasteurización. Se obtuvo que la mejor formulación pertenece al tratamiento con el 77.90% de lactosuero descremado, 10 % de pulpa de fruta, 12% de azúcar y 0.1% de gelatina, por presentar buenas propiedades físico- químicas y excelentes características sensoriales. Aparte de esto demostró un tiempo de vida útil de 18 días y precios competitivos con marcas conocidas que existen en el mercado.

Hernández (2013) decide realizar la caracterización fisicoquímica de un producto tipo cajeta elaborado a partir del lactosuero, tomando como referencia tres formulaciones con sustitución de la leche por lactosuero en concentraciones de 100%, 75% y 50% de suero. A la materia prima y a las formulaciones se les realizó una caracterización fisicoquímica (pH, acidez, humedad, sólidos totales, cenizas, materia orgánica, sólidos solubles, cantidad de proteína, cantidad de lactosa y cantidad de grasa) para ser comparadas y se les evaluó sensorialmente.

Los valores fisicoquímicos de los sueros muestran que aún contienen porcentajes considerables de proteínas, lactosa, grasa y sales minerales, lo que hace factible a este subproducto de la industria láctea para su reutilización en la elaboración de nuevos productos y/o fortificación de alimentos. Sensorialmente, los productos con 50% y

75% de lactosuero, se encuentran dentro de la aceptación de los evaluadores muy ligeramente por debajo de la aceptación de los productos comerciales. Por otro lado la cajeta con un 100% de lactosuero, presento una menor aceptación.

La reacción de Maillard es necesaria para la elaboración de productos de confitería, ya que ayuda a la formación de la coloración de los caramelos; la lactosa y las proteínas del lactosuero son ideales para el desarrollo de estas reacciones, de ahí la importancia de la utilización de este subproducto en estas formulaciones. A parte de esto, las investigaciones anteriormente descritas nos muestran el gran aporte energético que nos proporciona el lactosuero, ideal para quienes lo consumen, permitiendo consigo mejorar la calidad y rendimiento en los productos finales.

### **3.2.7. Aprovechamiento del suero ácido para la elaboración de queso y quesillo**

Diferentes autores han logrado estudiar la incorporación del lactosuero en la elaboración de otros quesos.

Hawkins *et al.* (2007), elaboró queso ricotta a partir de concentrado proteico de suero (cps), suplementado con cuatro niveles de leche descremada, 0, 1, 2,5 y 5%, y aplicando dos perfiles de calentamiento, 85 y 95° C. Los resultados indicaron que los tratamientos elaborados a 85° C tienen mayores rendimientos y que la temperatura del proceso no influye sobre los atributos sensoriales de los productos. Además, se observó que el producto con 5% de leche descremada y tratado a 85° C presentó

mejores características sensoriales para el consumidor. Concluyendo de esta forma que es factible la elaboración de queso Ricotta a partir de un concentrado proteico de suero.

En la ciudad de Medellín la nutricionista Londoño (2010) decidió estudiar el aprovechamiento del lactosuero para la elaboración de quesillo, utilizando tres métodos de complementación de acidez con tres ácidos orgánicos. Por otro lado el ingeniero Salazar (2012) nativo de Ambato - Ecuador estudió el efecto de la incorporación de concentrados de proteínas del suero de quesería en la elaboración de queso fresco.

El objetivo de cada uno de estos autores es aprovechar el valor agregado que genera la incorporación del lactosuero en su producto final, mostrando resultados excelentes en cuanto al contenido proteico, menores tiempos de preparación y buenas ventajas económicas.

Londoño (2010) obtuvo el lactosuero en la elaboración de queso mozzarella con leche de vaca, dividiéndolo en tres partes, a cada una se adicionó ácido láctico, ácido cítrico y ácido acético, respectivamente; se complementó con los ácidos orgánicos, hasta obtener la acidez necesaria para la elaboración del quesillo (acidez que osciló entre 1,29% y 1,60% de ácido láctico). Para cada ácido se aplicó un tratamiento con tres repeticiones. Las pruebas estadísticas fueron completamente al azar. Se realizaron evaluaciones, pruebas fisicoquímicas, porcentaje de proteína y grasas, concluyendo de esta forma que el quesillo que se realizó en este trabajo, se hace en

menor tiempo que el quesillo común, lo que conlleva a ahorrar tiempo, recursos y hacer más volumen de producción, obteniéndose un queso con características organolépticas y de hilado aceptadas como muy buenas y muy similares a los estándares nacionales e internacionales en cuanto a contenido de grasa y proteína.

El estudio realizado por Salazar (2012) consistió en la adición de concentrados de proteínas del suero obtenidas por tratamiento térmico elevado, y tratamientos leves sobre la leche para la elaboración de quesos con reducido contenido de grasa. Esta investigación logro reconocer que los concentrados proteicos son capaces de incorporarse a la matriz del queso, aumentando así su valor nutricional y mejorando sus propiedades funcionales. En el caso de este queso bajo en grasa presenta mayor contenido de nitrógeno, menor sinéresis durante su elaboración, mayor humedad y rendimiento quesero.

