



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

**PRESERVACIÓN DE CEPAS DE *LACTOBACILLUS BULGARICUS* Y *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS* DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

**Nimsi Leví Chiquitó Chile**

Asesorado por la Ms. SC. Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PRESERVACIÓN DE CEPAS DE *LACTOBACILLUS BULGARICUS* Y *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS* DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**NIMSI LEVÍ CHIQUITÓ CHILE**

ASESORADO POR LA MS. SC. INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García a. i.
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilbeto Galván Estrada
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PRESERVACIÓN DE CEPAS DE *LACTOBACILLUS BULGARICUS* Y *STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS* DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 28 de mayo del 2014.

**Nimsi Leví Chiquitó Chile**

Guatemala, 23 de Agosto de 2016

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Estimado Ingeniero Wong:

Por medio de la presente hago constar que he revisado y aprobado el Informe Final del trabajo de graduación titulado "**PRESERVACIÓN DE CEPAS DE *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO**", el cual fue realizado por el estudiante de Ingeniería Química Nimsi Leví Chiquitó Chile quién se identifica con el carné número 2009-24772.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Inga. Qca. Hilda Piedad Palma de Martini.  
Colegiada No. 453

**INGA. HILDA PALMA DE MARTINI**  
**COLEGIADO No. 453**



Guatemala, 18 de octubre de 2016.  
Ref. EIQ.TG-IF.062.2016.

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **036-2014** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por el estudiante universitario: **Nimsi Leví Chiquitó Chile**.  
Identificado con número de carné: **2009-24772**.  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**PRESERVACIÓN DE CEPAS DE *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma Ramos de Martini**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Pablo Enrique Morales Paniagua  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.071.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **NIMSI LEVÍ CHIQUITÓ CHILE** titulado: **"PRESERVACIÓN DE SEPAS DE LACTOBACILLUS BULGARICUS Y STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Carlos Salvador Wong Davi  
Director  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, noviembre 2016

Cc: Archivo  
CSWD/ale

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

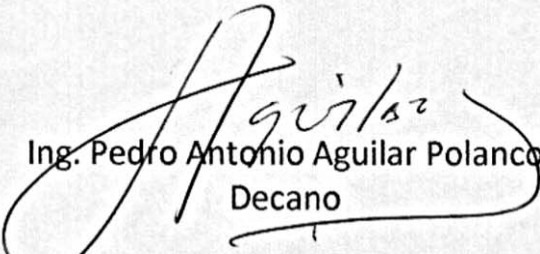


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 588.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **PRESERVACIÓN DE CEPAS DE LACTOBACILLUS BULGARICUS Y STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS DEL YOGUR A TRAVÉS DE PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN AL VACÍO Y LIOFILIZACIÓN A ESCALA LABORATORIO**, presentado el estudiante universitario: **Nimsi Leví Chiquitó Chile**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2016

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la sabiduría e inteligencia para poder llegar a alcanzar una meta con propósito.
- Mi madre** Antonia Leticia Chile Gil, por ser fuente de inspiración e incontables consejos que me ayudaron a salir adelante en la vida.
- Mi Padre** Rubén Chiquitó Solloy, por su incomparable paciencia apoyo y siempre estar cuando lo necesite.
- Hermanos** Frisly Rubén Chiquitó Chile, Sheily Jannely Chile, por estar allí siempre apoyándome, dándome ánimos cuando lo necesitaba y alegrándose con mis triunfos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi alma Mater.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme durante este tiempo conocimientos que me permitieron formarme profesionalmente.

**Mis amigos de la  
facultad**

Joana Estrada, Fernando Rosales, Raisia Vega, Jim Girón y muchos más, por el apoyo mutuo.

**Inga. Hilda Palma**

Por la orientación que me brindó para la realización de esta tesis.

**Lic. Julieta Salazar**

Por el apoyo que me brindaron en el laboratorio de alimentos.

**Ing. Mario Mérida**

Por haberme apoyado con los equipos del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -LIEXVE-.

**Lic. Claudia Gómez**

Por ser una ayuda idónea de conocimiento en las instalaciones del Laboratorio de Alimentos.

**Lic. Diana Hernández**

Por brindarme su amistad, tiempo y dedicación de conocimientos en la contribución del presente estudio.

**Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC**

Por abrirme las puertas de las instalaciones del laboratorio para realizar pruebas de este estudio.

**Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos**

Por prestarme los servicios de análisis en las muestras de estudio del presente estudio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Yogur .....	3
2.1.1. Olor característico.....	3
2.2. Historia del Yogur .....	4
2.3. Tipos de yogur .....	4
2.3.1. Yogur afluado .....	4
2.3.2. Yogur batido o agitado.....	5
2.3.3. Yogur líquido.....	5
2.3.4. Yogur griego (yogur cheese) .....	5
2.4. Control de calidad de la leche .....	5
2.4.1. Grados Dornic.....	6
2.5. Preparación de yogur .....	6
2.6. Cepas microbiológicas.....	7
2.7. Producción de inicio de cultivos.....	8
2.7.1. Características de un cultivo iniciador .....	8
2.7.2. Proporción de microorganismos .....	9

2.7.3.	Inoculación y la fermentación .....	9
2.7.3.1.	Reconstitución.....	10
2.7.3.2.	Aplicación directa .....	10
2.7.4.	Cantidad de inóculo y tiempo de fermentación.....	10
2.7.5.	Enfriamiento posfermentación.....	12
2.8.	Usos de bacterias a la salud .....	12
2.8.1.	Probióticos.....	12
2.8.2.	Prebióticos.....	13
2.8.3.	Simbióticos .....	14
2.8.4.	Mecanismos de acción .....	14
2.9.	Secado .....	14
2.10.	Deshidratación .....	15
2.11.	Tipos de deshidratación .....	15
2.12.	Deshidratación en caliente .....	15
2.12.1.	Atomización o aspersion .....	15
2.12.2.	Deshidratado al vacío.....	16
2.12.3.	Porcentaje de humedad .....	16
2.13.	Deshidratación en frío .....	17
2.13.1.	Liofilización.....	17
2.13.2.	Etapas de la liofilización .....	18
2.13.3.	Secado primario .....	20
2.13.4.	Secado secundario.....	22
2.14.	Tinción de Gram.....	23
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	27
3.1.	Localización .....	27
3.2.	Variables .....	28
3.2.1.	Variables independientes .....	28
3.2.2.	Variables dependientes .....	28

