



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN TIPO YOGURT ELABORADO CON  
LECHE DE SOYA CON EDULCORANTE ARTIFICIAL Y DISEÑO DEL  
PROCESO DE FABRICACIÓN**

**Andrea del Rosario Lehr Méndez**

Asesorado por la Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, febrero de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN TIPO YOGURT ELABORADO CON  
LECHE DE SOYA CON EDULCORANTE ARTIFICIAL Y DISEÑO DEL  
PROCESO DE FABRICACIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

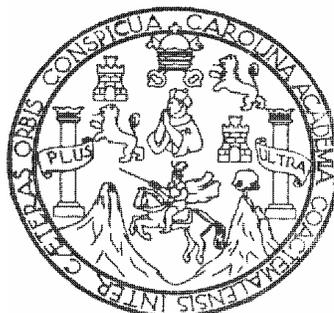
**ANDREA DEL ROSARIO LEHR MÉNDEZ**  
ASESORADO POR LA INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Teresa Lisely de León Arana
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN TIPO YOGURT ELABORADO CON LECHE DE SOYA CON EDULCORANTE ARTIFICIAL Y DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 28 de enero de 2008.

**Andrea del Rosario Lehr Méndez**

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Inga. Hilda Palma de Martini** Por su apoyo y asesoría a lo largo de la elaboración del trabajo de graduación.

A todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de graduación

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser la luz que guía mi vida.
<b>Mis padres</b>	Emilia Méndez Orozco De Lehr y Carlos Guillermo Lehr Arriola. Por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mis hermanas</b>	Claudia, Susan y Emilia. Por su amistad, cariño y comprensión.
<b>Luis Carlos</b>	Por brindarme su amor y estar a mi lado en cualquier momento.
<b>Mis abuelos</b>	Oscar Méndez Morales (QEPD), Emilia Orozco De Méndez, Carlos Enrique Lehr López y Consuelo Arriola De Lehr. Por ser ejemplo de vida
<b>Mis amigos y familiares</b>	Por su amistad y apoyo a lo largo de mi vida.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XIII
<b>HIPÓTESIS</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	1
<b>1.1 SOYA</b>	1
1.1.1 Origen de la soya	2
1.1.2 Composición química	3
1.1.2.1 Proteína	3
1.1.2.2 Lípidos	4
1.1.2.3 Carbohidratos	4
1.1.2.4 Minerales	4
1.1.2.5. Vitaminas	5
1.1.3 Beneficios de la soya	6
1.1.3.1 Enfermedades cardíacas	6
1.1.3.2 Enfermedades cancerígenas	6
1.1.3.3 Osteoporosis	7
1.1.3.4 Diabetes	7
1.1.4 Producción y consumo mundial de soya	7
1.1.5 Productos a base de soya	9

1.1.6	Producto tipo yogurt de leche de soya	9
1.1.6.1	Leche de soya	11
1.1.6.2	Cultivo de yogurt liofilizado	12
1.1.6.3	Edulcorante artificial	14
1.1.6.4	Estabilizante para yogurt	17
<b>1.2</b>	<b>EVALUACIÓN SENSORIAL</b>	<b>19</b>
1.2.1	Aplicaciones	19
1.2.2	Tipos de análisis sensorial	20
1.2.2.1	Análisis descriptivo	20
1.2.2.2	Análisis discriminativo	20
1.2.2.3	Test del consumidor	21
1.2.3	Número de personas y tiempo para entrenar un panel	21
<b>1.3.</b>	<b>PRUEBAS HEDÓNICAS</b>	<b>23</b>
1.3.1	Conceptos básicos	23
1.3.2	Objetivos de una prueba hedónica	25
1.3.2.1	Potencial de mercado	25
1.3.2.2	Aceptación en el mercado	25
1.3.2.3	Calidad del producto	26
1.3.2.4	Factores de importancia para el empresario	26
1.3.2.5	Optimización de un producto	26
1.3.3	Factores que influyen en la aceptabilidad y/o preferencia por un alimento	27
1.3.3.1	Características del alimento o bebida	27
1.3.3.2	Características del consumidor	28
<b>1.4</b>	<b>DISEÑO DE PROCESOS</b>	<b>31</b>
1.4.1	Investigación básica de ingeniería	32

1.4.2	Desarrollo del proceso	33
1.4.3	Evaluación del proceso	34
1.4.4	Procedimiento de diseño del proceso	34
1.4.4.1	Base del diseño	34
1.4.4.2	Diagrama esquemático de flujo y balance de materiales y energía	35
1.4.4.3	Procedimientos de diseño	36
<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>37</b>
2.1	Desarrollo de una formulación de yogurt de leche de soya con edulcorante artificial	37
5.1.1	Procedimiento descriptivo	38
2.2	Determinación del rendimiento de las bacterias <i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>Streptococcus Thermophilus</i>	39
2.3	Diseño para establecer la formulación más aceptada para el yogurt de leche de soya con edulcorante artificial.	39
2.4	Diseño del proceso de fabricación a nivel industrial del yogurt de leche de soya con edulcorante artificial	40
2.5	Recursos	40
2.5.1	Materiales	40
2.5.2	Equipo y cristalería	41
2.5.3	Institucionales	41
2.5.4	Humanos	41
2.5.5	Físicos	41
2.5.6	Financieros	42
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>43</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	51
<b>RECOMENDACIONES</b>	53
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	55
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	57
<b>APÉNDICE</b>	59
<b>ANEXOS</b>	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Producción mundial de soya para el año 2006	8
2	Cinética de Acidificación para un Cultivo Iniciador	14
3	Prueba sensorial de olor en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogurt de soya	44
4	Prueba sensorial de color en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogurt de soya	44
5	Prueba sensorial de sabor en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogurt de soya	45
6	Prueba sensorial de consistencia en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogurt de soya	45
7	Aceptación general de la prueba sensorial de escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogurt de soya	46

8	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt de leche de soya con edulcorante artificial.	48
9	Variación del pH en función del tiempo de incubación para diferentes formulaciones	49
10	Evaluación sensorial para desarrollo de formulación de yogurt de leche de soya con edulcorante artificial	59
11	Panel de personas que realizaron la prueba sensorial de escala hedónica de nueve puntos para el yogurt de leche de soya	64
12	Balance de masa del proceso de elaboración de Yogur de leche de soya con edulcorante artificial	65

## TABLAS

I	Composición promedio del frijol de soya	2
II	Aminoácidos esenciales de alimentos (mg / 1 g de Nitrógeno)	3
III	Minerales en leche de soya frente a ingestión diaria recomendada	5
IV	Vitaminas en leche de soya frente a ingestión diaria recomendada	5
V	Composición de leche de soya y leche de vaca por cada 240g	12
VI	Número de personas para testear un producto y tiempo para entrenar un panel para cada una de las pruebas	21
VII	Formulación de yogurt de leche de soya con edulcorante artificial con un % de aceptación por parte del consumidor	43
VIII	Operaciones unitarias y equipo utilizado en el proceso de elaboración de yogurt de leche de soya con edulcorante artificial	47

IX	Rendimiento de las bacterias <i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i>	49
X	Balance de masa y energía del proceso de elaboración de yogur de leche de soya	50
XI	Descripción y justificación de cada etapa de la elaboración de yogur de leche de soya.	59
XII	Formulaciones de muestras de pruebas realizadas	63
XIII	pH en función del tiempo de incubación para diferentes formulaciones	63
XIV	Rendimiento de las bacterias <i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> para diferentes formulaciones	64

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>ATT</b>	Ácidoz total titulable
<b>Adic.</b>	Adición de fruta natural
<b>Cpf</b>	Capacidad calorífica del flujo F
<b>Estab.</b>	Estabilizador para Yogurt
<b>LEP</b>	Leche de soya en polvo
<b>Mf</b>	Flujo másico de la corriente F
<b>Op.</b>	Operaciones unitarias físicas
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>Qe</b>	Calor absorbido por el flujo E
<b>TDC</b>	Transferencia de calor
<b>TDM</b>	Transferencia de masa
<b>Tei</b>	Temperatura de entrada del flujo I
<b>Tsi</b>	Temperatura de salida del flujo I
<b>Xai</b>	Fracción molar de agua del flujo I
<b>Xsi</b>	Fracción molar de sólidos del flujo I



## GLOSARIO

<b>Aminoácido</b>	Compuesto orgánico nitrogenado que constituye el componente esencial de la molécula de proteína.
<b>Bacterias termofílicas</b>	Son microorganismos que viven y se desarrollan en condiciones de temperaturas extremas
<b>Carbohidratos</b>	Compuestos formados por átomos de carbono, hidrógeno y una menor cantidad de oxígeno.
<b>Grasa</b>	Substancia formada por carbón, hidrógeno y oxígeno no soluble en agua.
<b>Homogenización</b>	Tratamiento al que se someten algunos líquidos, especialmente la leche, para evitar que se produzca la separación de sus componentes.
<b>Lactosa</b>	Componente principal de los hidratos de carbono que aportan el sabor dulce a la leche.
<b>Mineral</b>	Sustancia natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida (dentro de ciertos límites), posee unas propiedades características y, generalmente,

tiene estructura de un cristal (forma cristalina).

**Proteína**

Macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.

**Termoestable**

Que no se altera fácilmente por la acción del calor.

**Vitamina**

Compuestos heterogéneos que no pueden ser sintetizados por el organismo humano.

## RESUMEN

El trabajo de investigación consistió en el desarrollo de una formulación de yogurt de leche de soya con edulcorante artificial con el objetivo de satisfacer las necesidades de aquellos consumidores que poseen diabetes, y que además, no son capaces de digerir la lactosa, la cual se llevó a cabo en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina.

Se elaboraron varias muestras del producto con diferentes formulaciones variando el porcentaje de edulcorante artificial, leche de soya en polvo y fruta natural, y se determinó cuál de éstas fue la que más satisfacía los gustos del consumidor a través de una evaluación sensorial con una escala hedónica de nueve puntos, para un grupo de 50 personas, con una aceptabilidad del 80%, donde se obtuvo que la formulación más aceptada tiene un 79% agua, 7% soya, 1% leche de soya en polvo, 4% edulcorante artificial, 1% estabilizador para yogurt, 1% cultivo de yogurt liofilizado y 7% fruta natural.

A partir de ésta última formulación, se desarrolló el proceso de elaboración del producto con equipos industriales para una producción de 10,000L/día, y se plantearon los respectivos balances de masa y energía, con lo cual se determinaron los flujos de materias primas, y consumos energéticos.

Además, se determinó la variación de pH en función del tiempo de incubación para las diferentes formulaciones, comprobando así, que la acidez del yogur de leche de soya se incrementa durante su tiempo de incubación, y que las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* tienen un rendimiento de crecimiento promedio de 93%.

## **HIPÓTESIS**

Las propiedades organolépticas del producto final de yogurt de leche de soya varían en función del porcentaje de sólidos, es decir, leche de soya en polvo, fruta natural y cultivo de yogurt liofilizado, y edulcorante no calórico, splenda granulado, agregada a dicho producto, de acuerdo a pruebas hedónicas de escala de nueve puntos realizadas a personas comprendidas entre la edad de 16 – 65 años.



## **OBJETIVOS**

- **GENERAL**

Desarrollar una formulación de un producto tipo yogurt de leche de soya con edulcorante artificial y diseñar su proceso de fabricación a nivel industrial.

- **ESPECÍFICOS**

1. Determinar la cantidad de edulcorante artificial (Splenda granulado) y de sólidos adecuada (leche de soya en polvo, fruta natural y cultivo de yogurt liofilizado) para que el producto elaborado posea una amplia aceptación en el consumidor final.
2. Evaluar, basándose en pruebas hedónicas de escala de nueve puntos, si el producto tipo yogurt de leche de soya con edulcorante artificial posee las características adecuadas para ser aceptada por el consumidor final y competir de esta manera en la industria alimenticia.
3. Diseñar el proceso mediante el cual se elaborará a nivel industrial el producto tipo yogurt de leche de soya.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen productos alimenticios procesados a base de leche animal y azúcar natural. Sin embargo, dentro de la población existe un grupo de personas que no son capaces de digerir la lactosa o bien son alérgicos a ella y padecen de diabetes, por lo tanto, es necesario desarrollar una formulación tipo yogurt de leche de soya con edulcorante artificial dirigido a esta población específica, para que de esta manera se pueda cubrir este sector del mercado.

Además del desarrollo de la formulación, el planteamiento del diseño de proceso de producción a nivel industrial que describe los equipos a utilizar, las operaciones unitarias involucradas, balances de masa y energía, y relación de costos, amplía el concepto de esta producción y por consiguiente podrían incrementar la tendencia a invertir en este negocio, satisfaciendo así las necesidades del consumidor.

En el presente trabajo de graduación se describe el proceso de elaboración de yogurt de leche de soya a partir de la determinación de una formulación aprobada por el consumidor, basado en un análisis sensorial realizado a través de una escala hedónica de nueve puntos para personas cuya edad oscila entre 16-69 años.



# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 SOYA

La soya es una leguminosa de la familia de las papilionáceas, a la que pertenecen plantas tan conocidas como el frijol o la arveja, y crece en varias plantas herbáceas de abundante follaje; es en los países templados algo cálido donde mejor se desarrolla.

No hay ninguna otra planta que use la energía del sol de manera más rápida o eficaz, ya que después de 100 días el frijol de soya madura completamente, y en este corto pero fructífero período de vegetación convierte el 4% de la energía solar en grasa, proteína e hidratos de carbono, lo cual hace suponer que la planta de la soya aprovecha 40 veces más el sol que el resto de las plantas.

La composición del frijol de soya varía como resultado de las diferencias climáticas y de las variedades, pero, en general, presenta la composición que aparece en la siguiente tabla.

**Tabla I. Composición promedio del frijol de soya**

<b>Parte del frijol de soya</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Carbohidratos (%)</b>	<b>Grasas (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>
Epidermis (8%)	8.8	86	1	4.3
Cotiledón (90%)	43	29	23	5.0
Hipocotilo (2%)	41	43	11	4.4
Fríjol entero	40	34	21	4.8

Fuente: Asociación Americana de soya. **Soya en productos lácteos.** Referencia 2.