Suarez y Zamora (2013) elaboraron queso crema con adición de los sólidos del lactosuero e inoculado con *Lactobacillus casei*. La metodología utilizada fue la misma y básica para la elaboración de queso crema inoculado. Se pudo concluir que la adición de sólidos del lactosuero aumenta el contenido de proteína y disminuye el contenido de grasa, sin embargo los resultados a bajas concentraciones (2, 4, 6 y 8%), no ofrecen una alternativa ante la comercialización de queso crema actual. La preferencia de los consumidores se vio reflejada por los aportes nutricionales que este nuevo producto ofrecía, más que de su sabor y apariencia. En cuanto a la vida útil de este producto, se determinaron 15 días con los parámetros microbiológicos óptimos que determinan la inocuidad del producto.

Las proteínas séricas propias del lactosuero, pueden ser aprovechadas para estandarizar el contenido proteico de la leche de partida para fabricar diferentes productos lácteos. Se pueden incorporar estas proteínas, tanto de forma nativa como desnaturalizada para la elaboración de quesos de manera tradicional, lo que permite incrementar el rendimiento y el valor nutritivo; aunque en ocasiones puedan aparecer sabores y texturas poco agradables, lo que hace necesario estandarizar la cantidad de lactosuero permisible para las formulaciones de cada tipo queso. La adición en los quesos procesados y cremosos mejora la textura, siendo ésta más cremosa y con más cuerpo, mejora la apariencia y el color e incrementa el valor nutritivo al aumentar el contenido proteico y de calcio.

### **3.2.8. Elaboración de productos panificados a partir de lactosuero**

El proceso de elaboración de pan es un proceso de cocción sofisticado que se ha incorporado a los métodos de conservación por tratamiento térmico (Dendy *et al.* 2001).

Actualmente el lactosuero dulce como ingrediente en la industria alimentaria ha permitido mejorar las cualidades de ciertos productos de panificación, como mejorar el color y sabor del pan blanco (Ledezma *et al.* 2008).

Las proteínas del lactosuero son un componente funcional en la formulación del pan; mejoran la estructura de la corteza y el sabor, mejoran la capacidad de tostado debido a las propiedades funcionales que tiene como solubilidad, absorción de agua, adhesión, cohesión y emulsificación (Burrington 2000).

Makowska *et al.* (2014), Estudiaron el efecto de los factores tecnológicos en la actividad de agua por medio de un proceso de extrusión de productos de maíz con una adición de proteínas de suero. Ya que el valor de la actividad de agua en los productos extruidos constituye un indicador significativo de calidad y estabilidad.

La mayor diferencia se registró en la introducción de 3% de proteínas de suero, en comparación con  $A_w$  de panes producidas exclusivamente a partir de sémola de maíz. Cuanto mayor sea el contenido de proteínas de suero de leche, menor es el valor de  $A_w$ . Los resultados obtenidos mostraron una reducción de los recuentos microbianos y por tanto la desnaturalización de las proteínas por las altas temperaturas, pero al ser estas enriquecidas con las proteínas del lactosuero, permanecieron en términos normales. La vida útil de este alimento aumentó con la adición de lactosuero a temperatura de  $18 \pm 0,5$  ° C.

Kopec *et al.* (2014). Evaluaron la alimentación de un grupo de ratas con panes integrados fermentados con proteínas de suero y pan integral convencional. Los niveles evaluados fueron el aumento de peso, valor biológico, proteína, magnesio y hierro. Después de 30 días de alimentación se encontraron aumentos en de peso,



hierro y valor biológico de las ratas que consumieron panes integrales fermentados con adición de suero, además de una reducción en el contenido de magnesio, a comparación con las ratas alimentadas con pan integral tradicional. Se concluyó de esta forma que la adición de proteínas de masa fermentada y lactosuero en el pan, mejora la calidad de las proteínas, que es un importante hallazgo porque las proteínas generalmente de pan tienen baja calidad.

Amal *et al.* (2013). Evaluaron el efecto de la sustitución de agua, por leche desnatada fermentada, lactosuero y suero de mantequilla en algunas características de calidad de la pasta y el pan blanco de trigo y su posible uso en el sector de la panadería, luego se evaluó el efecto de su sustitución en la masa, las características de calidad de pan, textura de la miga y el valor nutricional del pan.

A partir de los análisis realizados se concluyó que la sustitución de agua, leche desnatada fermentada o suero de leche mejoran la calidad del pan y aumenta su vida útil, teniendo de esta forma un efecto positivo sobre el producto. Además de esto se desarrollaron mejoras en cuanto a sabores y el valor nutricional del pan resultante.

Guemes *et al.* (2009) estudiaron el efecto de adicionar diferentes concentraciones de lactosuero (10%, 15%, 20% y 25 %) en la elaboración de pan dulce tipo concha. Al finalizar estas formulaciones se evaluaron las características adhesivas de las muestras de pan con cada concentración de lactosuero encontrando de esta forma que las mejores concentraciones para la elaboración de pan dulce tipo concha fueron

aquellas donde se fortifico al 10% y 15% de lactosueros, proporcionando mejores propiedades de textura.