3.3.	Delimitación del campo de estudio .....	29
3.3.1.	Obtención de materia prima.....	29
3.3.2.	Pruebas de viabilidad de las cepas recuperadas de la deshidratación.....	29
3.3.3.	Análisis microbiológico efectuado al yogur producido a partir de las cepas.....	29
3.3.4.	Pruebas sensoriales .....	30
3.4.	Recursos humanos.....	30
3.5.	Recursos materiales disponibles .....	30
3.5.1.	Materias primas y reactivos .....	30
3.5.2.	Instrumentos de laboratorio .....	31
3.5.3.	Cristalería .....	31
3.5.4.	Equipo .....	32
3.5.5.	Accesorios adicionales .....	36
3.5.6.	Microorganismos .....	36
3.6.	Técnica cuantitativa o cualitativa .....	36
3.7.	Métodos y modelos según el tipo de variables .....	37
3.7.1.	Procedimiento para la preservación de las cepas utilizando por liofilización .....	37
3.7.2.	Procedimiento para la preservación de las cepas utilización deshidratación al vacío .....	38
3.7.3.	Procedimiento para la tinción de Gram.....	39
3.7.4.	Procedimiento de control de calidad de la leche (grados Dornic).....	40
3.7.5.	Procedimiento para la elaboración de yogur utilizando las cepas preservadas.....	40
3.7.6.	Procedimiento de la medición de viscosidad .....	41
3.7.7.	Procedimiento de la medición de pH .....	41
3.7.8.	Procedimiento para el análisis organoléptico .....	42

3.8.	Recolección y ordenamiento de información.....	42
3.8.1.	Técnica de muestreo .....	43
3.8.2.	Ordenamiento de muestras .....	43
3.9.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de información ....	55
3.10.	Análisis estadístico.....	65
4.	RESULTADOS.....	69
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
	CONCLUSIONES.....	87
	RECOMENDACIONES .....	89
	BIBLIOGRAFÍA.....	91
	APÉNDICES.....	95
	ANEXOS.....	101

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Bacterias en yogur: <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (izquierda) y <i>Streptococcus thermophilus</i> (derecha).....	8
2.	Influencia de la cantidad de inóculo y el tiempo de proporción de las especies al final de la fermentación, en un cultivo de yogur .....	11
3.	Influencia de la temperatura sobre las especies al final de la fermentación: en un cultivo de yogur.....	11
4.	Cambios de fases del agua durante la liofilización de un alimento .....	18
5.	Esquema de secado por sublimación de los distintos mecanismos de transferencia de calor.....	20
6.	Mecanismos de secado durante la sublimación .....	21
7.	Proceso térmico de liofilización .....	23
8.	Morfología microscópica del método de tinción de Gram.....	24
9.	Comportamiento microbiano del método de tinción de Gram .....	25
10.	Procedimiento del método de tinción de Gram .....	25
11.	Horno de vacío.....	32
12.	Liofilizador .....	32
13.	Balanza analítica.....	33
14.	Microscopio .....	33
15.	Balanza de humedad .....	34
16.	Incubadora .....	34
17.	Viscosímetro de Brookfield.....	35
18.	Potenciómetro .....	35



19.	Diagrama de la metodología de recolección y ordenamiento de datos experimentales.....	44
20.	Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de -40°C.....	69
21.	Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 35°C.....	70
22.	Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 40°C.....	70
23.	Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 45°C.....	71
24.	Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo de los procesos de deshidratación al vacío y liofilizado .....	71
25.	pH de yogures producidos, inoculados con las cepas deshidratadas...	72
26.	Viscosidad de yogures analizados.....	73
27.	Criterio del juez sobre la existencia de una diferencia sensorial del yogur elaborado a las temperaturas de -40°C y 45°C .....	75
28.	Criterio del juez sobre la existencia de una diferencia sensorial del yogur elaborado a las temperaturas de 45°C y 40°C.....	75
29.	Criterio del juez sobre la existencia de una diferencia sensorial del yogur elaborado a las temperaturas de 40°C y 35°C.....	76
30.	Resultados del nivel de dificultad identificado por los jueces de la muestra diferente .....	76
31.	Resultados sobre el nivel de diferencia de la muestras analizadas por los jueces.....	77
32.	Resultados sobre las características que marcan la diferencia en las muestras analizadas por los jueces .....	77

## TABLAS

I.	Ejemplo de cepas probióticas en productos.....	13
II.	Variables independientes involucradas en la preservación de cepas por deshidratación.....	28
III.	Variables dependientes involucradas en la preservación de cepas por deshidratación.....	28
IV.	Fórmula desarrollada para la producción de yogur para un lote de 200 mL.....	41
V.	Datos de pH del yogur comercial y producido con las cepas deshidratadas preservadas.....	44
VI.	Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de -40 °C.....	45
VII.	Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de 45 °C.....	45
VIII.	Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de 40 °C.....	45
IX.	Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de 35°C.....	46
X.	Datos de viscosidad del yogur Comercial. ....	46
XI.	Masas de tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de -40°C utilizando el proceso de deshidratación por liofilización.....	47
XII.	Masas de tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de -40°C utilizando el proceso de deshidratación por liofilización.....	47
XIII.	Masas de tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de -40°C utilizando el proceso de deshidratación por liofilización.....	48
XIV.	Masas de tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de 45°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	49

XV.	Masas del tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de 45°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	50
XVI.	Masas del tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de 45°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	50
XVII.	Masas del tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de 40°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	51
XVIII.	Masas del tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de 40°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	51
XIX.	Masas del tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de 40°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	52
XX.	Masas del tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de 35°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	53
XXI.	Masas del tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de 35°C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	53
XXII.	Masas del tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de 35 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío.....	54
XXIII.	Procesamiento y ordenamiento de datos de pH de los yogures analizados.....	55
XXIV.	Procesamiento y ordenamiento de datos de viscosidad de los yogures analizados.....	56
XXV.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de -40°C .....	56
XXVI.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de -40°C .....	57
XXVII.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de -40 °C .....	58

XXVIII.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 45 °C.....	59
XXIX.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 45 °C.....	59
XXX.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 45 °C.....	60
XXXI.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 40 °C.....	61
XXXII.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 40 °C.....	61
XXXIII.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 40 °C.....	62
XXXIV.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 35 °C.....	63
XXXV.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 35 °C.....	64
XXXVI.	Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 35 °C.....	65
XXXVII.	Información de porcentajes de humedad obtenidos para análisis de varianza.....	66

XXXVIII.	Anova de porcentaje de humedad .....	67
XXXIX.	Prueba de Tukey.....	67
XL.	Análisis estadístico de la prueba triangular mediante prueba binomial de un extremo.....	67
XLI.	Porcentajes de humedad obtenidos en los procesos de deshidratación a diferentes temperaturas.....	72
XLII.	Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por liofilización a la temperatura de -40°C.....	73
XLIII.	Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por deshidratación al vacío a la temperatura de 35°C .....	74
XLIV.	Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por deshidratación al vacío a la temperatura de 40°C .....	74
XLV.	Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por deshidratación al vacío a la temperatura de 45°C .....	74