### **1.1.1 Origen de la Soya**

La soya tiene su origen en el sudeste asiático, ya que se registran restos de su existencia en china hace ya más de 5000 años y su uso como alimento aparece documentado en ése país en el año 2800 a.C. Dado que las religiones orientales prohibieron el consumo de carne animal, la soya se impuso desde el principio como un cultivo imprescindible en oriente para suministrar las proteínas que no podían adquirir de la carne. No fue sino hasta el período de la I Guerra Mundial que se reconoció el valor de la soya como fuente de aceite, y fue hasta la II Guerra Mundial que la escasez de proteína de origen animal hizo que se empezara a considerar el potencial de la soya como una posible alternativa.

A partir de allí fue llevada a Europa en el siglo XVII y a Estados Unidos a principios del siglo XIX, su cultivo adquirió mayor importancia dentro de los países occidentales hasta convertirse en el primer país productor del mundo y un gran exportador a otros países que la necesitan.

## 1.1.2 Composición Química

### 1.1.2.1 Proteína

En base seca la soya contiene aproximadamente cuarenta por ciento de proteína, y es por eso que dentro de las leguminosas la soya esta dentro de las que tiene un contenido alto, ya que en otros granos el promedio se encuentra entre 20-30% de proteína. Los cereales tienen un contenido de proteína menor en un rango de 8–15%.

La proteína de soya contiene aminoácidos en suficiente cantidad como la lisina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptofano y valina, pero carece de aminoácidos sulfurados como la cistina y metionina. En la tabla II se comparan los aminoácidos esenciales en la proteína de soya y otros alimentos.

**Tabla II. Aminoácidos esenciales de alimentos (mg / 1 g de Nitrógeno)**

<b>Aminoácido</b>	<b>Soya</b>	<b>Maíz</b>	<b>Carne</b>	<b>Leche</b>
Isoleucina	336	289	327	407
Leucina	482	810	512	626
Lisina	395	180	546	496
Fenilalanina	309	284	257	309
Tirosina	199	382	212	325
Cistina	111	81	79	57
Metionina	84	116	155	156
Treonina	246	249	276	294
Triptofano	86	38	73	90
Valina	328	319	347	438

Fuente: Asociación Americana de soya. **Soya en productos lácteos**. Referencia 2.

### **1.1.2.2 Lípidos**

El contenido de lípidos de la soya es del 20% en base seca, aproximadamente el 96% del aceite crudo de soya esta compuesto de triglicéridos, más del 80% de los ácidos grasos constituyentes del aceite de soya son insaturados, siendo el ácido oleico y linoleico los predominantes.

Además, contiene de 7 a 9% de ácido linoleico trinsaturado, el cual es generalmente reconocido como un aceite insaturado benéfico para la salud, contrario a la grasa saturada.

### **1.1.2.3 Carbohidratos**

Los frijoles de soya enteros tienen aproximadamente el 34% de carbohidratos de peso en base seca, que se encuentra libre de almidón.

### **1.1.2.4 Minerales**

El contenido total de minerales de la soya ha sido determinado por ceniza en cinco por ciento de peso en base seca. Los principales constituyentes minerales de la soya son el calcio, hierro, magnesio, zinc, cobre. A continuación se muestra una tabla con el contenido de minerales de la leche de soya comparada con la ingestión diaria recomendada.

**Tabla III. Minerales en leche de soya frente a ingestión diaria recomendada**

<b>Minerales</b>	<b>Ingestión Recomendada (mg/día)</b>	<b>Leche de soya (mg/l)</b>
Calcio	500	100
Hierro	2	5.7
Fósforo	-	570

Fuente: Asociación Americana de soya. **Soya en productos lácteos.** Referencia 2

### 1.1.2.5 Vitaminas

Dentro de las principales vitaminas que se encuentran en la soya están la tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B6, ácido fólico, y excepto la vitamina C y D están presentes en cantidades variables. Las vitaminas hidrosolubles tiamina, piridoxina y ácido fólico están presentes en proporciones mayores comparadas con las otras.

**Tabla IV. Vitaminas en leche de soya frente a Ingestión diaria recomendada**

<b>Vitamina</b>	<b>Ingestión Recomendada (mg/día)</b>	<b>Leche de soya (mg/l)</b>
A	0.8	50 I.U
B1	1.2	0.6
B2	1.8	0.5
B12	0.05	0
Niacina	15	5
C	70	5
D	0.002	0

Fuente: Chen, S. **Producción de Leche de Soya.** Referencia 3.

### **1.1.3 Beneficios de la soya**

La soya contiene compuestos denominados Isoflavonas, que se encuentran sólo en las plantas y poseen un alto poder antioxidante, ya que reparan y ayudan a prevenir los daños celulares causados por la contaminación, la luz solar y los procesos normales del organismo, como la producción de radicales libres, los cuales perjudican al sistema inmunológico provocando que las células se dividan con alta frecuencia, haciéndolos responsables de los cambios propios del envejecimiento.

#### **1.1.3.1 Enfermedades cardíacas**

La proteína de soya y las isoflavonas reducen el colesterol malo, y los triglicéridos disminuyen la coagulación sanguínea, bajando los riesgos de ataques al corazón y apoplejía. Además, mejora la circulación en general al aumentar la flexibilidad de las arterias y hacer que la sangre fluya con mayor facilidad. Previene, por lo tanto, que el colesterol se deposite en las arterias y conduzca a la arteriosclerosis o que haya una mayor predisposición a sufrir alguna enfermedad cardíaca.

#### **1.1.3.2 Enfermedades cancerígenas**

Las fibras solubles de soya protegen al cuerpo contra muchos tipos de cáncer digestivo, tal como el cáncer de colon y de recto, además, las isoflavonas previenen contra formas de cáncer relacionadas con las hormonas, como el cáncer de mama, de endometrio (uterino) y de próstata.

### **1.1.3.3 Osteoporosis**

La proteína de soya aumenta la capacidad del organismo para retener y absorber calcio en los huesos, mientras las isoflavonas retardan el deterioro y la rotura de los huesos, lo que ayuda a prevenir la osteoporosis.

### **1.1.3.4 Diabetes**

La proteína de soya y su fibra soluble ayudan a regular los niveles de glucosa y las filtraciones renales, lo que contribuye a controlar la diabetes y las enfermedades renales.

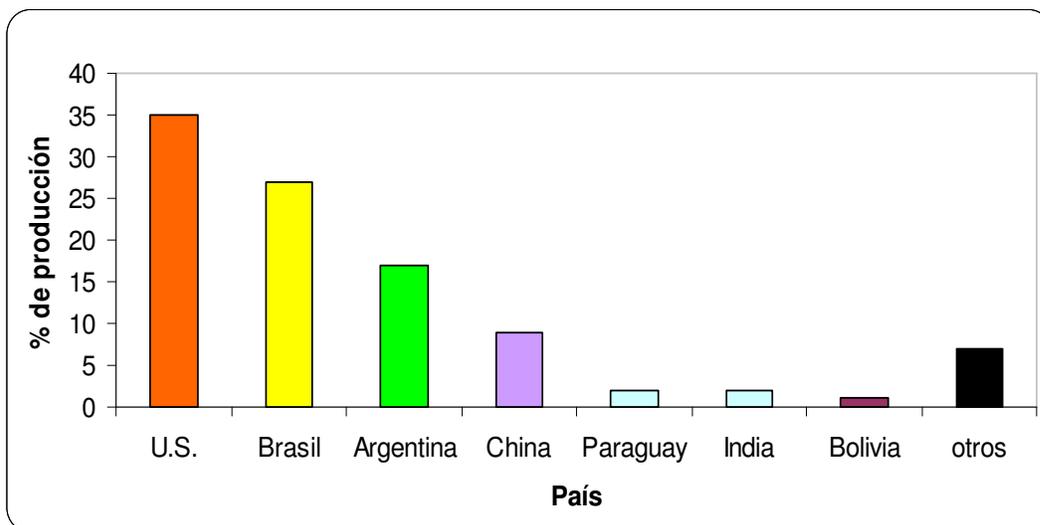
## **1.1.4 Producción y consumo mundial de soya**

La soya (*Glycine max*) es un cultivo anual, que crece en las regiones templadas, subtropicales y tropicales, alcanzando un rendimiento de hasta 3,600 kg / hectárea por ciclo de cultivo, la soya es la fuente de proteína vegetal de más alto rendimiento del mundo. Brasil es el segundo productor mundial (51 millones de toneladas o 27% de la producción mundial de 2005/06), después de E.U (35%). Argentina, Paraguay y Bolivia tienen participaciones en el mercado de 17%, 2% y 1%, respectivamente. China 9% e India 2%, son los otros grandes productores, pero su producción es consumida nacionalmente en su totalidad. EE.UU., Brasil y Argentina son los productores de soya que dominan el mercado mundial, abasteciendo casi el 90% de la oferta de 2006.

La Unión Europea (UE) es la principal importadora de soya, seguida de China que está experimentando un fuerte crecimiento de su importación. Japón, México, Taiwán, Tailandia, Indonesia y Corea del Sur son otros de los principales países importadores de soya en grano y en harina; los principales importadores del aceite de soya son Irán, Bangladesh, Rusia, Marruecos y Egipto.

Aproximadamente, un 88% de la producción de soya es utilizada para obtener aceite y harina de soya, el resto es utilizado como semilla o procesado como grano entero. La soya satisface el 50% de la demanda de harinas oleaginosas ricas en proteína y abastece el 25% de los aceites comestibles del mundo.

**Figura 1. Producción mundial de soya para el año 2006**



Fuente: International diabetes federation. **Diabetes prevalence.** Referencia 4.

Impulsada por el crecimiento de la población y el aumento del ingreso per capita, se espera que la demanda mundial de soya aumente en un 60% y que llegue a alcanzar los 300 millones de toneladas en el año 2020.

### **1.1.5 Productos a base de soya**

El equivalente a una ración de alimentos de soya al día favorece una buena salud y los beneficios aumentan a medida que incrementa el consumo de soya. En las sociedades en las que se consumen grandes cantidades de soya, la gente toma entre 50 y 100 mg al día de isoflavonas de soya, y para lo cual han desarrollado una variedad de productos elaborados a base de este alimento, dentro de los cuales se pueden mencionar aceites, mayonesa, salsa, leche, jugos proteínados, postres, productos de panificación, pastas enriquecidas, fórmulas y alimentos infantiles, cereales enriquecidos, tortillas, etc.

### **1.4.4 Producto tipo yogur de leche de soya**

El yogur de leche de soya se elabora fermentando leche de soya con bacterias, principalmente *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que se encuentran en cultivos de yogur liofilizados, las cuales convierten las azúcares, rafinosa y estaquiosa, en ácido láctico ocasionando la formación del sabor característico del yogur.

Dentro de los pasos principales de elaboración de éste producto se encuentran:

- a. Preparación de la leche de soya
- b. Formulación
- c. Pasteurización
- d. Homogenización
- e. Inoculación
- f. Incubación
- g. Refrigeración

En cuanto a la homogenización y al tratamiento con calor se puede decir que estos incrementan la firmeza y reducen la sinéresis del producto al mejorar la capacidad de retención de agua de la proteína. Para elaborar un producto de buena calidad se deben controlar la calidad de la leche de soya, tipo de cultivo, tipo azúcares adicionados, tiempo de incubación, temperatura, contenido de proteína y contenido de sólidos de la leche de soya, ya que estos influyen en la textura del yogur, es decir que entre más enriquecida este la leche de soya más firme será el yogur.

A continuación se describen los principales componentes para la elaboración del producto tipo yogur de leche de soya:

#### **1.1.4.1 Leche de soya**

La leche de soya se obtiene a partir de las semillas de la soya y es especialmente adecuada para aquellas personas que poseen intolerancia a la lactosa, un componente que este alimento no posee.

Dentro de las principales características indeseables que se encuentran en la leche de vaca se pueden mencionar: amarga, cocinada, fermentada con sabor a fruta, insípida, rara, falta de frescura, oxidante, rancia, salada e insalubre. Mientras que en la leche de soya se pueden encontrar a veces las mismas características indeseables, pero principalmente se encuentran la flatulencia, el sabor a cereal, la astringencia, su viscosidad, el color no tan blanco. En la tabla V, se pueden observar las diferencias en la composición estándar de la leche de soya y la leche entera de vaca.

Uno de los puntos a favor de la leche de soya es que es considerado un alimento funcional, entendiéndose por funcional aquel alimento que brinda una buena nutrición y que además contiene ingredientes activos que aportan beneficios a la salud.

**Tabla V. Composición de leche de soya y leche de vaca por cada 240g**

<b>Componente /100g</b>	<b>Leche de soya</b>	<b>Leche de vaca entera</b>
Calorías	44	59
Agua (g)	90.8	88.6
Proteína (g)	3.6	2.9
Grasa (g)	2	3.3
Carbohidratos (g)	2.9	4.5
Ceniza (g)	0.5	0.7
<b>MINERALES (mg)</b>		
Calcio	15	100
Fósforo	49	90
Sodio	2	36
Hierro	1.2	0.1
<b>VITAMINAS (mg)</b>		
Tiamina (B1)	0.03	0.04
Riboflavina (B2)	0.02	0.15
Niacina	0.5	0.2
Ácidos grasos saturados (%)	40-48	60-70
Ácidos grasos insaturados (%)	52-60	30-40
Colesterol (mg)	0	9.24-9.90

Fuente: Chen, S. **Producción de Leche de Soya.** Referencia 3.

#### **1.1.4.2 Cultivo de yogur liofilizado**

El yogur de la leche de soya se produce cultivando la leche de soya con cultivos mezclados de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus*. Estos dos cultivos son termofílicos y se desarrollan bastante bien a altas temperaturas, comprendidas generalmente entre 40° C y 50° C.