Solís (2013), determino el efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. En esta formulación el lactosuero fue agregado como sustituto del agua para la realización del amasado con cuatro tratamientos (0, 30, 50 y 70%), donde se puede sustituir hasta un 50% de agua por lactosuero sin influir negativamente en el rendimiento del pan blanco.

La sustitución del agua parcialmente por lactosuero dulce redujo el pH del pan blanco (siendo similar para los 3 tratamientos), este resultó con una coloración amarilla-roja en su miga y mayor coloración roja en su corteza. En cuanto a los análisis sensoriales se presentaron aceptabilidad por los tres tratamientos, mostrando preferencia por la adición

de 50 % de lactosuero. En cuanto a rendimientos, el día cero muestra que los tratamientos con 30%, 50% de sustitución con lactosuero y el control presentaron mayor rendimiento.

Zambrano *et al.* (2012) evaluaron el efecto de sustituir la grasa por proteína de suero concentrado en escaldado y no escaldado en el pan de queso, determinar los mejores niveles de adición y comparar el efecto de la sustitución durante el almacenamiento. Las características sensoriales evaluadas en las muestra (apariencia, corteza, textura y sabor) no mostraron diferencias significativas, sin embargo la muestra con 50 % de

lactosuero fue la más aceptada sensorialmente. Después de 3 meses de almacenamiento, la sustitución de la grasa hasta niveles de 50% y 100%, respectivamente, no causó significativa diferencias en comparación con la norma. Con 50% de sustitución de grasa y 4 meses de almacenamiento sólo mostraron una diferencia significativa para la textura y el aspecto corteza. Con esto se concluyó que los mejor niveles de sustitución fueron 50% de grasa en el pan de queso escaldado y el 100% de grasa en el pan de queso no escaldado.

Rostami *et al.* (2013) hicieron investigaciones para estudiar el efecto de la adición de polvo ultra filtrado de lactosuero en harina de trigo para la elaboración de pan, evaluando la tasa de endurecimiento y la aceptabilidad sensorial. La adición de polvo ultra filtrado de lactosuero tratado térmicamente mostro el mejor efecto sobre la reducción de la tasa de endurecimiento en el pan y nos dieron las mejores puntuaciones en la evaluación sensorial, en comparación con la muestra testigo sin lactosuero en polvo; Además, de las propiedades nutricionales que generan las proteínas del suero lácteo, que son inevitables.

Coca y Cadena (2009) elaboraron dos panes tipo blando, uno mediante la adición de deshidratado de acelga y otro con deshidratado de espinaca; enriquecidos con lactosuero en polvo; la deshidratación de estas hortalizas permitieron obtener la harina que fue mezclada con 6 % de lactosuero en polvo. Por medio del ensayo de panificación donde se sustituyó la harina de trigo comercial por harina de acelga y espinaca deshidratada, se encontró que con porcentajes mayores del 7% de sustitución se presentan características desfavorables de calidad en el pan como: miga

densa, pan pesado y color demasiado verdoso. El porcentaje ideal de sustitución de harina de acelga y espinaca deshidrata fue de 5% en el cual la calidad reológica no se vio afectada, según las características plásticas de extensibilidad, tenacidad y elasticidad valoradas en el amasado. Por otro lado la adición de lactosuero en el porcentaje evaluado (6 %) no presento diferencias significativas.

Güemes *et al.* (2009) evaluaron las propiedades de textura de masa del pan dulce tipo “concha” fortificado con proteínas de suero de leche. Se planteó un experimento con diferentes concentraciones de suero comercial y precipitado por calor, se evaluó la adhesividad y el análisis del perfil de textura en masa y panes. Los resultados indicaron que la incorporación del 10% de cualquier tipo de suero mejora la fuerza de adhesión de las masas. La adhesividad de las masas se ve afectada por la presencia de proteínas precipitadas por calor las cuales se desnaturalizan al momento de concentrarse. Porcentajes encima del 15%, no mejoran estas propiedades. Porcentajes mayores del 25 al 30% dan la característica de dureza a las masas, pero sin efecto en la cohesividad y en otros parámetros obtenidos del análisis del perfil de textura. Respecto a la textura de los panes, el suero precipitado por calor tuvo características aceptables en comparación con el suero comercial. En cuanto al contenido de proteína de los panes adicionados con suero precipitado por calor tuvieron un ligero incremento con respecto al pan testigo.

La mayoría de propiedades funcionales que presentan las proteínas séricas son importantes en la elaboración de pan, pasteles, galletas, bizcochos, etc., al mejorar la textura, la apariencia, el volumen de la masa, el tostado de la corteza, el color, el sabor, al conseguir una estructura de la miga más blanda e incluso retrasar el endurecimiento del pan manteniendo más tiempo su frescura; lo que resulta eficiente la adición de lactosuero en la formulación de panificados, aumentando de esta forma su rendimiento y calidad nutricional, haciéndolo útil como materia para la elaboración de nuevos productos.