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cP</b>	Centipoise
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>°D</b>	Grados Dornic
<b>g</b>	Gramo
<b>h</b>	Hora
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>m</b>	Metro
<b>mmHg</b>	Milímetros de mercurio
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ( <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> )
<b>%</b>	Porcentaje
<b>S</b>	Segundo
<b>SNG</b>	Sólidos totales no graso
<b>UFC/g</b>	Unidades formadoras de colonia por gramos



## **GLOSARIO**

<b>Aminoácido</b>	Es una molécula orgánica compuesta por un grupo amino y un grupo carboxilo.
<b>Atomización</b>	Dispersión de un líquido en partículas muy pequeñas.
<b>Bacterias aeróbicas</b>	Son las bacterias que se reproducen en presencia de oxígeno y lo necesitan para vivir.
<b>Bacterias anaeróbicas</b>	Son bacterias que no necesitan oxígeno para poder vivir.
<b>Cepas</b>	Es una variante fenotípica de una especie; es decir un conjunto de células homogéneas o clones que se deriva de una reproducción de una célula inicial única, seleccionada o aislada.
<b>Coliforme</b>	Especie de bacteria que tiene ciertas características bioquímicas que indican contaminación de agua y los alimentos.
<b>Deshidratador</b>	Es un dispositivo que remueve la humedad de los alimentos para ayudar a su preservación por periodos prolongados.



<b>E. coli</b>	Es un bacilo gran negativo de la familia de las enterobacterias que se encuentran en el intestino de humanos y animales de sangre caliente.
<b>Enzimas</b>	Son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sea térmicamente posible.
<b>Fermentación</b>	Proceso bioquímico por el que una sustancia se transforma a otra más simple.
<b>Inoculación</b>	Inserción de microorganismos en un medio llamado inóculo.
<b>Levadura</b>	Organismo unicelular que produce enzimas capaces de provocar una fermentación alcohólica de hidratos de carbono.
<b>Liofilización</b>	Es el proceso durante el cual se deshidrata un alimento por sublimación previamente congelado.
<b>Metabolitos</b>	Es cualquier molécula utilizada, capaz o producida durante el metabolismo dada una ruta metabólica.
<b>Microorganismo patógeno</b>	Son microorganismos que perjudican la salud de los humanos.

<b>Moho</b>	Recubrimiento vellosos o fibroso producido por diversos tipos de hongos sobre materia orgánica.
<b>Neutralización</b>	Reacción química que ocurre entre un ácido y una base para producir una sal y agua.
<b>Pasteurización</b>	Procedimiento que consiste en someter térmicamente un alimento a altas temperaturas durante un tiempo determinado para eliminar microorganismos patógenos.
<b>Permeabilidad</b>	Es la capacidad que tiene un material de permitir el paso de un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.
<b>Reconstitución</b>	Formación de propiedades de un alimento al ser regenerado o constituido.
<b>Secado</b>	Es una operación unitaria donde se pretende eliminar la totalidad del agua de un alimento.



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados de la preservación de las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* utilizando deshidratación al vacío a tres diferentes temperaturas (45°C, 40°C y 35°C) y liofilización (-40 °C); además, determinar la existencia significativa de porcentaje de humedad de los procesos de deshidratación; así como encontrar los tiempos de deshidratación de las muestras, y evaluar la viabilidad de las cepas recuperadas como fuente de inoculación para la producción de yogur para ambos procesos.

Para evaluar los procesos de deshidratación se realizaron gráficas del porcentaje de humedad de las muestras en función del tiempo de deshidratación. En el proceso de deshidratación al vacío se pudo concluir que para las muestras a diferentes temperaturas se obtienen diferentes porcentajes de deshidratación y sí hay una diferencia significativa de humedad en las muestras: mientras más alta el temperatura menor es el porcentaje de humedad que se puede obtener del proceso. Los resultados obtenidos fueron 4,81 %, 5,62 % y 5,70 % correspondientes a las temperaturas de 45, 40 y 35 °C. Mientras que el resultado obtenido por liofilización fue de 3.18 %. Determinando de esta forma que el tiempo de deshidratación por liofilización (T = - 40 °C) fue de 4.5 h y 10 h, 15 h, y 20 h para los procesos de deshidratación por vacío (T= 45 °C, 40 °C y 35 °C).

Para ver la viabilidad de las cepas recuperadas se planteo una formación cuantitativa para inocular leche entera y fermentarla a 43 °C durante 6 horas, al

yogur elaborado se le realizaron análisis microbiológicos de coliformes totales, fecales y E. coli. Se concluye que son aptas para el consumo humano.

También se realizaron pruebas fisicoquímicas a las muestras de yogur obtenidas y comparadas con yogur comercial, clasificadas en dos análisis: grado de acidez (pH) y viscosidad. Se obtuvo que las muestras de mayor viscosidad fueron las inoculadas con cepas liofilizadas y las muestras que menor viscosidad obtuvieron fueron las del yogur inoculado con cepas deshidratadas a 35 °C. En las mediciones de pH el yogur liofilizado tuvo un valor de 4,47, mientras que en el proceso de deshidratación al vacío el pH más bajo fue de 4,13 de la temperatura de 45 °C y el pH más alto obtenido fue el producido a temperatura de 35°C con un valor de 4,83.

La evaluación sensorial consistió en una prueba triangular de dos muestras iguales y una desigual evaluadas a estudiantes de la Facultad de Ingeniería. Los resultados indicaron que sí existe diferencia sensorial en todos los yogures elaborados, pero el que mejor aceptación tuvo fue el liofilizado por contar con mayor textura y acidez agradable. Del proceso de deshidratación al vacío el que tuvo propiedades organolépticas de mayor aceptación fue el yogur elaborado con cepas deshidratadas a 40 °C a pesar de ser menos viscosa que las muestras liofilizadas.

## OBJETIVOS

### General

Preservar las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* del yogur natural utilizando los procesos de deshidratación al vacío y liofilización a escala laboratorio y emplearlas como fuente de inoculación para la elaboración de yogur.

### Específicos

1. Determinar el rendimiento de deshidratación del yogur comercial a tres diferentes temperaturas (35, 40 y 45 °C) el método de deshidratación al vacío.
2. Determinar el rendimiento de deshidratación del yogur comercial con el método de liofilización a temperatura de -40 °C.
3. Estimar el tiempo requerido para la deshidratación de yogur del proceso de deshidratación al vacío.



## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente estudio de investigación fue preservar las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* del yogur natural con el uso de los procesos de deshidratación al vacío y liofilización a escala laboratorio y emplearlas como fuente de inoculación para la elaboración de yogur.