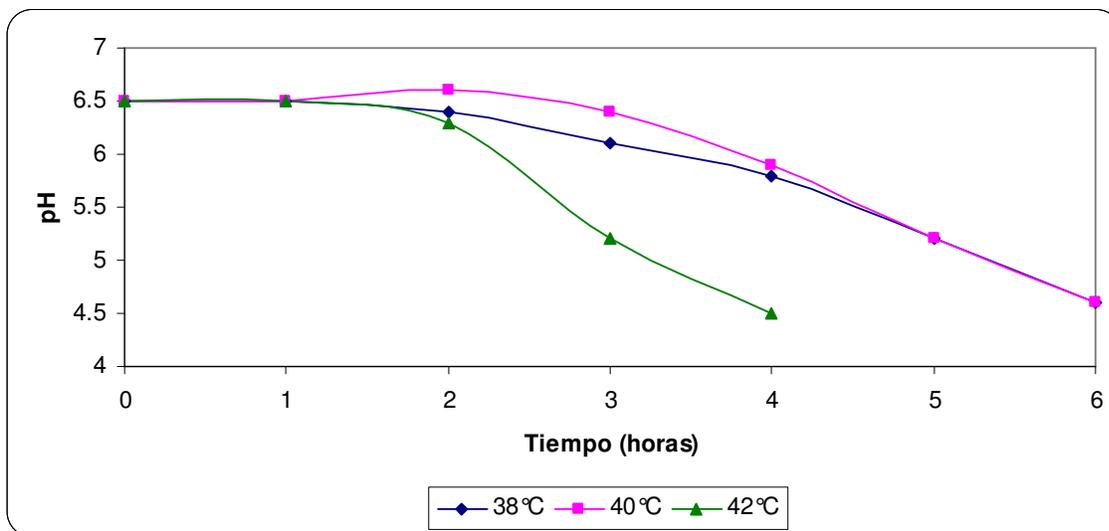
Las funciones principales del cultivo iniciador durante la fabricación del yogur de leche de vaca son la producción de ácido láctico y desarrollo de sabor en el producto. En el proceso de fermentación, los cultivos mencionados son bacterias homofermentativas que fermentan la lactosa de la leche para producir ácido láctico y reducir el pH de la leche para luego formar un gel proteico. El ácido láctico proporciona un sabor ácido y refrescante, mientras que los compuestos carbonilos, acetaldehído, acetona, acetoína, y diacetilo (producidos durante la fermentación) están relacionados con el aroma y el sabor del yogur.

En el caso de la leche de soya se deben adicionar azúcares diferentes a la lactosa para la fermentación. El *S. thermophilus* es capaz de fermentar la lactosa, sacarosa, glucosa y fructuosa, en tanto que el *L. bulgaricus* fermenta la lactosa, glucosa, fructosa y galactosa.

La leche de soya que contiene los azúcares adicionados se inocula con estos dos iniciadores y se incuba a 41° C por un período de aproximadamente seis a ocho horas. El *L. bulgaricus* libera valina, histidina y glicina, estimulan el crecimiento del *S. thermophilus*, en tanto que el *S. thermophilus* produce formiato, que es una sustancia estimuladora para el *L. bulgaricus*. La primera bacteria tiene un mejor desarrollo con niveles altos de pH y, en un período de dos y media horas reduce rápidamente el pH de 7.1 a aproximadamente 5.0, en tanto que la acidez total titulable (ATT) sufre un drástico incremento de 0.11 a 0.44. El *L. bulgaricus* se desarrolla mejor con un pH más bajo de 5.0 y disminuye el pH a un índice menor de aproximadamente 4.2-4.3 en un periodo de tres horas y media, pero la ATT se incrementa a 0.62, a cuyo valor se inhibe la fermentación. Es importante evitar la formación excesiva de acidez y lograr una textura gelatinosa agradable mediante el rápido e inmediato enfriamiento del producto. El producto terminado deberá mantenerse en refrigeración hasta su consumo.

Un cultivo iniciador provee las características particulares deseadas en forma controlable y predecible. En la figura 2 se muestra cómo se comporta el pH en función del tiempo en el proceso de fermentación a diferentes temperaturas de incubación.

**Figura 2. Cinética de Acidificación para un Cultivo Iniciador**



Fuente: AIDE. **Biología alimentaria, manejo del boom de la soya.** Referencia 1.

### 1.1.4.3 Edulcorante artificial

Como edulcorante se conoce a la sustancia que proporciona a un alimento un gusto dulce. Estos pueden ser de dos tipos: naturales como la sacarosa y artificiales como la sacarina, aspartame, ciclamato, taumatina, etc. Para que cualquiera de éstos dos tipos sea utilizable en la industria alimentaria, además de ser inocuo, el sabor dulce debe percibirse y desaparecer rápidamente, su sabor debe ser lo más parecido posible al azúcar común, y debe resistir las condiciones del alimento en el que se va a utilizar, así como los tratamientos a los que se vaya a someter.

El uso de edulcorantes artificiales ha sido objeto de múltiples polémicas por lo que respecta a su seguridad a largo plazo. La forma más adecuada de enfocar esta polémica es desde la perspectiva del balance riesgo-beneficio, pues, el consumidor tiene que decidir si asume en algunos casos un riesgo muy remoto como contrapartida de las ventajas que le reporta el uso de determinados productos, ventajas que en este caso serían la reducción de las calorías ingeridas sin renunciar a determinados alimentos o sabores. También deben tenerse en cuenta los efectos beneficiosos sobre el organismo de la limitación de la ingesta calórica, especialmente en la prevención de los trastornos cardiovasculares y de ciertos procesos tumorales. Aunque el efecto preventivo se produce fundamentalmente con la reducción del contenido de la grasa de la dieta, también puede contribuir la reducción del contenido energético global, y en este caso los edulcorantes artificiales serían una cierta ayuda. Por supuesto, son de gran interés para el mantenimiento de la calidad de vida de aquellas personas que por razones médicas tienen que controlar su ingestión de azúcares.

Algunos tipos de edulcorantes artificiales no calóricos son:

- Ciclamato y sus sales

Es 50 veces más dulce que la sacarosa, y tiene un cierto regusto desagradable, que desaparece cuando se utiliza mezclado con la sacarina, es muy estable, y no le afecta la acidez ni el calentamiento, su utilización fundamental está en las bebidas carbónicas. También se puede utilizar en yogures edulcorados y como edulcorante de mesa. El ciclamato como tal es menos soluble en agua que sus sales, que son las que se utilizan habitualmente. El ciclamato no tiene la consideración universal de aditivo alimentario sin riesgos.

- Sacarina y sus sales

La sacarina es varios cientos de veces más dulce que la sacarosa, la forma más utilizada es la sal sódica, ya que la forma ácida es muy poco soluble en agua. Tiene un regusto amargo, sobre todo cuando se utiliza a concentraciones altas, pero este regusto puede minimizarse mezclándola con otras sustancias. Es un edulcorante resistente al calentamiento y a los medios ácidos, por lo que es muy útil en muchos procesos de elaboración de alimentos.

- Aspartame

Es el más importante de los nuevos edulcorantes artificiales, químicamente está formado por la unión de dos aminoácidos (fenilalanina y ácido aspártico), uno de ellos modificado por la unión de una molécula de metanol. Aunque como tal no existe en la naturaleza, sí que existen sus componentes, en los que se transforma durante la digestión. Es varios cientos de veces más dulce que el azúcar, por esta razón, aunque a igualdad de peso aporta las mismas calorías aproximadamente que el azúcar, en las concentraciones utilizadas habitualmente este aporte energético resulta despreciable.

- Sucralosa

Es un edulcorante artificial que es de 320 a 1000 veces más dulce que la sacarosa y cuatro veces más dulce que el aspartame. A diferencia de éste último, es termoestable y resiste variedad de pH, puede usarse en pastelería, o productos de larga vida.

La sucralosa es el único edulcorante de bajas calorías que se fabrica a partir del azúcar y se utiliza en su reemplazo para bebidas de bajas calorías y alimentos procesados. La molécula de sucralosa tiene la particularidad de ser inerte y pasar por el cuerpo sin alterarse, sin metabolizarse, y es eliminada después de consumida. Éste tipo de edulcorante es el que se conoce comercialmente como “*splenda*”.

#### **1.1.4.4 Estabilizante para yogur**

Los propósitos principales de la aplicación de los estabilizadores son:

- Producir una consistencia y textura suaves
- Reducir la formación de cristales durante el almacenamiento
- Proporcionar uniformidad al producto
- Proporcionar la resistencia deseada contra derretimiento
- Mejorar las propiedades de manejo.

Los estabilizadores trabajan a través de su habilidad para formar estructuras gelatinosas en agua o su capacidad para combinarse con agua como agua de hidratación. Dentro de los estabilizadores se encuentran: la gelatina, alginato de sodio, carboximetilcelulosa de sodio, carragenina, goma de algarrobo, goma guar y pectina. En general, se utiliza aproximadamente de 0.2 a 0.3% de estabilizador por peso de la mezcla.



## 1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial consiste en evaluar las propiedades organolépticas de los productos, es decir, todo lo que se puede percibir por los sentidos, y determinar su aceptación por el consumidor.

### 1.4.4 Aplicaciones

La evaluación de la calidad sensorial de los alimentos cada día cobra más importancia en la industria alimentaria, dado las exigencias del mercado competitivo actual y su repercusión en el desarrollo de cualquier empresa o entidad productora. Algunas de las aplicaciones que se pueden mencionar son:

- Control de calidad de materias primas
- Control de calidad de productos finales
- Desarrollo y lanzamiento de nuevos productos
- Comunicación a los consumidores de las características de un producto
- Pruebas de mercado para nuevos productos
- Preferencias del consumidor
- Investigación de factores que influyen en el olor y el aroma de alimentos
- Investigación de aromas

La herramienta básica que se emplea para realizar éste análisis son las personas. En lugar de utilizar una máquina, el instrumento de medición es el ser humano, por lo que se toman todos los recaudos para que la respuesta sea objetiva.

#### **1.4.4 Tipos de análisis sensorial**

Se habla de tres grandes grupos: descriptivo, discriminativo y del consumidor. También existen métodos rápidos de control de calidad como los que se utilizan en las líneas de producción.

##### **1.2.4.1 Análisis descriptivo**

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). Este tipo de análisis es el más completo, para la primera etapa se trata de determinar que recuerdos se perciben y como se describe cada olor. A medida que transcurre el entrenamiento, la persona reconoce ese olor e inmediatamente lo describe. Es decir, se agiliza el proceso mental “estímulo-respuesta”. En tanto, la segunda parte está basada en aprender a medir, aunque inconscientemente se calculan distancias y medidas, es necesario formalizarlo y hacerlo consciente, y es aquí donde empieza el entrenamiento con escalas. Por ejemplo, ante un jugo con olor a mandarina, se mide la intensidad de ese olor en una escala del cero al diez.

##### **1.2.4.2 Análisis discriminativo**

Es utilizado para comprobar si hay diferencias entre productos, y la consulta al panel es cuánto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos. Se hace un juicio global. Por ejemplo, ante una muestra A y una B, se pregunta cuál es la más dulce, o ante A, B y C, donde dos son iguales y una tercera es diferente, cuál es distinta.

### 1.2.4.3 Test del consumidor

También llamado test hedónico, se trabaja con evaluadores no entrenados, y la pregunta es si les agrada o no el producto. El consumidor debe actuar como tal. Lo que se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que está en evaluación. Contrariamente, a los evaluadores que realizan control de calidad nunca se les consulta si el producto es de su agrado. Tienen que decir si son distintos, si no difieren, si son dulces, si son amargos.

### 1.4.4 Número de personas y tiempo para entrenar un panel

**Tabla VI. Número de personas para testear un producto y tiempo para entrenar un panel para cada una de las pruebas.**

<b>Prueba</b>	<b>Número de personas</b>	<b>Tiempo para entrenar un panel</b>
Análisis Descriptivo	< 10 personas, debido a la dificultad de entrenar a una mayor cantidad.	6 -8 sesiones, hasta que cada evaluador aprende el vocabulario y la escala.
Análisis Discriminativo	20 – 25 personas, dependiendo del tipo de ensayo.	Es más rápido, pues no es necesario entrenamiento específico.
Test Hedónico	> 30 personas, para obtener numerosas respuestas.	No demanda entrenamiento porque es espontáneo.

Fuente: Lexur. **Información Básica de la Soya.** Referencia 5.



## 1.3 PRUEBAS HEDÓNICAS

El término hedónico proviene del griego *hedond*, que significa placer, y hace referencia a la atracción subjetiva del individuo por el producto a evaluar. En consecuencia el objetivo de una prueba hedónica es obtener una respuesta personal, ya sea de aceptación o de preferencia, de un consumidor potencial o real, sobre un producto concreto, una idea o proyecto de producto o simplemente una característica específica del mismo.

Con un test hedónico se busca conocer el tipo de comportamiento de un consumidor determinado frente a un producto concreto, por ejemplo:

- Frecuencia de consumo del alimento
- Cantidades en que se consume
- El uso asociado con otros productos
- El producto es crudo o cocinado
- Homogeneidad del producto
- Si se mastica o se disuelve en la boca

### 1.4.4 Conceptos Básicos

Lo primero que debe quedar claro es la diferencia entre dos términos esenciales en las valoraciones hedónicas: aceptabilidad y preferencia.

- **Aceptabilidad**

Aceptabilidad es se define como capaz o digno de ser aceptado. La aceptación intrínseca de un producto alimentario es la consecuencia de la reacción del consumidor ante las propiedades físicas, químicas y texturales del mismo, es decir, su evaluación sensorial. Por ejemplo, si se valora un café, se encuentra más o menos aceptable en función de los distintos tipos de café que se hayan probado.

- **Preferencia**

El término preferencia aparece como la primacía, ventaja o mayoría que alguien o algo tiene sobre otra persona o cosa, ya en el valor, ya en el merecimiento.

Sobre la base de lo comentado debe quedar muy claro que un alimento o bebida preferido no tiene por qué ser aceptable, es más, el producto preferido puede tener la misma aceptabilidad que el no preferido. Por tanto, los parámetros que ayudan a medir la aceptabilidad de un alimento son:

- a. Actitud positiva hacia el producto.
- b. Previsión de una utilización real, ya sea porque se ha incrementado la compra o bien por un aumento en el consumo.
- c. Preferencia o nivel de agrado de un alimento determinado.

## **1.4.4 Objetivos de una prueba hedónica**

### **1.3.4.1 Potencial de mercado**

Permite conocer las condiciones de venta, el perfil socio-económico del comprador y su poder adquisitivo. Las empresas buscan deliberadamente mejorar sus productos debido a la intensa competencia entre los consumidores. Habitualmente los estudios para verificar el potencial de un alimento o una bebida entre sus futuros compradores los lleva a cabo el Departamento de Marketing, en estrecha relación con los analistas especializados en evaluaciones sensoriales.