En forma general, el complejo proteico que contiene el lactosuero es la fuente de materias primas para elaborar productos de mayor valor agregado y nutritivo para la salud humana y animal, usando nuevas tecnologías de procesos a partir de las nuevas aplicaciones que surgen de los avances y los conocimientos de las ciencias biológicas, es decir, tratar de usar el conocimiento que existe o se genera en los centros de investigación, más el de las empresas y el de la ciencia internacional, para generar nuevos productos y procesos o mejorar los existentes. Las proteínas de lactosuero son usadas ampliamente en una variedad de alimentos, gracias a sus propiedades funcionales como solubilidad, la emulsificación, retención de agua/grasa, espumado, espesantes y propiedades de gelificación, además, que hacen del producto un interesante ingrediente alimenticio, estas propiedades se pueden observar a lo largo de las investigaciones anteriormente descritas.

## CONCLUSIONES

La industria láctea por su diversidad de procesos y productos, genera una gran cantidad de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, entre los cuales se encuentra en mayor proporción el lactosuero. Este residuo líquido es rico en lactosa, grasa, proteínas, minerales y vitaminas, que al ser aprovechado, es útil en la formulación y elaboración de alimentos, generando alto valor agregado. Por otro lado, al ser vertido sin tratamiento alguno al medio ambiente, proporciona un impacto negativo, al generar elevados valores de DBO Y DQO.

Los productos obtenidos del lactosuero, son: Productos de panadería, productos lácteos como bebidas fermentadas y quesos, jugos de fruta, refrescos, bebidas achocolatadas, bebidas a base de leche, postres, helados, confitería, productos cárnicos, alimentos nutricionales, concentrados de proteína, fuente de lactosa.

Entre los mencionados en esta monografía encontramos las bebidas refrescantes y energizantes que aparte de mitigar la sed, provee energía y restaura las células musculares, ideales para los deportistas, niños y embarazadas.

Los yogures con adición de lactosuero generan un producto con buenas propiedades nutritivas y funcionales, aparte de excelentes atributos sensoriales, textura más suave, aumento de viscosidad, firmeza y reducción de la sinéresis.

La combinación del lactosuero con ciertas bacterias ácido lácticas (del genero *Streptococcus* y *Lactobaccillus*) y levaduras (*Kluyveromyces fragilis* y *Kluyveromyces marxianus*) permiten mejorar los rendimientos en la obtención de etanol, reduciendo los costos en su elaboración.

Los quesos con adición de lactosuero en su composición, permite mejora la textura, el cuerpo, la apariencia y el color, incrementando de igual forma el valor nutritivo al aumentar el contenido proteico y de calcio.

La lactosa y las proteínas del lactosuero, son ideales para el desarrollo de las reacciones de Maillard necesaria para la formación de la coloración de los caramelos, Además ayuda a mejorar el poder emulsificante y facilita el batido en los productos de confitería.

Los productos de panificación con adición de lactosuero mejoran la textura, la apariencia, el volumen de la masa, el tostado de la corteza, el color, el sabor de estos productos e incrementa su valor nutricional.

Se pueden recuperar grandes cantidades de nutrientes propios del lactosuero mediante operaciones sencillas como son la ultrafiltración para concentrar las proteínas, la nanofiltración para la recuperación de la lactosa, hidrólisis, entre otros.

Los productos realizados con lactosuero nos muestran un excelente enriquecimiento proteico, bajos costos de producción y paneles de aceptación por parte de los consumidores, lo cual es de gran importancia para los empresarios en el desarrollo de nuevos productos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Agustriyanto, R., Fatmawati, A. 2010. Continuous Cheese Whey Fermentation in a Series of Two Reactors. Science Journal Ubonratchathani University 1 (2): 71-77.
2. Aider, M., Halleux, D., Melnikova, I. 2009. Skim acidic milk whey cryconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. Innovative Food Science and Emerging Technologies 10(3): 334-341.
3. Alvarado, C. 2012. Aislamiento y aplicación e péptidos bioactivos del lactosuero en un yogurt funcional, Bogotá. p18-24.
4. Amal, A., Hassan, A., Shazly, M., Sakr., Waheed A. 2013. Influence of Substituting Water with Fermented Skim Milk, Acid Cheese Whey or Buttermilk on Dough Properties and Baking Quality of Pan Bread. Shoubra El-Kema, Egypt.p110-115.
5. Anesar, P., Kennedy, D., Gandhi, A., Bunko P.2007. Bio utilization of whey for lactic. Acid production Food Chem. 105: 1-14.