El yogur es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de ácido láctico presente en la leche entera previamente pasteurizada fermentado por las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a la temperatura de  $43\text{ °C} \pm 5\text{°C}$  hasta alcanzar una consistencia firme coagulada por un aumento de la acidez y un sabor ligeramente amargo, textura cremosa y un gran contenido nutricional.

Dentro de la industria láctea mucho se habla del yogur y sus múltiples beneficios y actualmente se comienza hablar sobre yogur en polvo para diferentes usos.

Se han hecho estudios para deshidratar este producto lácteo con diferentes tipos de procesos de deshidratación para obtener un polvo que pueden reconstituirse sin necesidad de refrigeración y determinar la proporción de agua necesaria para poder reconstituir el yogur; al mismo tiempo, evaluar la degradación de la propiedades nutricionales del polvo obtenido mediante los diferentes procesos de deshidratación.



También se han desarrollado nuevos métodos patentados para poder deshidratar el yogur dentro de un recipiente pequeño de manera que se pueda extraer el suero indeseable dentro del recipiente y poder deshidratarlo antes de consumirlo.

En la actualidad se desarrollan nuevos métodos para poder preservar alimentos sin alterar sus propiedades nutricionales y que duren mucho más tiempo al normal.

## 1. ANTECEDENTES

Dentro del campo de la industria láctea mucho se habla del yogur y de sus múltiples beneficios. Actualmente se comienza a hablar sobre el yogur en polvo, las ventajas de movilización y tiempo de vida del producto y las condiciones de almacenamiento; pero muy poco se sabe sobre el campo que conlleva preservar las cepas microbiológicas del yogur.

Un estudio publicado en: junio de 2004 presentado por P. Kumar and H. N. Mishra en *Harvest technology Centre, Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India*, (Centro Tecnológico de la Cosecha, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Instituto Tecnológico de la India, Kharagpur, India), presentó un artículo titulado “*Yoghurt powder a review of process technology, storage and utilization*” (Evaluación del proceso tecnológico, almacenamiento y utilización). El objetivo fue deshidratar yogur en forma de polvo fino de alta calidad sin necesidad de refrigeración y determinar la proporción de agua para la reconstitución de las cepas de yogur.

Se tuvo como resultado que las muestras liofilizadas tienen la menor degradación de nutrientes en comparación con los métodos de atomizado de yogur, secado por pulverización y secado por microondas. Así mismo, se determinó que el yogur deshidratado puede ser reconstituido con agua tibia a 45°C con una proporción polvo:agua de 1:6.

El 18 de octubre de 1994 Cyrus O. Varan, publica la patente número: 5, 356,638 titulada *Method and apparatus for dehydration of yogurt during*

*transportation and storage*, la cual se refiere a un método de deshidratación de yogur dentro de un recipiente pequeño de manera que el yogur formado que puede tener suero indeseable pueda ser drenado del mismo para deshidratar el yogur antes del consumo de los mismos, sin embargo el uso de un solo recipiente y el tamiz interno e independiente de eliminación del yogur del envase original posterior al consumo de yogur.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Yogur

El yogur es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de ácido láctico presente en la leche entera previamente pasteurizada cuando se le adicionan las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* y con o sin la adición de sólidos lácteos no grasos (gomas y almidones), leche entera en polvo. Se puede producir yogur utilizando cualquier tipo de leche aunque la más usual es la leche de vaca.

Después de la inoculación de la leche se mantiene a  $43^{\circ}\text{C} \pm 5$ , hasta alcanzar una consistencia firme coagulada por un aumento de la acidez de ácido láctico producido por los microorganismos agregados con un sabor ligeramente amargo, textura cremosa y con un gran contenido nutricional.

La FAO establece que para obtener este producto lácteo de óptimas cualidades, la leche debe contener como mínimo 8,5 % de sólidos totales no grasos (SNG) y el ideal de sólidos totales en el yogur de 15 %, un pH entre 4,3 a 4,4 y una acidez de 110-120 grados Thuner.

#### 2.1.1. Olor característico

Además de ácido láctico, el metabolismo de los microorganismos durante la fermentación, se producen algunos metabolitos que son responsables del aroma característico del yogur: el acetaldehído, el diacetilo y la acetoína. También se obtiene ácidos volátiles: el fórmico, el acético, el propiónico, el

butírico, el isovalérico y el caproico; los cuales sinérgicamente con los metabolitos mencionados originan el aroma característico del yogur. El acetaldehído es la sustancia responsable del aroma que se encuentra en mayor concentración en el yogur (entre 23 a 55 ppm).

## **2.2. Historia del Yogur**

Se cree que los orígenes del yogur fueron hace muchos siglos entre las tribus nómadas de Europa de Este de Asia occidental donde se almacenaba la leche en pieles de animales donde se podía acidificar y coagular, el ácido ayudo a preservar la leche de más deterioro y del crecimiento de patógenos (microorganismos causantes de enfermedades).

Otras versiones indican que se realizó por primera vez en Bulgaria donde ya se conocía la existencia de las bacterias de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* y las utilizaron para inducir la fermentación de la leche de oveja.

## **2.3. Tipos de yogur**

A continuación se describen los tipos de yogur

### **2.3.1. Yogur aplanado**

Es el tipo de yogur donde se hace la inoculación en el recipiente final donde se va a distribuir al consumidor.

### **2.3.2. Yogur batido o agitado**

Es fermentado en un recipiente grande y luego agitado para incorporar el suero con los sólidos coagulados.

### **2.3.3. Yogur líquido**

Es un tipo de yogur con una menor cantidad de sólidos por la agitación o mayor cantidad de agua, también se mezclan con leche para conseguir el espesor deseado. La vida útil de este producto es de 4-10 días aunque puede durar más, ya que el pH se eleva mediante la adición de leche fresca.

### **2.3.4. Yogur griego (yogur cheese)**

Es el yogur donde se extrae o elimina el suero de la leche mediante la filtración natural y se obtiene un producto bastante sódico con una textura muy cremosa y consistencia de queso crema agria muy suave.

## **2.4. Control de calidad de la leche**

La leche es el único material producido por la naturaleza para funcionar exclusivamente como fuente de alimento ya que constituye una fuente nutritiva no superada por ningún otro alimento.

La acidez de la leche es producida mediante la suma de cuatro reacciones. Las tres primeras presentan la acidez natural de la leche: acidez debida a la caseína, acidez debida a sustancias minerales y acidez debida a fosfatos. La cuarta desarrollada es debida al ácido láctico y a otros ácidos producidos por la degradación de la lactosa por parte de los microorganismos.