### **1.3.4.2 Aceptación en el mercado.**

Resulta de gran interés saber qué opinión tienen los consumidores sobre la forma, el sabor, el tamaño, la relación calidad-precio o las características del envase de un producto. En este caso, los test afectivos son premisa esencial para evaluar las críticas de un consumidor que puede y debe mirar, tocar y degustar el alimento. Es fundamental que los catadores respondan a cuestionarios y evaluaciones que confirmen que las características del producto se ajustan, o incluso superan, las expectativas creadas y por supuesto mejoran las cualidades del producto competidor. En los productos optimizados, el cuestionario que debe responder el juez, tras la ingesta del alimento, debe orientarse a la percepción de diferencias achacables a los cambios acometidos.

### **1.3.4.3 Calidad de producto**

Esto permite asegurar la uniformidad del producto, comparar un alimento con sus competidores o asegurar su vida útil, independientemente del punto de fabricación y del lugar de venta.

### **1.3.4.4 Factores de importancia para el empresario.**

Sin género de dudas, una de las mayores partidas presupuestarias de las empresas de alimentos va destinada a la búsqueda y mantenimiento de la competitividad de la empresa, el tipo de mercado al que va destinado y el volumen de ventas. Un producto puede llegar a venderse muy bien por su sabor, su precio y su aspecto externo, la promoción y las campañas publicitarias de lanzamiento y continuidad, su disponibilidad en almacenes y locales de venta habitual o, simplemente, por una combinación lineal de todos estos factores.

### **1.3.4.5 Optimización de un producto.**

El término optimizar está unido a la manipulación del alimento: añadir, eliminar o modificar ingredientes y atributos. Obviamente si se desea que un producto tenga éxito la premisa esencial es ofrecer al consumidor lo que desea. Por tanto, si se conoce su opinión y qué aspectos deben mejorarse la tarea se facilita enormemente. Desde luego no sólo se trata de perfeccionar los aspectos deseables, sino de reducir los indeseables.

#### **1.4.4 Factores que influyen en la aceptabilidad y/o preferencia por un alimento.**

Existen numerosos elementos determinantes en la aceptabilidad o preferencia de un producto, elementos que pueden influir por sí solos o interaccionar entre ellos, los cuáles se pueden subdividir en dos grandes grupos: características del alimento o bebida y características del consumidor.

##### **1.3.4.1 Características del alimento o bebida**

- Disponibilidad: Es básico que sea fácil encontrar el producto en las zonas habituales de compra para el consumidor, de ahí que uno de los objetivos mayoritarios de todas las empresas de alimentos sea ampliar sus puntos de venta.
- Utilidad: Por alimento útil se entiende aquel que resulta imprescindible en una dieta (por el aporte de vitaminas, nutrientes esenciales, proteínas o carbohidratos), que puede ejercer un efecto beneficioso sobre nuestra salud o nuestro aspecto físico o que puede ayudar a reducir una enfermedad.
- Conveniencia: Se diferencia básicamente de la utilidad porque se introducen factores económicos, es decir, se trata de analizar si conviene gastar dinero en el producto o bien si valdría la pena destinarlo a otro fin.

- Precio: es uno de los factores más limitantes para la libertad con la que el consumidor escoge el producto y puede ser origen de una diferenciación social. El hombre tiene una disponibilidad limitada de recursos económicos para el consumo, determinada por su nivel de renta y por la existencia de unos precios que debe pagar para acceder a aquello que desea.
- Uniformidad, estabilidad y almacenamiento: los productos poco estables, que requieren de unas condiciones de almacenamiento y conservación peculiares suelen tener poco éxito entre la población.
- Valor nutricional: es un factor muy en alza en este milenio. De hecho, existe un nuevo perfil de consumidor en la Unión Europea, cada vez más preocupado por el valor cualitativo y dietético de los alimentos.
- Propiedades sensoriales: las propiedades que se analizan con los sentidos son el aspecto, olor, aroma, sabor y textura.

#### **1.3.4.2 Características del consumidor**

- Preferencia debido a la Nacionalidad o raza: en determinadas zonas existe una especial predilección por algunos alimentos, ya sea por tradición o porque la producción es abundante, tal es el caso del café, los huevos blancos o marrones, el aceite de oliva o de girasol.

- Edad y sexo: La edad puede afectar a la preferencia por ciertos productos, los dulces en niños, salados y amargos en adultos, mientras que la influencia del sexo depende del producto y de la cultura a la que pertenezca el individuo. Por supuesto, en los países desarrollados estas diferencias se atenúan o tienden a desaparecer.
  
- Religión y educación: se conocen las recomendaciones y orientaciones, en materia alimenticia, de algunas religiones, se trata de una opción libre y como tal se entiende. En cuanto a la educación se convierte en un factor primordial; es muy fácil que los niños se nieguen a consumir pescado y verduras, pero la constancia y el estímulo de los padres junto a la elaboración de platos atractivos puede cambiar su comportamiento futuro.
  
- Motivación psicológica: Engloba creencias propias y ajenas, actitudes y expectativas y se encuentra innegablemente condicionada por la publicidad.
  
- Motivación fisiológica: Incluye determinadas necesidades fisiológicas. Es indudable que tener sed o hambre eleva, por encima de otras prioridades, la necesidad de adquirir una bebida o una comida.



## 1.4 DISEÑO DE PROCESOS

Diseñar es la esencia de ingeniería, más ampliamente descrito, diseñar es el proceso creativo por medio del cual la comprensión de lógica y ciencia se unen en lo que el ser humano necesita y quiere percibir, y refina los artefactos para servir un propósito específico humano.

Un proceso es la sucesión de pasos y decisiones que se siguen para realizar una determinada actividad o tarea, para desarrollar un proceso se para ello se siguen el siguiente procedimiento:

1. Adquirir todo el conocimiento necesario acerca del producto a fabricar.
2. Con el conocimiento adquirido acerca del producto, elaborar un diagrama de flujo tentativo del Proceso Productivo.
3. Estimar los parámetros del proceso, como temperaturas, concentraciones y flujos de materiales, los mismos que servirán para su posterior simulación, con estos datos establecer un balance de materiales, balance de energía, diagrama de proceso, lay-out y requerimientos de servicios.

4. Elaborar un modelo de simulación a fin de evaluar el diseño tentativo del proceso, lo cuál permitirá evaluar variables tales como: Tiempo de Ciclo del Proceso, Costo de Fabricación, Porcentaje de Utilización de los Recursos, rendimientos, etc.
5. Documentar el proceso obtenido mediante Hojas de Tarea. Si el modelo de simulación lo permite, se puede emplear el mismo para registrar el proceso global, de lo contrario se debe elaborar/corregir los diagramas de flujo como parte de la documentación del proceso.
6. Una vez puesto en marcha el proyecto, se debe evaluar/corregir el modelo de simulación comparándolo con la realidad y analizar las causas de posibles discrepancias. Nuevamente se optimiza el sistema y se documentan los cambios tornándose en un proceso iterativo.

#### **1.4.4 Investigación Básica de Ingeniería**

Los productos nuevos a menudo se originan en laboratorios industriales, el químico industrial escoge reacciones que, si tienen éxito, logran de inmediato cierta significación comercial.

El ingeniero químico también está ligado en su profesión a la investigación básica. Muchas compañías llevan a cabo, en forma continua, programas experimentales sobre operaciones unitarias, cinética de reacciones y termodinámica. El propósito de dicha experimentación es alcanzar un mayor conocimiento de estas operaciones a modo de poder mejorar los procedimientos de diseño y de operación de la planta.

#### **1.4.4 Desarrollo del proceso**

Los principios nuevos de diseño, las reacciones moderas y los nuevos compuestos sugieren, por lo general, aplicaciones de importancia industrial que ponen alerta a la gerencia técnica. Tales aplicaciones pueden ser un nuevo proceso o la mejora de uno existente, requiriendo ambos el diseño y construcción de nuevos servicios y pudiendo implicar gastos de una gran cantidad de dinero. Dado que la mayoría del diseño de ingeniería es de naturaleza empírica, rara vez es posible saltar de lo diseñado en el laboratorio a una planta terminada. Debe efectuarse una considerable cantidad de lo que podría llamarse investigación de desarrollo y/o aplicada. La información obtenida permite el diseño de equipo de proceso con un razonable grado de seguridad. El ingeniero de proceso que va a estar relacionado con el diseño quizá con la operación fundamental de un proceso, llega a estar íntimamente asociado con el estudio en este punto. Debe ser provisto con todos los datos e interpretaciones de datos obtenidos en el laboratorio. Su experiencia en diseño y operación de plantas hacen su consejo en extremo valioso para los grupos de desarrollo. Además, puede estar seguro de tener todos los datos necesarios posibles para los cálculos de diseño sólo si se mantiene en estrecha relación con el departamento de desarrollo del proceso.

Existen tantas incógnitas e intangibles que han desafiado el análisis teórico, que es necesario evaluar de manera empírica estos factores en un equipo de mayor escala, el llamado planta de equipo piloto o de planta semi-industrial, se sigue un proceso lo más parecido posible al que se empleará en la planta comercial, de manera que los datos obtenidos puedan ser utilizados con confianza al pasar de la escala de planta piloto al tamaño comercial.

Las plantas piloto son costosas en su construcción y operación. No es poco común que una sola planta piloto cueste cerca de un millón de dólares, por consiguiente, es imperativo que para reducir la cantidad de trabajo requerido de planta piloto y, de ser posible, eliminarlo por completo, se utilicen todos los conocimientos teóricos disponibles para el ingeniero químico.

#### **1.4.4 Evaluación del proceso**

La evaluación de un proceso consiste del análisis tanto de la ingeniería como de la economía del proceso y, en su sentido más amplio, es una operación continuada. Debe iniciarse, inclusive, antes de haber efectuado cualquier trabajo de laboratorio. Un cuidadoso análisis de costos en una etapa inicial, indicará si el proceso propuesto es prometedor, y también puede sugerir la dirección de las experimentaciones. La evaluación del proceso debe continuar a intervalos regulares, con objeto de cubrir de esta manera los datos nuevos y significativos que se vayan obteniendo.

#### **1.4.4 Procedimiento del diseño de proceso**

##### **1.4.4.1 Base del diseño**

Antes de proceder con cualesquiera cálculos de diseño, es esencial establecer por escrito una base completa del diseño. Esta debe incluir la cantidad y calidad de productos deseados, las materias primas y la cantidad y calidad de productos deseados, las materias primas y sus características, los servicios y sus temperaturas y presiones, y otros factores tales como la probable aplicación de los subproductos.

#### **1.4.4.2 Diagrama esquemático de flujo y balance de materiales y energía**

Por lo general, para un proceso antiguo la experiencia determina el arreglo más deseable del equipo. Si el proceso es nuevo, el trabajo experimental y la evaluación económica deben suministrar la información esencial para elegir las operaciones unitarias requeridas. El trabajo experimental no siempre es completo, y el ingeniero en diseño de proceso debe reconocer cualesquiera deficiencias que existan, con objeto de poder solicitar los datos adicionales. Se han diseñado y construido plantas con base en datos experimentales para la purificación del mismo. Las operaciones de purificación que se diseñaron sin el beneficio de los datos de laboratorio, resultaron inadecuadas y fueron la causa de que toda operación fracasara económicamente.

Suponiendo que existe información adecuada, se debe construir un diagrama esquemático en el cual se indiquen todas las operaciones requeridas para la producción de la cantidad y calidad deseadas del producto acabado. Cada una de las operaciones unitarias que se necesitan pueden ofrecer diversas alternativas desde un punto de vista económico. Entonces deben hacerse balances de materiales y energía alrededor de cada unidad, y los resultados registrarse de una manera ordenada de tal modo que puedan ser empleados para los muchos cálculos de diseño de renglones individuales de equipo y para el establecimiento de especificaciones por escrito. El orden y la limpieza son valiosas características en este tipo de trabajo. Cuando en el diseño de proceso de una planta se cuenta pronto con un diagrama de flujo que se pueda entender con facilidad y con un balance exacto de materiales y energía, se eliminan muchos errores y se puede tener a varias personas trabajando eficientemente en diversas fases del diseño.

### **1.4.4.3 Procedimientos de diseño**

El procedimiento usual de diseño de proceso podría ser separado en dos divisiones principales. La primera implica el diseño real del equipo que se va a construir bajo pedido y la segunda consiste en especificar las condiciones de operación para equipo de fabricación estándar. A la primera categoría pertenecen equipos tales como torres de destilación, torres de absorción, unidades de adsorción y extracción, y reactores. Equipos que implican transferencia de masa se diseñan mediante el cálculo del número ideal de etapas o del número de etapas de equilibrio.

Los reactores se diseñan con la aplicación de cinética química, a partir de datos experimentales se determinan ecuaciones de velocidad, después de lo cual se evalúan constantes empíricas para las ecuaciones. Si el efecto de la temperatura sobre estas constantes ha sido establecido, es posible calcular tamaños de reactor para diversas condiciones supuestas de operación. Esta técnica permite un completo análisis económico del diseño del reactor, sin una experimentación excesiva. No obstante, en muchos casos las reacciones son tan complejas que el análisis es racional por los principios de la cinética aplicada es sumamente difícil en el estado actual de conocimientos. En este caso se debe usar el procedimiento empírico de planta piloto, en el cual las condiciones óptimas de operación se determinan mediante un programa planeado de experimentación que requiere cientos de corridas y, por consiguiente, un gasto considerable. La aplicación de la cinética y de la teoría de transferencia de masa en el trabajo de planta piloto debe ser intentada siempre que sea posible, puesto que contribuirá grandemente en la limitación de la cantidad de investigación requerida.