6. Barrionuevo, M. 2011. Desarrollo de la tecnología para elaborar bolos a partir de suero de leche dulce con la adición de pulpa de fruta, azúcar y gelatina. Ambato – Ecuador.p5-8.
7. Bauman, D., Mather, I., Wall, R., Lock, A. 2010. Major advances associated with the biosynthesis of milk. Santiago, Chile. p278–289
8. Bermejo, N. 2010. Efecto de diferentes niveles de harina de quinua en la elaboración de una bebida proteica de lactosuero. Riobamba, Ecuador.p26-32
9. Binod P., Kuttiraja, M., Archana, M., Usha, J., Sindhu, R., Sukumaran R., Pandey A. 2012. High temperature pretreatment and hydrolysis of cotton stalk for producing sugars for bioethanol production.p340-345.
10. Bouzas, J. 2010. Nutritional products applications for whey products: Whey applications in sports and nutrition bars. *Agric Food Chem.* 58, 8788–8797
11. Buriti, F., Castro, I., Saad, S. 2010. Effects of refrigeration, freezing and replacement of milk fat by inulin and whey protein concentrate on texture profile and sensory acceptance of synbiotic guava mousses. *Food Chemistry.* 123 (4):1190-7.

12. Burrington, K. 2011. Applications for whey and lactose products: Whey products in baked goods. P98-110.
13. Burrington K. 2000. Productos de suero en la panificación. *Industria alimentaria*. 22 (26):19-29.
14. Callejas, J., Prieto, F., Reyes, V., Marmolejo, Y., Méndez M. 2012. Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria*. 22(1): 11-18.
15. Camacho, M. 2010. Obtención de un concentrado proteico del suero de la leche de vaca utilizando tecnología de membranas. Quito.p15-23.
16. Caro, I., Soto, S., Franco, M. J., Meza-Nieto, M., Alfaro-Rodríguez, R. H., Mateo, J. 2011. Composition, yield, and functionality of reduced-fat Oaxaca cheese: Effects of using skim milk or a dry milk protein concentrate. *J. Dairy Sci.*, 94: 580-588.
17. Carrera, W. 2010. Elaboración de una bebida saborizada con base en suero de mozzarella. Ambato – Ecuador.p18-26.
18. Castro, M., Daza, Z. 2011. utilización de suero lácteo (subproducto de la industria láctea), en la elaboración de una bebida isotónica. Bogota.p6-12.

- 19.** Chóez, A., Morales, M. 2010. Elaboración De Una Bebida Hidratante A Base De Lactosuero Y Enriquecida Con Vitaminas. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. P15-19.
- 20.** Cholota, L., Palate, A., Mora, O. 2010. Diseño, construcción y pruebas de un sistema prototipo para la producción de etanol a partir de papa, zanahoria, remolacha y lacto suero. Riobamba – Ecuador.p36-42.
- 21.** Coca, A., Cadena, A. 2009. Elaboración de dos panes tipo blando uno mediante la adición de deshidratado de acelga y otro con deshidratado de espinaca; enriquecidos con lactosuero en polvo. Bogota.p45-58.
- 22.** Codex-Alimentarius. 1995. General Standard for Food Additives. CODEX STAN.
- 23.** Codex Stan 289.1995. Norma del CODEX para sueros en polvo.
- 24.** Coto, W., Flores, B. 2011. Propuesta de pre formulación de una bebida a base de lactosuero y frutas naturales (fresa y maracuyá). San Salvador, El Salvador, Centro América.p46-62.

25. Cuellas, A., Wagner, J. 2010. Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. Buenos aires – Argentina.p14-32.
26. Cuellas, A. Aprovechamiento industrial del suero de quesería.2008. Obtención de una bebida energizante a partir del efluente. (49):56-58.
27. Cury, K., Arteaga, M., Martínez, G., Luján, D., Durango, A. 2013. Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteínizado) utilizando *Lactobacillus casei*. Montería, Córdoba, Colombia.p15-22.
28. De Wit, J. N.1998. Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products. *J Dairy Sci.* 81: 597-608
29. Dendy, D., Dobraszczyk, B. 2001.Cereales y productos derivados: Pan un alimento único. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A.p223.
30. Donoso, A., M. Carballa, G. Ruiz., R. Chamy. 2009. Treatment of low strength sewage with high suspended organic matter content in an anaerobic sequencing batch reactor and modeling application. *Electronic Journal of Biotechnology* 12(3):1-10.

31. Dragone, G., Mussatto, S., Almeida., Silva J., Teixeira, J. 2011. Optimal fermentation conditions for maximizing the ethanol production by *Kluyveromyces fragilis* from cheese whey powder.p18-36.
32. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009.
33. FAO AND WHO. Milk and milk products (2nd Edition).
34. FEDEGAN. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia la Federación Ganaderos. 2009.
35. Fernández, M., Fornari, M., Mazutti, D., Olivera, F., Ferreira, A., Cichoski, R., Cansian, M., Luccio., Treichel, H. 2009. Production and characterization of xantham gum by *xanthomonas campestris* using cheese whey as sole carbon source. *Journal of Food Engineering*. 50(2):119-123.
36. Fischera, J., Santos, V., Galvão, C., Teodorob, J., Coutinho, U., Luiz, V. 2013. Utilization of Cheese Whey and Cellulosic Biomass for Production of Ethanol by Selected Fungi Strain from Brazilian Savannas. *Campus Santa Mônica, Uberlândia-MG, Brazil*.p26-39.
37. Flett, K., Corredig, M. 2009. Whey protein aggregate formation during heating in the presence of k-carrageenan. *Food Chemistry* 115(4): 1479-1485.