El fundamento de medición es único y ya era indicado como usual en una publicación del año 1914. Se basa en el agregado, a un determinado volumen de leche, un volumen necesario de solución alcalina (hidróxido de sodio) de concentración perfectamente conocida hasta alcanzar un punto de neutralización, el cual se determina el punto de viraje de un indicador, generalmente la fenolftaleína que vira de incoloro a rosa a pH 8,4.

Algunas normas internacionales que miden la acidez titulable de la leche son la metodología de análisis AOAC 947.05 Ed. 16º. E ISO 11869:1997

#### **2.4.1. Grados Dornic**

Es el contenido aparente de ácido láctico resultado de la acidez natural y la desarrollada. La acidez natural de la leche, es la suma de acidez procedente de la caseína, de los fosfatos, sustancias minerales etc. La acidez desarrollada es la debida al ácido láctico y otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa de la leche. Se considera leche rica en composición sin acidez desarrollado si tiene entre 14 a 16 °D.

#### **2.5. Preparación de yogur**

Para la preparación del yogur se utiliza un litro de leche entera; en general cuanto mayor sea el nivel de grasa de la leche más cremoso será el yogur. Es muy importante que si se utiliza leche fresca local debe de pasteurizarse antes de prepararse el yogur.

Agregar un tercio de taza de leche en polvo, se utiliza cuando la leche entera tiene pocas grasas y para aumentar el contenido de sólidos y tener una mayor firmeza el yogur. Hacer la inoculación de las cepas *Lactobacillus*

*bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* y agregando  $\frac{1}{4}$  de taza de azúcar, en algunas ocasiones se utiliza miel aunque no es muy recomendable.

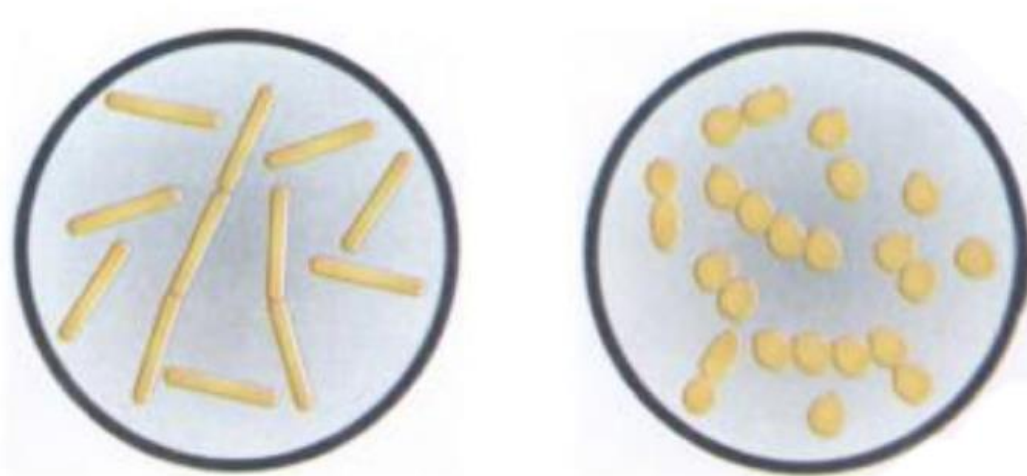
## 2.6. Cepas microbiológicas

Los microorganismos *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* son los encargados de convertir la leche en yogur siendo bacterias Gram positivas y negativas, produciendo ácido láctico como metabolito principal (son homofermentativas). Estos microorganismos crecen en forma óptima en un intervalo de temperatura entre los 40 a 45°C llamadas bacterias termófilas, su metabolismo se detiene a temperaturas debajo de los 10°C. La cepa *Lactobacillus bulgaricus* es capaz de fermentar fructosa, galactosa, glucosa y lactosa, mientras que la cepa *Streptococcus thermophilus* puede fermentar glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa.

Los dos microorganismos actúan en forma sinérgica: las bacterias se estimulan mutuamente. Ambas especies pueden crecer en un pH bajo, pero *S. thermophilus* crece mejor al inicio de la fermentación, por la producción cuando el pH es alto. El pH disminuye durante la fermentación, por la producción de ácido láctico, hasta alcanzar un valor inferior a 5,5. La acidez, el consumo de oxígeno y la liberación de sustancias volátiles que produce este microorganismo crean las condiciones ideales para que se desarrolle *L. bulgaricus*. Por otro lado, al liberar aminoácidos de la caseína, el bacilo estimula el crecimiento de *S. thermophilus* y entonces se producen ácidos grasos y acetaldehído. Otro efecto positivo de la disminución del pH es la inhibición de los microorganismos que no crecen en ambiente tan ácidos, como la *Salmonella*, el *Staphylococcus aureus* y otros microorganismos que pueden deteriorar el producto.



Figura 1. **Bacterias en yogur, *Lactobacillus bulgaricus* (izquierda) y *Streptococcus thermophilus* (derecha)**



Fuente: GÖSTA, Bylund. *Manual de industrias lácteas*. p. 26.

## 2.7. Producción de inicio de cultivos

A continuación se describe la producción de inicio de cultivos.

### 2.7.1. Características de un cultivo iniciador

- Debe contener el número máximo de células viables.
- Debe estar libre de cualquier contaminante por ejemplo coliformes, levaduras y mohos.
- Debe ser activa bajo condiciones de procesamiento en la industria láctea y, por lo tanto, el mantenimiento en la industria láctea el mantenimiento de los cultivos intermediarios y otros es muy importante.

### **2.7.2. Proporción de microorganismos**

La mayoría de los yogures tienen una proporción en la que se inoculan los microorganismos, de 1:1 y 2:1 (*Streptococcus* : *Lactobacillus*). Nunca se ha permitido que los bacilos superen esta proporción ya que el sabor sería entonces demasiado ácido. Al final de la fermentación, la proporción en que se hallan estos microorganismos dependen de las condiciones de producción y se encuentran en función directa de las características organolépticas deseadas en el yogur.

### **2.7.3. Inoculación y la fermentación**

El cultivo iniciador se inocula en una proporción que oscila entre el 1 al 5 % de la cantidad de leche inicial que se utiliza. Se debe mezclar muy bien con la leche para asegurar una adecuada distribución de los microorganismos. En este momento empieza el proceso de fermentación. La fermentación se realiza durante un promedio de tres a seis horas según el porcentaje de inoculación a una temperatura entre 40 y 45°C. El tiempo de fermentación depende de la temperatura de incubación y de la capacidad de producción de ácido láctico de los microorganismos. El proceso se debe detener cuando se alcanza una concentración de ácido láctico entre 0,70 y 1,1 % p/V. En este rango de concentración de ácido el valor del pH se encuentra entre 4,6 y 3,7.