## **2. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1 Desarrollo de una formulación de yogur de leche de soya con edulcorante artificial**

Para desarrollar la formulación de yogur de leche de soya con edulcorante artificial se tomaron como base los materiales, equipo, cristalería y procedimiento descritos a continuación, tomados del conocimiento de elaboración de yogur de leche de vaca (Anexo I y Anexo II), y se estableció el porcentaje de sólido de leche de soya en polvo, y edulcorante artificial hasta obtener una formulación aceptada por el consumidor, lo cual se determinó en base a pruebas hedónicas de escala de nueve puntos que se realizaron con un mínimo de 60 personas para obtener un nivel de confianza del 80% (Ref. 5) cuya edad estaba en un rango de 16 y 65 años, ya que entre estas edades, de acuerdo a la federación nacional de diabetes, se encuentran las personas que más padecen de diabetes (Ref. 4). Además, la intolerancia a la lactosa es una enfermedad que se padece primordialmente desde el nacimiento, y como el objetivo era desarrollar una formulación para personas que padecen de ambas enfermedades se tomó como referencia para realizar las encuestas, el rango de edades previamente mencionado.

Para dar inicio a la investigación se tomó como base la combinación de formulaciones que se muestra en la Tabla XI del apéndice.

### **2.1.1 Procedimiento Descriptivo**

- a. Colocar la leche de soya líquida en el beaker de 100ml y ponerla a calentar en la estufa hasta que se alcancen los 43°C.
- b. Agregar leche de soya en polvo, de ½ - 1 taza de leche por cada litro de yogur, edulcorante no calórico Splenda, ¼ de taza por cada litro de yogur y el estabilizante para yogur.
- c. Por aparte, mezclar el cultivo de yogur liofilizado con leche de soya en polvo y luego agregarlo a la mezcla inicial.
- d. Incubar la mezcla a 42°C en una incubadora durante ocho horas.
- e. Retirar y dejar enfriar en la refrigeradora.
- f. Mezclar el producto hasta que se observe una consistencia más densa.
- g. Agregar edulcorante artificial y fruta natural.

## **2.2 Determinación del rendimiento de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus***

Para determinar el rendimiento se realizaron mediciones de pH, con un potenciómetro, del yogur de leche de soya en función del tiempo en que se realiza la incubación, es decir, el pH del producto fue medido cada hora durante 8 horas. Posteriormente, se utilizaron los datos proporcionados por el proveedor de cepas cultivadas de la curva de crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en función del pH, como lo indica el anexo V. A partir de estos datos y los obtenidos experimentalmente se determinó el rendimiento utilizando la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{dato experimental}}{\text{dato teórico}} * 100\%$$

En la tabla XIV, de la sección apéndice, se puede observar el rendimiento para las primeras seis formulaciones desarrolladas.

## **2.3 Diseño para establecer la formulación más aceptada para el yogur de leche de soya con edulcorante artificial.**

Este objetivo se cumplirá de acuerdo al criterio del consumidor final, pues se le proporcionó una muestra del producto y se le realizó una prueba de escala hedónica de nueve puntos (Figura 7, Apéndice) para que proporcione su opinión respecto a las propiedades organolépticas del mismo y su punto de vista hacia el en el mercado alimenticio.

La encuesta se realizó a personas cuya edad estaba entre 16 y 65 años, como se mencionó en el inciso I de ésta sección, la cual se consideró positiva cuando se obtuvieron resultados entre 6 - 9 puntos, y cuando por lo menos el 80% de las personas haya aprobado el producto, siempre en el rango de 1-3 puntos, en aceptación general. (Ref. 5).

## **2.4 Diseño del proceso de fabricación del yogur de leche de soya con edulcorante artificial**

Para diseñar el proceso de fabricación industrial del yogur de leche de soya con edulcorante artificial se tomó como base la formulación y procedimiento de elaboración a nivel de laboratorio de dicho producto. Es decir, una vez obtenida la formulación más aceptada por el consumidor se plantearon los equipos, cantidades de ingredientes a utilizar, y proceso de fabricación por medio de un diagrama de flujo descripción del mismo, para elaborar el producto a escala industrial. Además, se realizaron los respectivos balances de masa y energía del proceso de producción, considerando un volumen de producción de 10,000L/día de producto tipo yogur de leche de soya con edulcorante artificial.

## **2.5 Recursos**

### **2.5.1 Materiales**

- Leche de soya líquida
- Leche de soya en polvo
- Edulcorante no calórico granulado, splenda
- Estabilizante para yogur
- Cultivo de Yogur liofilizado

### **2.5.2 Equipo y cristalería**

- Estufa eléctrica
- Incubadora
- Refrigeradora
- Varilla de agitación
- Beaker de 1000 ml
- Termómetro

### **2.5.3 Institucionales**

El presente trabajo de graduación se llevó a cabo en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina, ubicado en la facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **2.5.4 Humanos**

- Investigadora: Andrea del Rosario Lehr Méndez
- Asesora: Inga. Hilda Palma de Martín

### **2.5.5 Físicos**

Se utilizó el equipo y cristalería del laboratorio para desarrollar la formulación del producto, los materiales fueron proporcionados por la interesada en realizar este trabajo de graduación.

### **2.5.6 Financieros**

El financiamiento de los costos de la elaboración del producto tipo yogur, encuestas, y gastos de diseño fue cubierto por la investigadora.

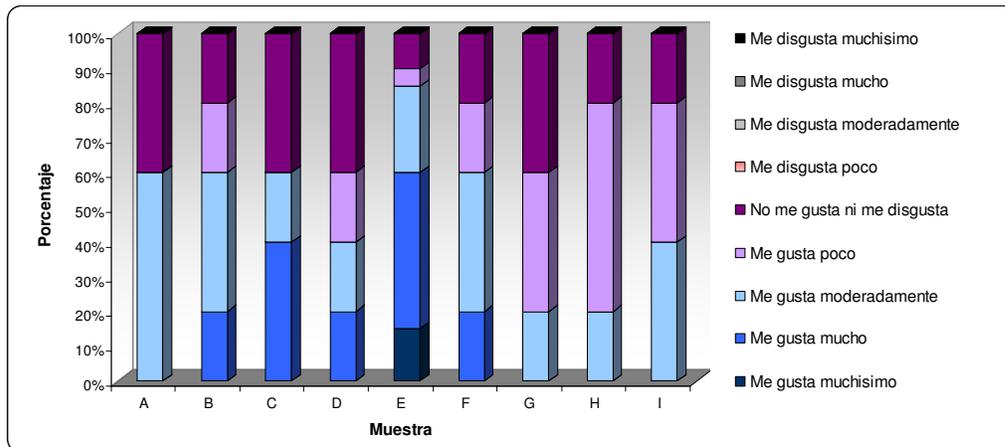
## 6. RESULTADOS

**Tabla VII. Formulación de yogur de leche de soya con edulcorante artificial con un % de aceptación por parte del consumidor**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje en peso / peso</b>
Agua	79%
Soya	7%
Leche de soya en polvo	1%
Edulcorante Artificial	4%
Estabilizador para yogur	1%
Cultivo de Yogur liofilizado	1%
Fruta natural	7%

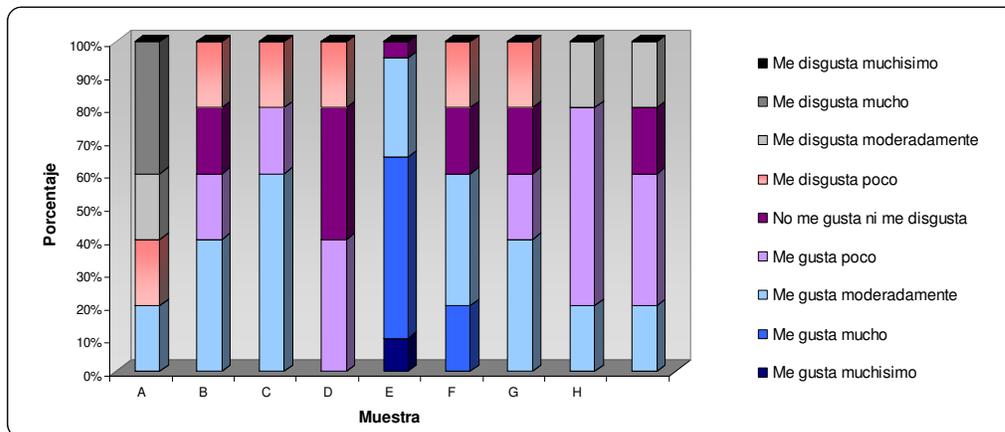
Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 3. Prueba sensorial de olor en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogur de soya**



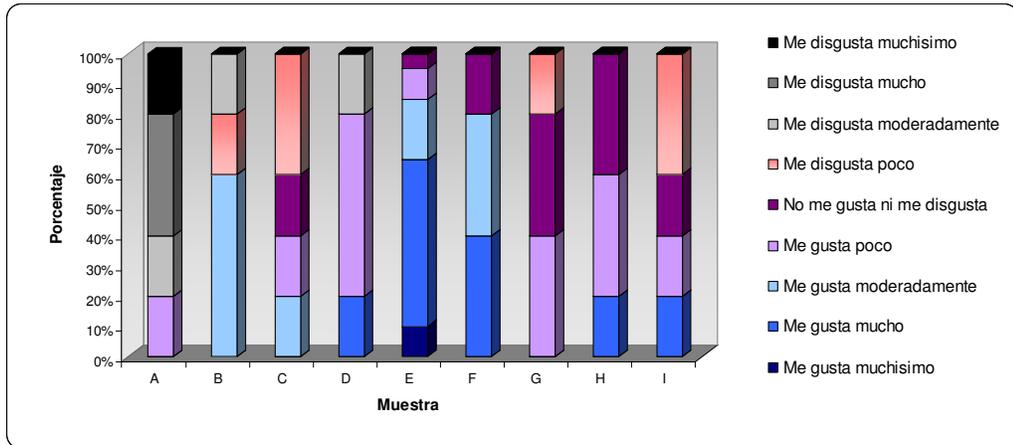
Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 4. Prueba sensorial de color en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogur de soya**



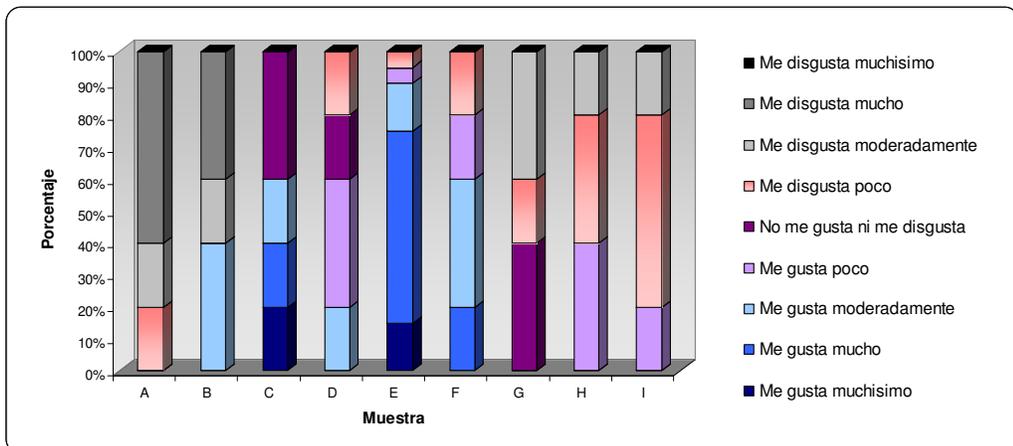
Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 5. Prueba sensorial de sabor en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogur de soya**



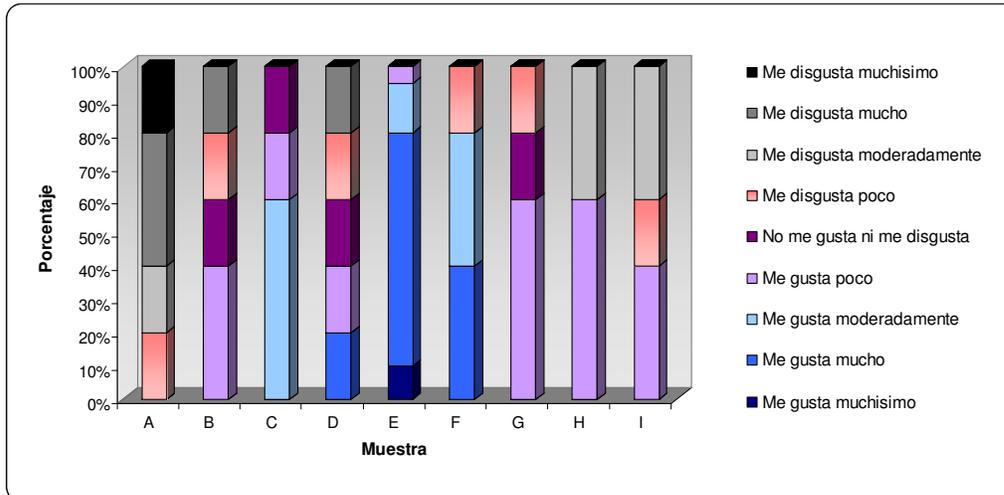
Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 6. Prueba sensorial de consistencia en una escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogur de soya**



Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 7. Aceptación general de la prueba sensorial de escala hedónica de nueve puntos para diferentes formulaciones de yogur de soya**



Fuente: Resultados de investigación de informe final.

A partir de las gráficas de las pruebas hedónicas de escala de nueve puntos se puede decir que mientras menos leche de soya en polvo y azúcar posee el producto, el olor del yogur es menos llamativo y su consistencia es menos sólida, por lo que no es del total agrado del consumidor. Además, cuando el porcentaje de leche en polvo es del dos por ciento o mayor al ocho por ciento, la consistencia del producto es inaceptable por el consumidor, determinando así, que el yogur de leche de soya debería tener un cuatro por ciento de leche en polvo para lograr las propiedades organolépticas aceptables.