- 38.** Foegeding, E., Luck, P. 2002. Whey protein products. 1957-1960. In: Caballero, B., L. Trugo, P. Finglas (Eds.). Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition. Academic Press, New York.p123-156.
- 39.** García, L., Cervantes, D., Ávila, J., Aguilar, J. 2008. Efecto de la adición del suero láctico como retardador del endurecimiento y como modificador del color en la elaboración de pan blanco (tipo francés). X congreso nacional de ciencias y tecnología de los alimentos Revista Salud Pública y Nutrición. México.p96-112.
- 40.** Gil, M. 2009. Industrialización de proteínas del Lactosuero. Universidad Del Valle. Cali.p89-96.
- 41.** González, M. 2010. Alternativas de Aprovechamiento del lacto suero en la Industria Productos Lácteos Flor de Aragua C.A. Informe de Gestión año 2010. p22.
- 42.** González, M. 2010. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. En: Bioresource Technology. Vol. 57.p11.73.
- 43.** González, M. 2011. Aplicaciones de la tecnología de ultrafiltración en la elaboración industrial del queso. En, Innovación y Tecnología en la Ganadería

Doble Propósito. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. (XCIII): p933-944.

44. Guedes, A., Machado, E., Fonseca, M., Stamford, T. 2013. Utilización de suero de leche en la formulación de bebidas con frutas y verduras. Universidad federal de Pernambuco en Brasil.
45. Guemes, N., Díaz E., Soto, S., Reyes, M., Quintero, A., Totosaus, A. 2009. Análisis de Perfil de Textura en Masas y Panes Dulces de Harina Trigo Fortificadas con Lactosuero. Guanajuato.
46. Guerrero, W., Castilla P., Cárdenas K., Gómez C., Castro J. 2012. Degradación anaerobia de dos tipos de lactosuero en reactores UASB. *Tecnología Química*. 33(1): 99-106.
47. Guizhong, Z., Jing, S. 2010. Study on Effective Microorganisms Bacteria for Acrylonitrile Wastewater Treatment. 4th international conference Bioinformatics and biomedical engineering (iCBBE). Chengdu (China): p.18-20.



48. Güemes, N., Totosaus, A., Hernandez, J. Soto, S., Bolaños, E. 2009. Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo “concha” fortificado con proteínas de suero de leche. México.p19-45.
49. Hadiyanto, A., Ariyantia, D., Puspita, A., Siti, D. 2014. Optimization of Ethanol Production from whey through fed-batch fermentation using *Kluyveromyces marxianus*. Indonesia.p85-96.
50. Hawkins, H., González, M., Selaive, E., Casner, O. 2007. Elaboración de queso Ricotta a partir de concentrado proteico de suero (CPS).Chile.p15-32.
51. Henriques, M. Gomes, D. Rodrigues, D. Pereira, C., Gil, M. 2011. Performance of bovine and ovine liquid whey protein concentrates on functional properties of set yogurts. Coimbra, Portugal.p14-25.
52. Hernández, A., Chamorro A. 2011. Importancia del lactosuero en la industria de alimentos como bebida isotónica. En: *Congreso Internacional de Investigación*. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.
53. Hernández, R. 2013. Caracterización fisicoquímica de un producto tipo cajeta elaborado a partir del suero dulce de quesería. Universidad veracruzana. facultad de ciencias químicas. Veracruz

54. Herrera, O., Corpas, e. 2012. Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. Manizales, Colombia.p18-23.
55. Hideko, P., Amaral, F., Barretto., A. 2004. Caracterizacao Tecnológica de Sobremesas Lácteas Achocolatadas Cremosas Elaboradas com Concentrado Protéico de Soro e Misturas de Gomas Carragena e Guar. Revista Brasileira de Ciencias Farmacéuticas. 40 (3):397-404.
56. Jaros, D., Spieler, C., Kleinschmid,t T., Rohm, H. 2008. Using Whey Permeate Powders for Partial Sucrose Substitution in Flavored Yogurt. Milchwissenschaft. 63 (2):174-8.
57. Jelen, P. 2003. Whey processing. Utilization and Products. 2739-2745. In: H. Roginski, J.W. Fuquay and P.F. Fox (eds.). Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press, London. 25(3): 105-126.
58. Kallora<sup>1</sup>, J., Vidanarachchi, P., Prasanna<sup>1</sup> and C.S. Ranadheera, 2012. Nutritional, physic-chemical and sensory Properties of probiotic energy drink prepared from mango (*mangifera indica*), whey protein powder and skim milk. Sri Lanka, Asia.p96-106.