Los cultivos iniciadores o starters pueden clasificarse según la manera de aplicarlos como: para reconstitución y como aplicación directa.

### **2.7.3.1. Reconstitución**

Se preparan cultivos madre y se hacen los trasposos necesarios de acuerdo con el volumen de yogur por producir. Para preparar el cultivo madre, se inocula el cultivo iniciador en un matraz con leche estéril y se coloca en las condiciones óptimas de desarrollo.

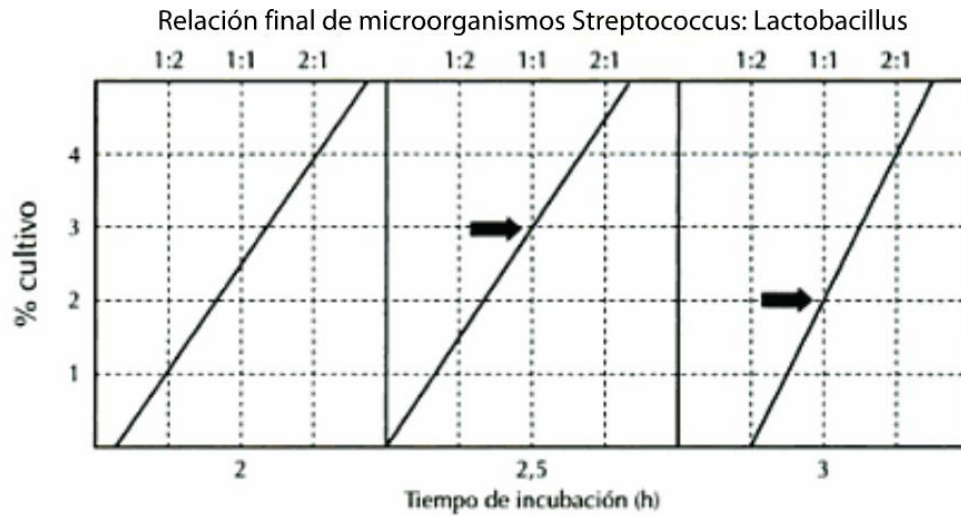
### **2.7.3.2. Aplicación directa**

Se adiciona el contenido de cultivos iniciadores de los sobres directamente a la leche pasteurizada.

### **2.7.4. Cantidad de inóculo y tiempo de fermentación**

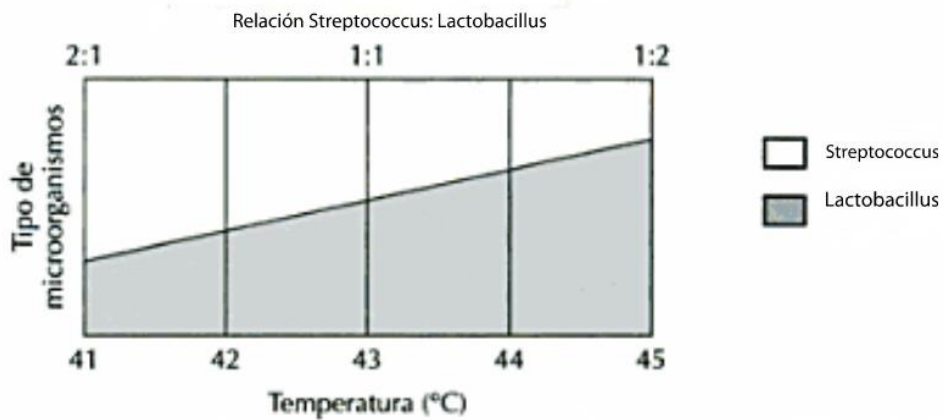
La cantidad de inóculo y el tiempo de fermentación también influye en las características del yogur. Para producir un yogur a 42 °C durante dos horas y media, con una relación final de microorganismos de 1:1 es necesario inocular con una cantidad de cultivo equivalente al 3 % v/v de la leche que se desea fermentar. Si el yogur se produce en tres horas, se inocula la leche con un 2 % de cultivo (en relación con la cantidad de la leche empleada).

Figura 2. **Influencia de la cantidad de inóculo y el tiempo de proporción de las especies al final de la fermentación, en un cultivo de yogur**



Fuente: Ellner. *Microbiología industrial*. p. 26.

Figura 3. **Influencia de la temperatura sobre las especies al final de la fermentación, en un cultivo de yogur**



Fuente: Ellner. *Microbiología Industrial*. p. 19.

### **2.7.5. Enfriamiento posfermentación**

Cuando se alcanza la acidez deseada, se debe detener el proceso de fermentación. Para detener la fermentación se disminuye la temperatura porque los microorganismos involucrados en el proceso no son capaces de crecer a temperaturas inferiores a 10 °C; además, a bajas temperaturas se suspende la actividad de las enzimas generadas por los microorganismos. La temperatura recomendada de refrigeración es de 4 a 5 °C. El enfriamiento a la vez tiene un efecto positivo pues aumenta la firmeza del yogur dándole una mayor consistencia sólida.

## **2.8. Usos de bacterias a la salud**

Desde varios años se han estado estudiando los beneficios producidos por las bacterias que viven en condiciones normales en nuestro interior colonizando la última parte del intestino delgado y grueso. Los alimentos probióticos que contienen bacterias vivas y los prebióticos que no incluyen bacterias pero estimulan su crecimiento han sido utilizados en los últimos años para beneficiar nuestra salud cuya eficiencia se combina para alimentos con alto contenido nutricional.

### **2.8.1. Probióticos**

Son microorganismos vivos que pueden incluir en la preparación de una amplia gama de productos. Los alimentos probióticos contienen microorganismos vivos como *Lactobacilos* y *Bifidobacterias* que se encuentran sobre todo en productos lácteos fermentados como yogures y quesos. También sucede lo mismo con el kéfir y la levadura de pan que contiene un alto contenido de cromo para los diabéticos.