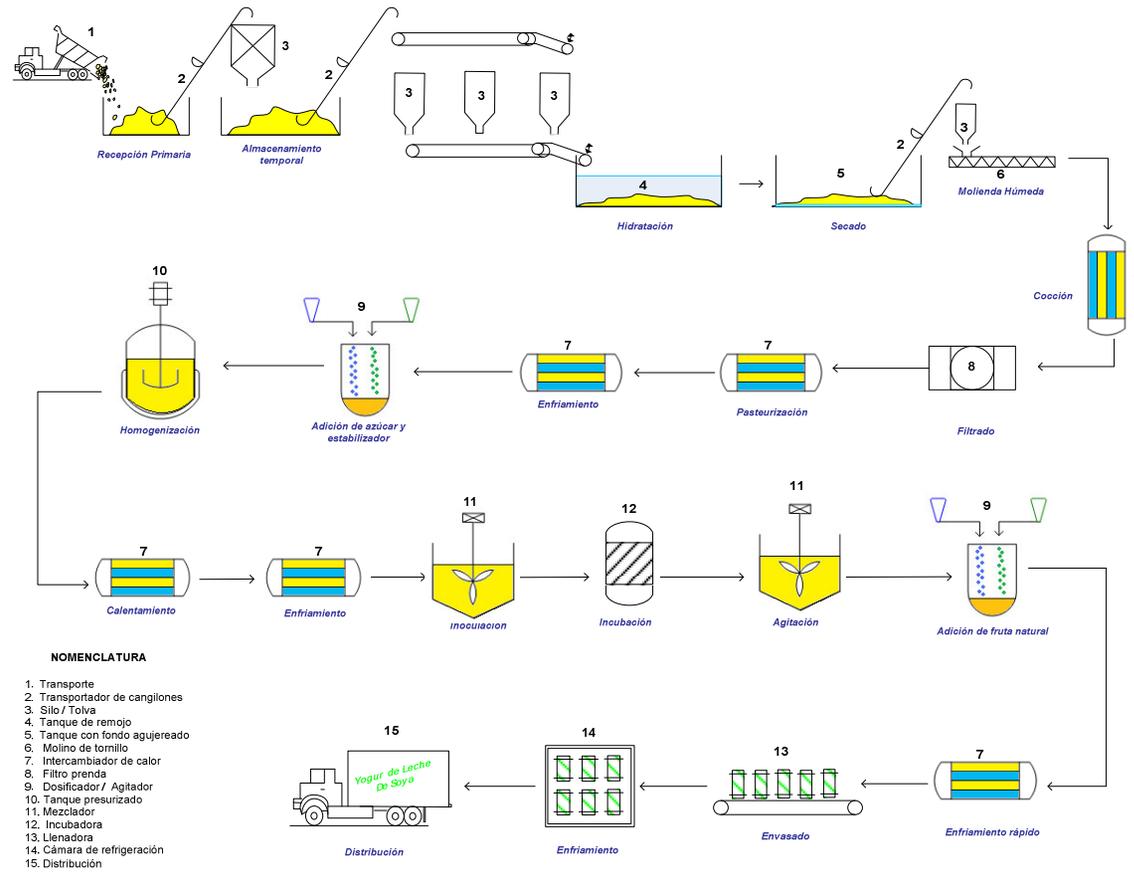
Por otro lado, el porcentaje de fruta es más alto que el de los demás sólidos porque de esta manera se opaca el sabor, olor y color de la soya, pues las propiedades organolépticas de ésta última por si sola no son agradables al consumidor final.

**Tabla VIII. Operaciones unitarias y equipo utilizado en el proceso de elaboración de yogur de leche de soya con edulcorante artificial**

<b>No.</b>	<b>Proceso</b>	<b>Operación Unitaria</b>	<b>Equipo</b>
1	Recepción	Manejo de Sólidos	Transportador de cangilones
2	Limpieza	Manejo de sólidos	Lavadora de Granos
3	Almacenamiento	Manejo de sólidos	Silo-tolva
4	Hidratación	TDM / Flujo fluidos	Tanque de remojo
5	Secado	Transferencia de masa	Tanque con fondo agujereado
6	Molienda Húmeda	Manejo de Sólidos	Molino de tornillo
7	Cocción	TDM y TDC	Marmita
8	Filtrado	TDM, manejo de sólidos	Filtro prensa / criba vibratoria
9	Pasteurización	Transferencia de calor	Intercambiador de calor
10	Enfriamiento	Transferencia de calor	Intercambiador de calor
11	Aditivos (Estab., Edulcorante, LEP)	Manejo de sólidos (mezclado)	Dosificador / Agitador
12	Homogenización	Op. Unitarias físicas	Tanque presurizado
13	Calentamiento	Transferencia de calor	Intercambiador de calor
14	Enfriamiento	Transferencia de calor	Intercambiador de calor
15	Inoculación	Proceso bioquímico	Mezclador
16	Incubación	Proceso bioquímico	Incubadora
17	Agitación	Manejo de sólidos	Mezclador
18	Adic. Fruta Natural	Manejo de sólidos	Mezclador
19	Enfriamiento	Transferencia de calor	Cámara de refrigeración
20	Envasado	Flujo de fluidos	Llenadora
21	Enfriamiento	Transferencia de calor	Cámara de refrigeración
22	Distribución	N/A	N/A

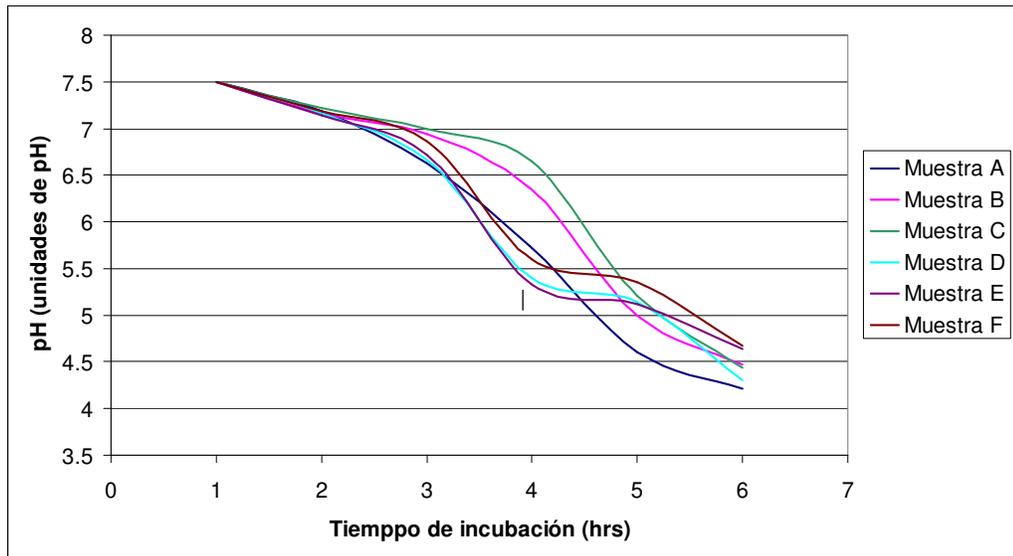
Fuente: Tabla XI, Apéndice.

**Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogur de leche de soya con edulcorante artificial.**



Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 9. Variación del pH en función del tiempo de incubación para diferentes formulaciones.**



Fuente: Tabla XII, Apéndice.

**Tabla IX. Rendimiento de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus***

Prueba	Rendimiento
A	92%
B	92%
C	92%
D	93%
E	94%
F	95%
Promedio	93%

Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**TABLA X. Balance de masa y energía del proceso de elaboración de Yogur de leche de soya.**

Operación	Criterio (% peso/peso)	Balance	Flujos
<b>BALANCES DE MASA</b>			
Hidratación	xsp = 0.95 xap = 0.05	P + O = N 0.95P = 0.4 (7,106.94)	A = 9,345.70 L / día B = 654.2053 L / día C = 10,000 L / día D = 92.53 L / día E = 9,253.257 L / día F = 8,812.61 L / día G = 352.50 Kg / día H = 88.12 L / día I = 9,475.92 L / día J = 663.31 L / día K = 7,106.94 L / día L = 2,368.98 L / día M = 3,553.47 Kg / día N = 7,106.94 Kg / día O = 4,111.55 Kg / día P = 2,992.39 Kg / día
Secado	xsn = 0.4 xan = 0.6	N = M + L N (0.6) = 3,553.47 (0.2) + (N - 3,553.47)	
Molienda Húmeda	xsl = 0.8 xal = 0.2 xsi = 0.2 xai = 0.8	I = L + K L(0.2) = 9,475.92 (0.8) - (9,475.92 - L)	
Filtración	Fibra = 7%	I = F + J I = 8,812.61 + 0.07 (I)	
Adición de azúcar y estabilizador	Estabilizador = 1% Edulcorante = 4%	F + H + G = E F = 9,253.25 - 0.04F - 0.01F	
Inoculación	Cultivo = 1%	E = A - D E = 9,345.79 - 0.01E	
Adición de fruta natural	Fruta natural = 7% Producción = 10,000L / día	A + B = C A = C - B A = 10,000 - 0.07 <sup>a</sup>	
<b>BALANCES DE ENERGIA</b>			
Cocción	Tsi = 85 °C Tei = 25 °C	Qi = mi (cpi) (Tsi-Tei) Qi = 9,475.92 (cpi) (85 - 25)	Qi = 568,555.2 (cpi)
Pasteurización	Tsf = 75 °C Tef = 70 °C	Qf = mf (cpf) (Tsf-Tef) Qf = 8,812.61 (cpf) (75 - 70)	Qf = 44,063.05 (cpf)
Calentamiento	Tse = 95 °C Tee = 30 °C	Qe = me (cpe) (Tse-Tee) Qe = 9,253.257 (cpe) (95 - 30)	Qe = 601,461.705 (cpe)

Fuente: Resultados de investigación de informe final.

## CONCLUSIONES

1. Las propiedades organolépticas del producto final de yogur de leche de soya varían en función del porcentaje de sólidos, pues al incrementarse éste último, el olor de la soya se resalta, el color se torna más amarillento y su consistencia es lo suficientemente espesa como para obtener resultados arriba de tres puntos en pruebas hedónicas de escala de nueve puntos realizadas a personas comprendidas entre la edad de 16 – 65 años.
2. La formulación del yogur de leche de soya cuya aceptación fue superior al 80% demuestra que el consumidor prefiere un producto cuyas propiedades organolépticas oculten el sabor natural de la soya a través de un 7% de fruta natural.
3. De acuerdo a la figura 5, la acidez del yogur de leche de soya disminuye en promedio un 40% respecto a la acidez inicial entre las 3 y 5 horas durante la etapa de incubación.
4. Las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* se reproducen un 93% en leche de soya comparado con su crecimiento en leche animal.
5. A partir de la tabla X, se puede decir que para producir 10,000 litros de yogur de leche de soya es necesario agregar 3,000 Kg de soya, 350 Kg de edulcorante, 88 L de estabilizador, un cultivo de yogur liofilizado para 10,000 L y 650 L de fruta natural.



## RECOMENDACIONES

1. La leche utilizada para preparar yogur de soya no debe tener ningún sabor afrijolado, ya que de esta manera el producto resulta no agradable al paladar del consumidor.
2. Es esencial homogenizar la leche y los ingredientes adicionados para mejorar la uniformidad y palatabilidad del producto.
3. Adicionar tanto leche de soya en polvo como estabilizador para la preparación del yogur de leche de soya, pues este último le proporciona la consistencia deseada al producto final.
4. Se obtienen mejores resultados de presentación y sabor cuando la fruta para el yogur de leche de soya es agregada después de haber refrigerado el producto.
5. Los coeficientes de transferencia de calor y de masa del yogur de leche de soya se podrían obtener al desarrollar el proceso de fabricación como planta piloto, y de esta manera calcular cuál es el consumo energético real de una planta de yogur de soya.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIDE. **Biotecnología alimentaria, manejo del boom de la soya.**  
[www.ffyb.uba.ar/micro\\_ind/biotec\\_alim/producción%20DE%20BIOMASA.ppt](http://www.ffyb.uba.ar/micro_ind/biotec_alim/producción%20DE%20BIOMASA.ppt)
2. Asociación Americana de soya. **Soya en productos lácteos.**  
<http://asamex.nsruiuc.edu>. (Febrero, 1998)
3. Asociación Americana de soya. **Soya en productos lácteos.**  
<http://asamex.nsruiuc.edu>. (Febrero, 1998)
4. International diabetes federation. **Diabetes prevalence.**  
<http://www.idf.org/home/index.cfm?node=264>
5. Reyes, Ermila. **Seminario requerimientos fundamentales para establecer un programa de análisis sensorial.** Universidad Iberoamericana. México 2007. Pág. 35



## BIBLIOGRAFÍA

1. AIDE. **Bioteología alimentaria, manejo del boom de la soya.**  
[www.ffyb.uba.ar/micro\\_ind/biotec\\_alim/producción%20DE%20BIOMASA.ppt](http://www.ffyb.uba.ar/micro_ind/biotec_alim/producción%20DE%20BIOMASA.ppt)
2. Asociación Americana de soya. **Soya en productos lácteos.**  
<http://asamex.nsruiuc.edu>. (Febrero, 1998)
3. Barda C. Norda. **Análisis Sensorial de los Alimentos.**  
[www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblo/rompecabezas/pdfs/fyd48\\_entrev.pdf](http://www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblo/rompecabezas/pdfs/fyd48_entrev.pdf)
4. Chen, S. **Producción de Leche de Soya.** México 1991. Asociación Americana de Soya.
5. Consejo Europeo de Información sobre Alimentación. **Alergias e intolerancias alimentarias.** <http://www.eufic.org/article/es/expid/basic-alergias-intolerancias-alimentarias/>
6. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. **Comercialización de Soya.** [www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co). (2006)
7. Delgado, Adela. **Soya en programas de asistencia social alimentaria.**  
[www.wishh.org/workshops/Asociacion%20Americana%20de%20Soya.pdf](http://www.wishh.org/workshops/Asociacion%20Americana%20de%20Soya.pdf)
8. Desroiser, N.W. **Elementos de Tecnología en Alimentos.** Editorial Limusa. México 1998. Pág. 85

9. Grupo Q, S.A. Edgardo Ridner. **Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud.** [www.sanutricion.org.ar/pdf/soja.pdf](http://www.sanutricion.org.ar/pdf/soja.pdf)
10. Gutierrez, Arturo. **Diseño de procesos en ingeniería Química.** Editorial Reverte, S.A. Barcelona 2003. Págs. 252.
11. Hernández Arana, Elder Estuardo. **Proceso de fabricación industrial de leche de soya.** Tesis, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. (2004).
12. Lexur. **Información básica de la soya.**  
[www.solae.com/company/sp/soyessentials/soyessentials.html](http://www.solae.com/company/sp/soyessentials/soyessentials.html)
13. Observatorio tecnológico de la industria agroalimentaria. **Las pruebas hedónicas.** [www.observatorio-alimentario.org/especiales/consumidores.htm](http://www.observatorio-alimentario.org/especiales/consumidores.htm)
14. Wrong Diagnosis. **Statics about lactose intolerance.**  
[http://www.wrongdiagnosis.com/l/lactose\\_intolerance/stats.htm](http://www.wrongdiagnosis.com/l/lactose_intolerance/stats.htm)

## APÉNDICE

### Figura 10. Evaluación sensorial para desarrollo de formulación de yogur de leche de soya con edulcorante artificial

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química  
Trabajo de graduación



#### PRUEBA SENSORIAL DE ESCALA HEDÓNICA DE NUEVE PUNTOS

PRODUCTO: Yogur de leche de soya con edulcorante artificial

EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

DIABÉTICO: Sí \_\_\_ No \_\_\_ ALÉRGICO A LA LACTOSA: Sí \_\_\_ No \_\_\_

Pruebe por favor las muestras en el orden que se le dan, e indique su nivel de agrado con cada muestra, marcando el punto en la escala que mejor describe su sentir con el código de muestra, por favor dar su razón para esta actitud.