59. Keeton, J. 2010 Processed meat and fish applications for whey and lactose products: Whey protein and lactose products in processed meats. P14-16.
60. Konrad G., Kleinschmidt T. 2008. New method for isolation of native  $\alpha$  - lactalbumin from sweet whey. Journal Dairy International. 18: 47-54.
61. Kopeć, A., Borczak, B., Pysz, M., Sikora, E., Sikora, M., Curic, D., Novotni D. 2014. An addition of sourdough and whey proteins affects the nutritional quality of wholemeal wheat bread. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 13(1), 43-54.
62. Kumar, A., Singh, K. 2012. Utilization of Whey for the Production of Instant Energy Beverage by Using Response Surface Methodology. India.p12-20.
63. Laguna H. 2011. Elaboración de una bebida nutritiva a partir de la pulpa de maracuyá (*pasiflora incarnata*), y suero láctico, en la planta procesadora de frutas y hortalizas de la Universidad Estatal de Bolívar. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador.
64. Ledezma, V., Viera, D., Pereyra, J., Cruz, J.2008. Efecto de la adición del suero láctico como retardador del endurecimiento y como modificador del

- color en la elaboración de pan blanco (tipo francés). X congreso nacional de ciencias y tecnología de los alimentos Revista Salud Pública y Nutrición. México.20(2):50-72.
- 65.** Londoño, M. 2010. Aprovechamiento del suero ácido del queso doble crema para la elaboración de quesillo utilizando tres métodos de complementación de acidez con tres ácidos orgánicos. Medellín.
- 66.** Makowska, A., Cais-Sokolińska, D., Lasik A. 2014. Effect of technological factors on water activity of extruded corn product with an addition of whey proteins. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 13(3), 243-247.
- 67.** Maldonado, R., Guaido, M. 2010. Elaboración de caramelo blando de leche (tipo toffee) a partir de lactosuero deshidratado. Universidad santa María. Aragua – Venezuela.
- 68.** Martínez, A., De Paula, C., Simanca, M. 2013. Fermented milk drink from cheese whey with added passion fruit pulp. Faculty of Engineerings, Department of Food Engineering, University of Córdoba - UNICOR, Montería, Córdoba, Colombia.
- 69.** Martínez, C., Cardelle, A., Corzo, N., Olano, A. 2008. galactooligosaccharide composition in commercial fermented milks. Journal of Food Composition and Analysis.; 21(7):540-4.

70. Martínez, S. 2009, Memorias del Seminario de "Lactosuero el gran alimento. Beneficios en Nutrición y Tecnologías para su utilización", Centro Tecnológico Lácteo de Galicia.
71. Marulanda, M. 2012. elaboración y evaluación de una bebida tipo yogurth a base de lactosuero dulce fermentada con *Streptococcus Salivarius ssp. Thermophilus* y *Lactobacillus Casei ssp. Casei*. Universidad de Cartagena. Cartagena.
72. Melo, L., Bolini, H., Efraim P. 2009. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. Food Quality and Preference.;138-43.
73. Metsamuuronen, S., Nystrom, M. 2010. Enrichment of a-lactalbumina from diluted whey with polymeric ultrafiltration membranes. Journal of Membrane Science 337. p248-256.
74. Miranda, O. 2009. Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso. Características distintivas y control de calidad. En: Revista Cubana Alimentación y Nutrición., 17(2):103-108.
75. Morales, F., Nagar, A. 1992. el suero de quesería en la industria alimentaria, alimentación, equipos y tecnología. Ediciones Mundí-Peña. P58-68.

- 76.** Nicorescu, I., C. Loisel, A. Riaublanc, C. Vial, G. Djevelh, G. Cuvelier, J., Legrand. 2009. Effect of dynamic heat treatment on the physical properties of whey protein foams. *Food Hydrocolloids* 23(4): 1209-1219.
- 77.** NTE-INEN 2594, 2011. Suero de leche líquido. Requisitos. Ed. 1. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito Ecuador.
- 78.** Padin, C., Díaz, M. 2009. Efecto de la concentración inicial del lactosuero sobre la fermentación alcohólica con *Kluyveromyces fragilis*. Universidad bicentennial. Venezuela.
- 79.** Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food chemistry*.24(3) 108-124.
- 80.** Panesar, P., Kennedy, J., Knill, C. and Kosseva, M. 2010. Production of L(+) Lactic Acid using *Lactobacillus casei* from Whey. *Brazilian archives of biology and technology*. Vol. 53.p219-226.
- 81.** Parra, R. 2009. Lactosuero; Importancia en la industria de alimentos. *Rev Fac Nal Agr Medellin* 62(1): 4967- 4982.

- 82.** Pescumma, M.; Hérbet , E.; Mozzi F. and Font, G.. 2008. Whey fermentation by thermophilic lactic acid bacteria: Evolution of carbohydrates and protein content. *Food Microbiology* 25(3): 442-451.
- 83.** Pintado, V., Parra, J. (2012). Elaboración de manjar utilizando suero de quesería a diferentes niveles como sustituto de la leche en el cantón Pastaza. (Trabajo de graduación), Universidad Estatal Amazonica, Puyo, Pastaza, Ecuador.
- 84.** Posada, K., Terán, D. and Ramírez, J. 2011. Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. Universidad san buenaventura Cali, Colombia.
- 85.** Poveda, E. 2012. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. Universidad de Cundinamarca. Cundinamarca-Colombia.
- 86.** Princely, S., Saleem, N., Kirubakaran, J., Dhanaraju, M. 2013. Biochemical characterization, partial purification, and production of an intracellular beta-galactosidase from *Streptococcus thermophilus* grown in whey. Asmara, Eritrea, NE Africa. 3(2):242-251.
- 87.** Resolución 2997 de 2007. Ministerio de la Protección Social. Diario Oficial No. 46.740. 03 de septiembre de 2007. Bogotá. Colombia.