Tabla I. Ejemplo de cepas probióticas en productos

Cepa (designaciones alternativas)	Nombre de marca	Fabricante
<i>Bifidobacterium animalis</i> DN 173 010	Activia	Danone/Dannon
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> Bb-12		Chr. Hansen
<i>Bifidobacterium breve</i> Yakult	Bifiene	Yakult
<i>Bifidobacterium infantis</i> 35624	Align	Procter y Gamble
<i>Bifidobacterium lactis</i> HN019 (DR10)	Howaru™ Bifido	Danisco
<i>Bifidobacterium longum</i> BB536		Moringa Milk Industry
<i>Enterococcus</i> LAB SF 68	Bioflorin	Cerbios-Pharma
<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917	Mutaflor	Ardeypharm
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LA-5		Chr. Hansen
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NCFM		Danisco
<i>Lactobacillus casei</i> DN-114 001	Actimel, DanActive	Danone/Dannon
<i>Lactobacillus casei</i> CRL431		Chr. Hansen
<i>Lactobacillus casei</i> F19	Cultura	Arla Foods
<i>Lactobacillus casei</i> Shirota	Yakult	Yakult
<i>Lactobacillus johnsonii</i> La1 (Lj1)	LC1	Nestlé
<i>Lactococcus lactis</i> L1A	Normmejerier	
<i>Lactobacillus plantarum</i> 299V	GoodBelly, ProViva	NextFoods Probi
<i>Lactobacillus reuteri</i> ATTC 55730	Retueri	BioGaia Biologics
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 53013 (LGG)	Vifit y otros	Valio
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> LB21	Verum	Normmejerier
<i>Lactobacillus salivarius</i> UCC118		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ( <i>boulardii</i> ) Iio	DiarSafe, Ultralevure y otros	Wren Laboratories, Biocodex, y otros
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus acidophilus</i> CL1285 y <i>Lactobacillus casei</i> Lbc80r	Bio K+	Bio K+ International
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GR-1 y <i>Lactobacillus reuteri</i> RC-14	FemDophilus	Chr. Hansen
Analizado como mezcla: VSL#3 (mezcla de 1 cepa de <i>Streptococcus thermophilus</i> , cuatro <i>Lactobacillus</i> spp y tres cepas de <i>Bifidobacterium</i> spp)	VSL#3	Sigma-Tau Pharmaceuticals, Inc.
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus acidophilus</i> CUL60 y <i>Bifidobacterium bifidum</i> CUL 20		
Analizado como mezcla: <i>Lactobacillus helveticus</i> R0052 y <i>Lactobacillus rhamnosus</i> R0011	A'Biotica y otros	Institut Rosell
Analizado como mezcla: <i>Bacillus clausii</i> cepas O/C, NR, SIN, y T	Enterogermina	Sanofi-Aventis

Fuente: Organización Mundial de Gastroenterología. *Guías Prácticas de la OMGE*. p. 57.

## 2.8.2. Prebióticos

Son alimentos que estimulan el crecimiento y la actividad de las bacterias beneficiosas en nuestro organismo. Proliferan el crecimiento de las bacterias para que se reproduzcan súbitamente y vivan de nuevo en el intestino; en la industria alimenticia los emplean como ingredientes en la leche, yogures, margarinas, cereales y zumos. Pero también se encuentran de forma natural en el trigo, ajo, cebolla, la remolacha, los espárragos, el tomate, los plátanos y las legumbres, en forma de fibra oligofruktosa e inulina.

### **2.8.3. Simbióticos**

Son la combinación de las propiedades prebióticas y probióticas como sucede al emplearse en los yogures con fibras. Actualmente los yogures comerciales adicionan fibra en forma de cereales o con trozos de fruta para potenciar los beneficios.

### **2.8.4. Mecanismos de acción**

Los probióticos afectan el ecosistema intestinal estimulando los mecanismos inmunitarios de la mucosa y estimulando los mecanismos no inmunitarios a través de un antagonismo con los patógenos potenciales. Reducen el riesgo de cáncer de colon en modelos animales, probablemente porque suprimen la actividad de ciertas enzimas bacterianas que pueden aumentar los niveles de procarcinógenos, aunque no ha sido demostrado en los humanos. Los prebióticos afectan las bacterias intestinales aumentando el número de bacterias anaeróbicas beneficiosas y disminuyendo la población de microorganismos potencialmente patógenos.

## **2.9. Secado**

Es una operación unitaria donde se pretende eliminar la totalidad del agua libre de un alimento; impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática, es imposible extraer el 100 % de agua de un alimento pero se pretende tener valores muy cercanos al 100 %. El mecanismo que regula el secado de un producto en forma de partículas depende de su estructura y de los parámetros de secado: contenido de humedad relativa, dimensiones del producto, temperatura y el tiempo del medio de calentamiento.

## **2.10. Deshidratación**

Es la alteración de humedad de un alimento donde se extrae una fracción de agua de un alimento o sólido que generalmente ocurre haciendo pasar un fluido caliente para poder eliminar el agua en el plasma del cuerpo alimenticio.

## **2.11. Tipos de deshidratación**

Los tipos de deshidratación pueden clasificarse con base en acción del frío o del calor; a continuación, se describen las diferentes formas de deshidratación de un producto alimenticio.

## **2.12. Deshidratación en caliente**

A continuación se describe la deshidratación en caliente.

### **2.12.1. Atomización o aspersión**

El secado por aspersión es utilizado para convertir una solución líquida, o salmuera en un polvo seco mediante la dispersión de gotas minúsculas o nebulización, por lo general de 10 a 500  $\mu m$  de diámetro. Dentro de la cámara de secado, se pone en contacto una corriente de gas secante caliente en gran volumen con la suficiente energía para lograr la evaporación del líquido, con otra de partículas con una gran área superficial a través de la cual ocurre la evaporación de la humedad. Las aspersión o atomización permite crear una superficie de intercambio muy grande entre el aire y el fluido pulverizado, propiciando intercambios de calor y de masa muy rápidos, lo cual se traduce en tiempos de resistencia del producto a secar muy cortos (5 a 100s), una de las



grandes ventajas del secado es por atomización, que lo hace especialmente aplicable al secado de materiales sensibles al calor.

### **2.12.2. Deshidratado al vacío**

El secado al vacío se realiza generalmente a temperaturas bajas inferiores a 75°C donde se utiliza vacío para disminuir la temperatura de ebullición del solvente que se desea evaporar, consiste en un secador que contiene platos calefactores el cual suministra calor necesario para evaporar el solvente. Al aplicar vacío se acelera el secado del solvente de los alimentos con mayor facilidad y el calor suministrado remueve el solvente. Las presiones de vacío comunes son de 30 a 50 mmHg. Y el tiempo de secado depende directamente del espesor del material y de la temperatura de secado del alimento. El tamaño del poro pequeño del alimento a deshidratar también influye en el tiempo de deshidratación de un material biológico con alta humedad.

Los secadores de cámara de vacío funcionan por lotes con calentamiento indirecto que consisten en una cámara de hermética con una fuente de vacío, el medio de calentador para equipo de laboratorio son resistencias eléctricas mientras que en las industriales generalmente se utiliza vapor fluido a presiones altas entre 720 kPa manométricos o menores a la presión atmosférica. El material a deshidratar se coloca en charolas o bandejas sobre las parrillas calefactoras sensibles al calor de acero inoxidable generalmente para la fácil limpieza de las bandejas y cámara hermética.