#### Descripción

Me gusta muchísimo  
Me gusta mucho  
Me gusta moderadamente  
Me gusta poco  
No me gusta ni me disgusta  
Me disgusta poco  
Me disgusta moderadamente  
Me disgusta mucho  
Me disgusta muchísimo

Muestra No.	Color	Olor	Sabor	Consistencia	Aceptación general
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____	_____
6	_____	_____	_____	_____	_____

#### Comentarios

---

---

**Tabla XI. Descripción y justificación de cada etapa de la elaboración de yogur de leche de soya.**

No	Proceso	Descripción del Proceso	Justificación
1	Recepción de frijol de soya	Los granos de soya, provenientes de una máquina cosechadora, son depositados en una pileta de grano de soya, donde es transportado posteriormente hacia un lavador de granos por medio de un transportador de cangilones	La materia prima involucrada en el proceso debe ser manipulada en el área de recepción de materiales
2	Limpieza	La limpieza de la soya se realiza por medio de una máquina con tamices vibratorios, que por diferencia de pesos van separando las impurezas y suciedades del frijol de soya.	La soya se debe limpiar perfectamente para retirar cuerpos extraños, polvo y suciedad.
3	Almacenamiento	El frijol de soya es transportado hacia silo-tolvas por medio de transportadores de cangilones	Los granos de soya se almacenan en silo-tolvas para poder tener disponibilidad de materia prima para el proceso en general
4	Hidratación	Se coloca en remojo de 8 a 10 horas dependiendo de la variedad de soya, tamaño, temperatura del agua	Al momento de dejar reposar el frijol de soya, la cáscara de la legumbre forma enlaces con el agua, que hace que se ablande la cáscara, cambio que facilita el proceso de molienda.
5	Secado	Se remueve el exceso de agua que posee la soya dejándolo escurrir a través de un fondo agujereado	El agua en exceso se remueve por medio de un proceso de filtración, cuyo tamaño de malla es un poco menor a la del grano de soya, ya que un exceso de agua daría como resultado un porcentaje de sólidos en el producto menor a lo esperado.

6	Molienda húmeda	Se disminuye el tamaño del grano de soya, de tal forma que se pueda obtener lechada de soya.	La soya se muele junto con agua adicional para producir una lechada, para el molido se puede utilizar agua caliente o fría. Si se emplea agua caliente, en donde la lechada no baja de los 80°C se facilita la producción de una leche de soya insípida, sin sabor a grano. En general, la proporción de grano-agua es de 10 a 1, incluyendo el agua absorbida por el grano durante la inmersión, así como el agua utilizada en el molino, y el agua adicional utilizada en la cocción.
7	Cocción	Se lleva a cabo a temperaturas que oscilan entre 100 y 110°C durante aproximadamente 10 minutos.	Se realiza para la alta recuperación de proteínas y la desactivación de inhibidores como la tripsina
8	Filtrado	Se retiene la pulpa u okara de la lechada formada por medio de un equipo de separación	Se realiza ésta operación para retener los sólidos que provienen del frijol de soya, pues el principal objetivo de ésta parte del proceso es la obtención del líquido, pues, de pasar sólidos, se alterarían las características del producto final. Es importante mencionar que éste es un producto que tiene un porcentaje de sólidos del 8-10%.colocar resultado de formulación
9	Pasteurización	Se debe elevar la temperatura de la leche entre 80-85°C de 20 a 30 minutos, o bien de 90-95°C durante 5 -10 minutos en continuo.	Se persigue destruir los sistemas enzimáticos y todos los microorganismos patógenos para disminuir la competencia con los cultivos iniciadores
10	Enfriamiento	Se disminuye la temperatura de la leche a 10°C	-
11	Adición de estabilizador, edulcorante, leche de soya en polvo	El sólido se agrega a la leche de soya por medio de un dosificador para posteriormente ser mezclada por medio de un agitador, a fin de obtener una solución homogénea	Para esto se emplea comúnmente sacarosa, glucosa, fructosa, aspartame, sorbitol, sacarina, los cuales se adicionan para aportar sabor y disminuir el sabor ácido. Adicionalmente, se agrega estabilizador para yogur, el cual se encarga de darle la consistencia deseada al producto final.

12	Homogenización	Se introduce el líquido a un tanque que ejerce una presión equivalente a 200Kg/cm <sup>2</sup>	Se realiza para mejorar la textura, disminuir la tendencia de la sinéresis y reducir la formación de nódulos
13	Calentamiento	Se debe calentar el fluido a una temperatura equivalente a 92°C durante 7 - 20 minutos.	
14	Enfriamiento	Se debe enfriar el fluido a una temperatura equivalente a los 42°C	Se enfría porque esta es la temperatura a la cual se debe inocular porque la manipulación del cultivo exige mantener una temperatura equivalente a los 42°C
15	Inoculación	Adición de cultivo de yogur liofilizado	Este paso es esencial para que las bacterias <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> puedan desarrollarse dentro del fluido y dar la propiedad característica del yogurt de soya.
16	Incubación	Se debe mantener el yogur preparado a una temperatura de 42°C hasta obtener un pH de 4.5 a 4.7, o bien de 6-8 horas	La temperatura de 42°C es la ideal para el crecimiento de las bacterias que proporcionan el sabor característico del yogur
17	Agitación	Hasta que la mezcla se presente homogénea y sin grumos	El proceso debe ser lento y suave porque de lo contrario se lastima a las bacterias y se les puede matar.
18	Adición de fruta natural	Por medio de un mezclador se incorpora fruta al yogur.	Este paso es para darle sabor al yogur.
19	Enfriamiento rápido	Se coloca el producto en una marmita dentro de un baño de hielo para disminuir la temperatura a 20°C	-
20	Envasado	Se coloca el yogur dentro de los envases para poder ser llevado al consumidor final	.
21	Enfriamiento lento	Enfriamiento lento en cámara de refrigeración mientras se almacena o se vende	Si el producto final no se refrigerara, éste tendería a descomponerse más rápidamente.
22	Distribución	Se lleva el producto al consumidor	N/A

Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Tabla XII. Formulaciones de muestras de pruebas realizadas.**

Muestra	VARIABLES					CONSTANTES		
	Leche de soya en polvo		Splenda		Fruta Natural	Leche de soya (L)	Estabilizante para yogur (ml)	Cultivo de yogur liofilizado (ml)
	Cditas	%	(tz/L yogur)	%	%			
A	4	0.50%	0.25	2.00%	7%	1	30	2
B	8	1.00%	0.25	2.00%	7%	1	30	2
C	12	1.50%	0.25	2.00%	7%	1	30	2
D	4	0.50%	0.5	4.00%	6%	1	30	2
<b>E</b>	<b>8</b>	1.00%	<b>0.5</b>	4.00%	7%	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>2</b>
F	12	1.50%	0.5	4.00%	6%	1	30	2
G	6	0.75%	0.4	3.20%	7%	1	30	4
H	8	1.00%	0.4	3.20%	7%	1	30	4
I	10	1.25%	0.4	3.20%	6%	1	30	4

Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Tabla XIII. pH en función del tiempo de incubación para diferentes formulaciones**

Datos experimentales	Muestra	Tiempo de incubación (horas)					
		1	2	3	4	5	6
	A	7.5	7.18	6.63	5.72	4.61	4.22
B	7.5	7.16	6.94	6.35	5	4.47	
C	7.5	7.22	7	6.65	5.21	4.44	
D	7.5	7.16	6.66	5.4	5.14	4.3	
E	7.5	7.14	6.72	5.33	5.12	4.64	
F	7.5	7.18	6.86	5.6	5.35	4.67	

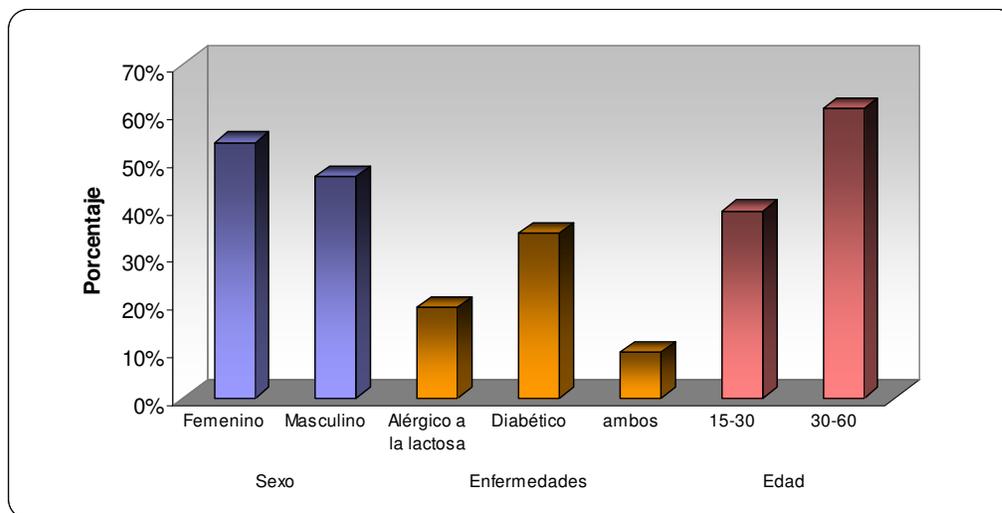
Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Tabla XIV. Rendimiento de las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* para diferentes formulaciones**

Muestra	Datos	Tiempo de incubación (horas)						Rendimiento
		1	2	3	4	5	6	
	Teórico	6.5	6.7	6.6	5.8	5.5	4.6	
A	Experimental	87%	93%	100%	99%	84%	92%	92%
B		87%	94%	95%	91%	91%	97%	92%
C		87%	93%	94%	87%	95%	97%	92%
D		87%	94%	99%	93%	93%	93%	93%
E		87%	94%	98%	92%	93%	99%	94%
F		87%	93%	96%	97%	97%	99%	95%
							Promedio	93%

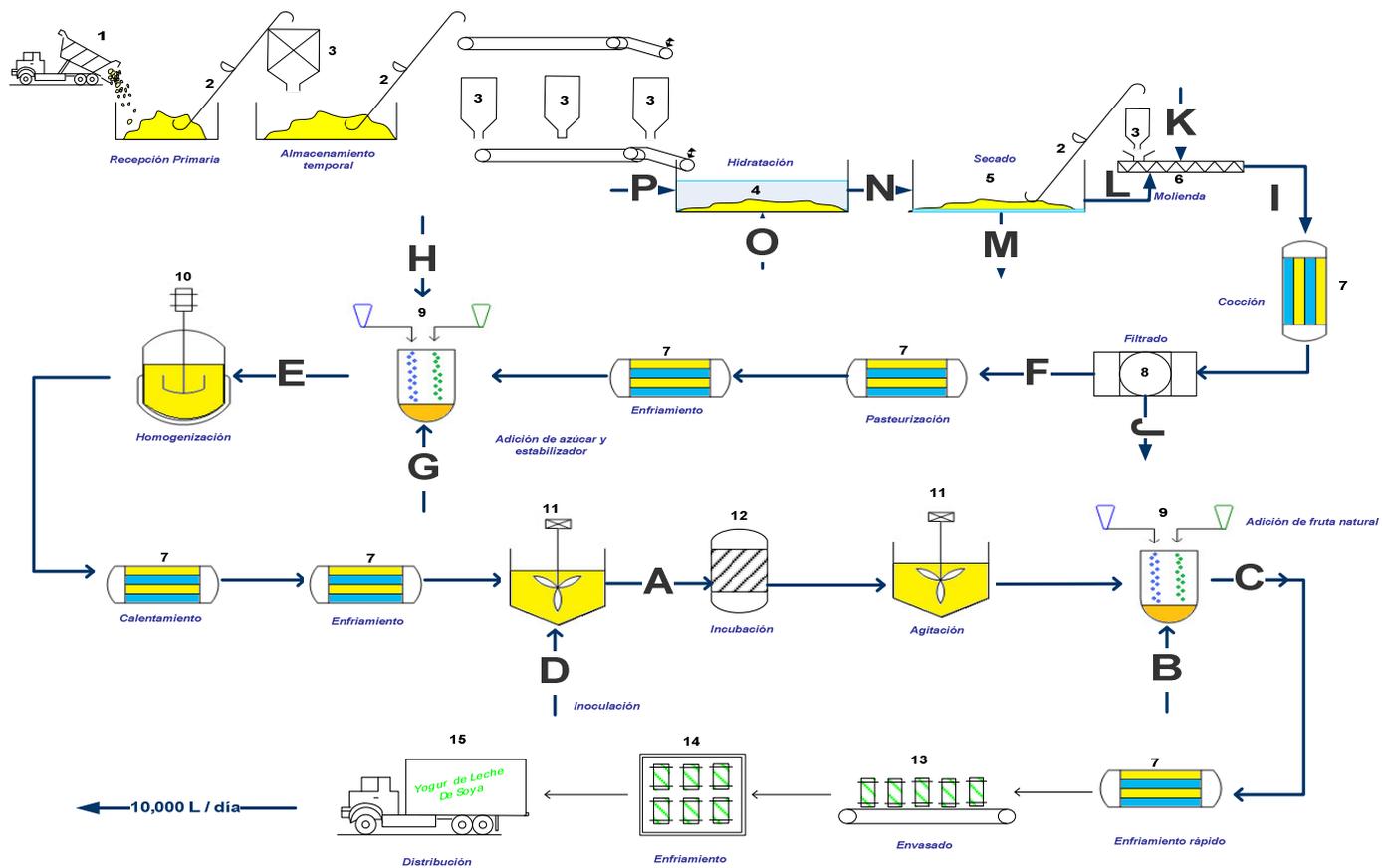
Fuente: Resultados de investigación de informe final.