- 88.** Riera, F., Alvarez, A., Muñiz, D. (2004). Avances en el fraccionamiento de proteínas del lactosuero no desnaturalizadas. Alimentacion: equipos y tecnología, Vol 23, No 192.p47-56.
- 89.** Riquelme, L. 2010. Desarrollo por ultrafiltración de un concentrado proteico a partir de lactosuero. Tesis de grado Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogota.
- 90.** Rossner, M., Aguilar, N., Koscinezuk, P. 2010. Bienestar Animal Aplicado a la Producción Bovina. Rev Veterinaria 21(2): 151-156.
- 91.** Rostami, O., Ali, M., Amin, S. and Khaneghah, M. 2013. Comparison the Effects of, Modified Ultra Filtered Cheese Whey, Whey Concentrate and Milk powders on the Rheological and Sensory Properties of Dough and Taftoon Bread. Iran.p15-21.
- 92.** Ruiz, P., Salom. J., Marcos, J., Valles, S., Martinez, D. Recio, I., Torregrosa, G., Alborch, E., Manzanares, P. 2012. Antihypertensive effect of a bovine lactoferrin pepsin hydrolysate: identication of novel active peptides. Food chem. 45(2):p105-112.
- 93.** Salazar, D. 2012. Estudio del efecto de la incorporación de concentrados de proteínas del suero de quesería en la elaboración de queso fresco con reducido



contenido de grasa, para promover un mayor aprovechamiento del suero generado en las queserías del cantón Pillaro. Universidad central de Ecuador. Ambato – Ecuador.

94. Sanmartín, B. 2010. Aprovechamiento de suero de quesería de origen caprino mediante la obtención de concentrados de proteínas séricas y subproductos de clarificación. Universidad de Santiago de Compostela. España.
95. Singh, H. 2011. Aspect of milk- protein-stabilised emulsions. Food hydrocolloids. 56(2):p96-102.
96. Solís, k. 2013.Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. Universidad autónoma de Honduras. Honduras.
97. Souza, F., Gebara, C., Ribeiro, M., Chaves, K. and Grosso, C. 2012. Production and characterization of microparticles containing pectin and whey proteins. Brazil. Food Eng. 113(2):186–193
98. Spellman, D., Cuinn, D and Fitz, R. 2009. Bittesness in Bacillus protinase hydrolysates of whey proteins, Food Chemistry 114(2): 440-446.

- 99.** Suarez, W., Zamora, d. 2013. estandarización y elaboración de queso crema con adición de los sólidos del lactosuero e inoculado con *lactobacillus casei*. Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.
- 100.**Subsecretaria de Agroindustrias y Mercados (SUBAME). 2009. Valorización: De residuo Contaminante a Producto de Alto Valor Agregado.
- 101.** Taron, D., Pérez, J. and Martínez, J. 2012. obtención de proteína unicelular a partir de lactosuero vitae, vol. 19. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- 102.** Ulloa, Y. 2006. Utilización del suero de leche en la elaboración de bebidas de bajo grado de alcohol con el empleo de bacterias acido lácticas. Universidad católica de Ecuador. Ambato -Ecuador.
- 103.** Valencia, D., Ramírez, M. 2009. La Industria de la Leche y la Contaminación del Agua. Rev Elementos (73):27-31.
- 104.** Valencia, J. 2009. El Suero de Quesería y sus Posibles Aplicaciones. Revista Mundo Lácteo y Cárnico.Subsecretaria de Agroindustrias y Mercados. , (2):4-6

- 105.** Vázquez, S., Crosa, M., Rey, F., Lopretti, M. 2010. Viabilidad del uso de suero de quesería como base del medio de cultivo de la cepa nativa probiótica *Lactobacillus paracasei* HA9-2. Universidad Montevideo. Uruguay.
- 106.** Vega, G. 2012. Elaboración y control de calidad de una bebida a base de suero de leche y avena (*Avena sativa*), Escuela superior politécnica de chimborazo facultad de ciencias escuela de bioquímica y farmacia, Riobanba – Ecuador.
- 107.** Villegas, N. 2011. Efecto de la adición de tres niveles de suero de queso en la elaboración de yogurt. Universidad Católica de Ecuador. Ecuador.
- 108.** Wendorff, B., Paulus, K. 2011. Impact of breed on the cheesemaking potential of milk, volume vs content. Dairy Pipeline, 23 (1), 1-4.
- 109.** Zambrano, F., Silva, M. Ormenese, R., Yotsuyanagi, K. 2012. Concentrado protéico de soro como substituto de gordura em pão de queijo. Brasil. p18-25.