**Figura 11. Panel de personas que realizaron la prueba sensorial de escala hedónica de nueve puntos para el yogur de leche de soya**



Fuente: Resultados de investigación de informe final.

Figura 12. Balance de masa del proceso de elaboración de yogur de leche de soya con edulcorante artificial.



Fuente: Resultados de investigación de informe final.



## ANEXOS

### Anexo I. Process guidelines for stirred yogur by Direct inoculation.

*leche 6.7*

<b>Process guidelines for stirred yogurt</b>	
<b>Direct inoculation</b>	
Raw milk	free of antibiotics tested by Delvotest® SP
Standardization of milk	1.5 – 3.5 % fat depending on the fat in dry matter wanted
heating	72 – 75 °C
cooling	to 10 °C
adding of adjuncts	1 – 3 % skim milk powder or milk / whey protein concentrates or stabilizer systems (dosage depends on recommendation) + 5 – 10 % sucrose
homogenization	180 bar at 50 – 60 °C
heating	90 – 95 °C for 7 – 30 min. (depends on equipment)
cooling:	35 – 38 °C for long term fermentation 40 – 42 °C for short term fermentation
inoculation	<b>YO</b> <b>1 unit / 1,000 l process milk</b>
fermentation	6 – 10 h at 35 – 38 °C for long term fermentation till pH 4.60 4 – 6 h at 40 – 42 °C for short term fermentation till pH 4.60
stirring and cooling	till 20 – 25 °C within 30 min.
mix with fruit	dosage depends on supplier recommendation
filling	into plastic cup
final cooling	at storage < 10 °C

We cannot guarantee that these process guidelines consider every national law and do not break any rights of third parties.  
The indicated data are empirical values connected with the application of DSM products.  
Technological changes may be necessary depending local conditions and milk quality.

Fuente: Panamedical S.A. Ingredientes para la Industria Láctea. Ing. Ricardo Fuentes.

## Anexo II. Preparación de cultivo iniciador UNIESTAB 202 SWISS-F

 <b>UNIVERSAL QUÍMICA</b>	<b>FICHA TECNICA</b>	Fecha de emisión: 08/06/07 Rev. 03			
	<b>UNIESTAB 202 SWISS-F</b>	<table border="1"> <tr> <td>Revisado por:</td> <td>A.VILLATORO</td> </tr> <tr> <td>Aprobado por:</td> <td>J. DE LEÓN M.</td> </tr> </table> Página 2 de 2	Revisado por:	A.VILLATORO	Aprobado por:
Revisado por:	A.VILLATORO				
Aprobado por:	J. DE LEÓN M.				

### APLICACIÓN:

### YOGURT CREMOSO

### RECOMENDACIÓN DE USO:

Se emplea entre 1.20 y el 2.00% en función del cuerpo deseado.

### MODO DE EMPLEO:

### FORMULA TÍPICA:

INGREDIENTES	PORCENTAJE
Leche descremada en polvo	10.00
Suero dulce en polvo	2.00
<b>UNIESTAB 202 SWISS-F</b>	<b>1.50</b>
Agua	<u>86.50</u>
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

5. Homogeneizar en 2 etapas con presión total de 2000 lb/in<sup>2</sup>.
6. Pasteurizar a 85°C sosteniendo 15 min.
7. Enfriar a temperatura de incubación 43°C.
8. Inocular con el cultivo apropiado, ya sea por resiembra o por medio de un cultivo liofilizado de adición directa.
9. Agitar moderadamente para dispersar el cultivo.
10. Dejar fermentar hasta un pH de 4.7
11. Mezclar con fruta o mermelada micronizada para yogurt si así se desea.
12. Envasar y enfriar lo más rápidamente posible.
13. Almacenar en refrigeración a 5-6°C.

### PROCEDIMIENTO:

1. Hacer una mezcla seca de UNIESTAB 202 SWISS-F – LDP en proporción 1:4.
2. Rehidratar la LDP y el suero en polvo con el agua de la fórmula: de preferencia a 30°C para facilitar este procedimiento.
3. Rehidratar la mezcla UNIESTAB 202 SWISS-F – LDP en la leche ya hidratada. La agitación deberá ser vigorosa y la mezcla UNIESTAB 202 SWISS-F – LDP se agregará lentamente para evitar la formación de grumos.
4. Calentar a 65°C y continuar la agitación para lograr la total hidratación del estabilizador.

La información presentada en este documento es de acuerdo a Análisis de Laboratorio y de Calidad. Los datos y aseveraciones presentados constituyen una fuente de información en relación a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Esta información no constituye autorización para violar derechos patentados ni reglamento sanitario alguno.

7° Avenida 9-36 Zona 2 Guatemala, Guatemala Tel.: (502) 2254-1013, 2288-7312  
E-mail: [ventas@universalquimica.com](mailto:ventas@universalquimica.com)

Fuente: Universal Química. Ing. Julio Roberto de León M.

## Anexo III. Descripción y funcionamiento de cultivo iniciador UNIESTAB 202 SWISS-F

	<b>FICHA TECNICA</b>	Fecha de emisión: 08/06/07 Rev. 03			
	<b>UNIESTAB 202 SWISS-F</b>	<table border="1"> <tr> <td>Revisado por:</td> <td>A.VILLATORO</td> </tr> <tr> <td>Aprobado por:</td> <td>J. DE LEÓN M.</td> </tr> </table> Página 1 de 2	Revisado por:	A.VILLATORO	Aprobado por:
Revisado por:	A.VILLATORO				
Aprobado por:	J. DE LEÓN M.				

**DESCRIPCIÓN Y FUNCIONALIDAD:**

El **UNIESTAB 202 SWISS-F** es un estabilizador para yogurt batido tipo suizo que proporciona al producto excelente cremosidad y cuerpo, sin generar ligosidad. Disminuye significativamente la sinéresis, ya que protege la proteína del maltrato durante la fabricación y distribución. El **UNIESTAB 202 SWISS-F** contiene hidrocoloides específicos que soportan severos tratamientos térmicos y mecánicos, lo que lo hace idóneo para procesos en donde la homogeneización se realiza después de pasteurizar.

**INGREDIENTES:**

Almidones modificados, Gelatina, Pectina, Carragenina, Polifosfatos de Sodio y Monoestearato de glicerilo.

**ESPECIFICACIONES:**

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS**

	MIN.	MÁX.
VISCOSIDAD (cP)	50	100
PH	6.00	8.00
HUMEDAD (%)	<12%	

**ANÁLISIS SENSORIALES:**

Examen Sensorial	
ASPECTO:	POLVO
COLOR:	BLANCO – CREMA
OLOR:	NEUTRO
TEXTURA:	FINA Y SUAVE

La información presentada en este documento es de acuerdo a Análisis de Laboratorio y de Calidad. Los datos y aseveraciones presentados constituyen una fuente de información en relación a los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Esta información no constituye autorización para violar derechos patentados ni reglamento sanitario alguno.

7ª Avenida 9-36 Zona 2 Guatemala, Guatemala Tel.: (502) 2254-1013, 2288-7312  
E-mail: ventas@universalquimica.com

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:**

	UFC
SALMONELLA:	Neg.
E. COLI:	Neg.
S. AUREUS:	Neg.
MOHOS Y LEVADURAS:	100UFC/g máx.
CUENTA TOTAL	5000UFC/g máx.

Para la realización de análisis microbiológicos son tomadas muestras al azar.

**VIDA ÚTIL:**

El producto que cumple con las especificaciones y se almacena como ha sido descrito tiene una vida útil de hasta 2 años.

**CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:**

Almacenar en un lugar fresco y seco, manteniendo la bolsa bien cerrada para evitar la entrada de humedad.

**PRESENTACIÓN**

Sacos de polipropileno laminado con bolsa interna de polietileno virgen con un contenido neto de 25 Kg. Etiquetado con el nombre del producto

Fuente: Universal Química. Ing. Julio Roberto de León M.

## Anexo IV. Información técnica de cultivo liofilizado de yogur.

**CHR HANSEN**

### FD-DVS YF-L811 - Yo-Flex®

Información de Producto

**Descripción:** Cultivo termófilo de yogur.  
El cultivo contiene una mezcla de cepas definidas de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, mezclados en forma de gránulos liofilizados para producir yogur.

**Aplicación:** YF-L811 producirá un yogur con un cuerpo o viscosidad muy alta, sabor muy suave y una post-acidificación muy baja.  
El cultivo es adecuado para la fabricación de los siguientes tipos de yogur muy suave:

- Batido
- Líquido
- Firme

**Envasado:**

Tamaño de envase	Número de producto
10 x 50U	667295
25 x 200U	667330
20 x 500U	667331

**Almacenamiento y caducidad:** Los cultivos liofilizados deben ser almacenados a -18°C (0°F) o menos. Si los cultivos se almacenan a esta temperatura o inferior, la caducidad es de como mínimo 24 meses. Si los cultivos se almacenan a +5°C (41°F) la caducidad es de como mínimo 6 semanas.

**Modo de empleo:** Sacar los cultivos del congelador justo antes de su utilización. **NO DESCONGELAR.** Limpiar la parte superior del sobre con cloro. Abrir el sobre y añadir los gránulos liofilizados directamente al producto pasteurizado mientras se agita lentamente. Agitar la mezcla durante 10-15 minutos hasta distribuir totalmente.

**Dosis:** La dosis recomendada de utilización de los cultivos DVS liofilizados en unidades para litros.

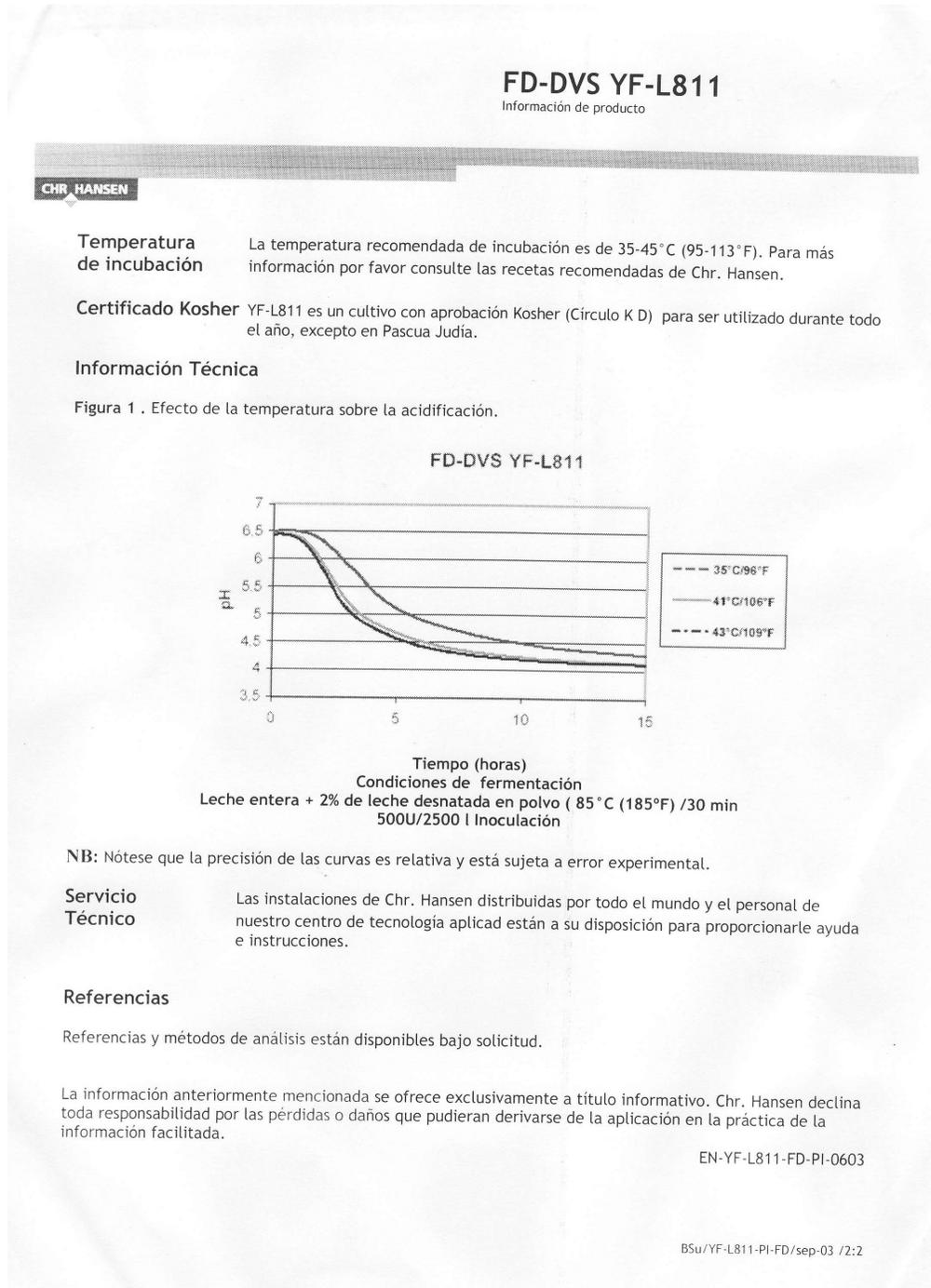
Porcentaje de inoculación de DVS	Cantidad de leche a inocular			
	250 l	1,000 l	5,000 l	10,000 l
500U/2500 l	50U	200U	1,000U	2,000U

BSu/YF-L811-PI-FD/sep-03/1:2

Chr. Hansen, S.A. - Fragua, 10 - 28760 Tres Cantos - Madrid Tel: +34 91 806 09 30 Fax: +34 91 804 95 01 - Web: chr-hansen.com

Fuente: ASEAL, Asesoría en alimentos. Inga. Gabriela Ramos

## Anexo V. Curva de acidificación de cultivo liofilizado de yogur



Fuente: ASEAL, Asesoría en alimentos. Inga. Gabriela Ramos