### **2.12.3. Porcentaje de humedad**

Es la cantidad de agua impregnada en un cuerpo o que está presente en una muestra, sin considerar que en la mayoría de los alimentos existen zonas o

regiones microscópicas que debido a su composición química no permiten la presencia del agua, lo cual provoca una distribución heterogénea a través de un producto.

## **2.13. Deshidratación en frío**

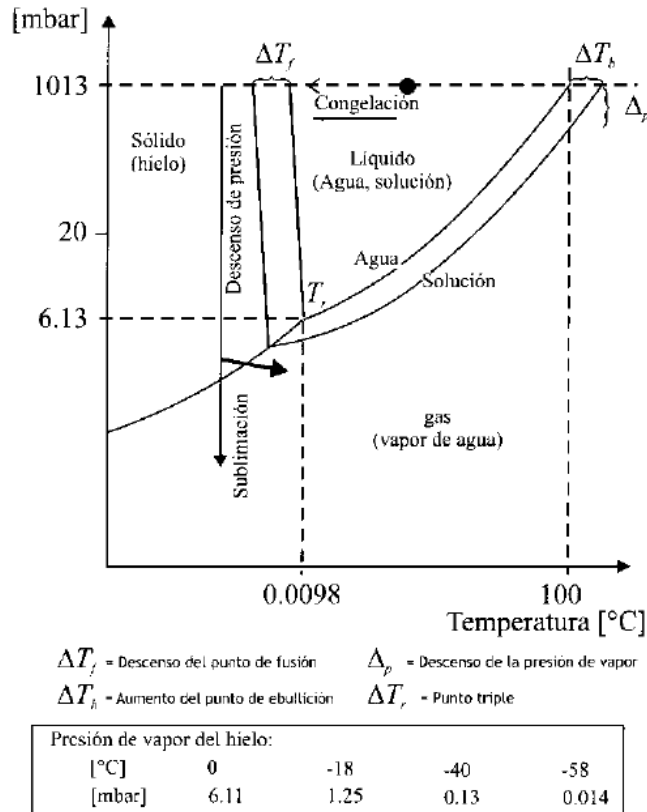
A continuación se describe la deshidratación en frío

### **2.13.1. Liofilización**

Es un proceso durante el cual el material primero se congela y se concentra el solvente (usualmente agua), para luego ser retirado por sublimación a presión reducida, hasta alcanzar valores de 5 % de porcentaje de humedad o menor, disminuyendo las pérdidas de los componente volátiles o termosensibles. Por medio de la liofilización se logran reducir las pérdidas de los compuestos responsables del sabor y el aroma en los alimentos en mayor proporción que otros sistemas de secado. Este proceso termina con la etapa de almacenamiento controlado del producto en ausencia de oxígeno (aire) y vapor del agua, obteniendo así la extensión de la vida útil de los productos.

Considerando así a la liofilización como una operación múltiple donde el solvente pasa por los estados sólido, líquido y gaseoso, se hace en dos pasos: primero una congelación para llevar de líquido a sólido y posteriormente una sublimación para cambiar de estado sólido a vapor, el proceso de separación del líquido se produce durante la congelación no durante la sublimación.

Figura 4. Cambios de fases del agua durante la liofilización de un alimento



- a-b: cambio de fase de líquido a hielo (congelación), por disminución de temperatura.
- b-c: disminución de presión a temperatura constante.
- c-d: cambio de fase de hielo a vapor (sublimación), por un aumento de temperatura.

Fuente: KRAMER, M. *Congelamiento y liofilización de los alimentos*. p. 47.

### 2.13.2. Etapas de la liofilización

El proceso de liofilización puede subdividirse en 3 fases: conductiva o de deshidratación primaria, difusiva y segunda etapa difusiva, cada etapa es muy importante en el proceso para obtener un producto final de alta calidad.

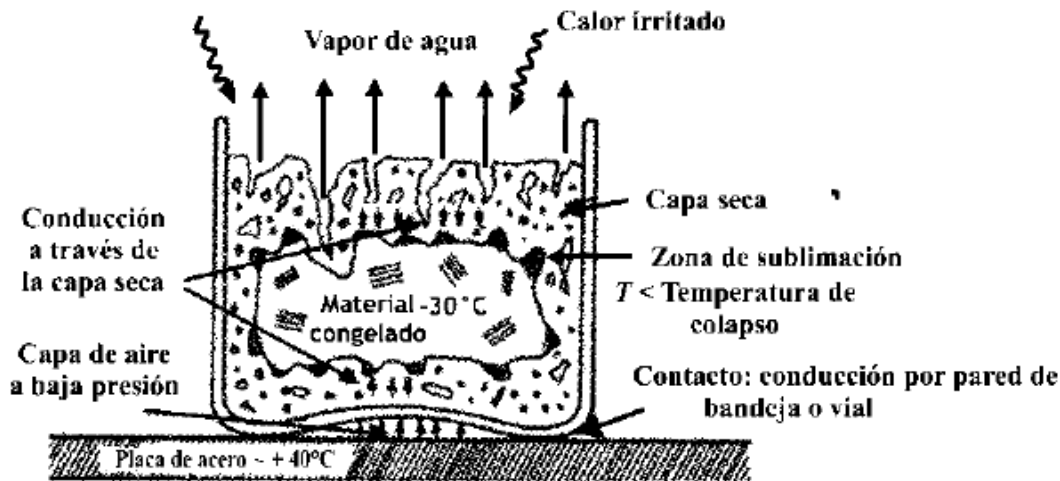
Fase 1: llamada etapa conductiva inicialmente por el calentamiento de la muestra, la velocidad de sublimación crece rápidamente hasta llegar a un máximo. El tiempo para agotar esta fase es relativamente corto, entre un 10 y 15 % del tiempo total del proceso.

Fase 2: primera etapa difusiva. Muestra un descenso importante de la velocidad de sublimación debido a la formación de una capa porosa de material seco que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor a medida que procede el secado. Las fases 1 y 2 se denominan secado primario; en ellas se lleva a cabo la mayor parte de remoción de agua del producto (entre un 75 %-90 %).

Fase 3: segunda etapa difusiva, llamada también secado secundario. La velocidad de sublimación continúa decreciendo de forma que se aproxima a cero. Esto debido a que el calor necesario para retirar el agua ligada es más alto que el calor de sublimación. Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña, es posible en esta etapa incrementar la temperatura de la calefacción y del producto hasta valores del orden de 50°C, dependiendo del material que se trate.

La curva de velocidad de sublimación indica solo la transferencia de masa, como en todo proceso de secado coexisten los fenómenos de transferencia de masa y calor, la curva de transferencia de calor en función del tiempo se obtiene multiplicando la cantidad de agua sublimada por su correspondiente calor de sublimación o desorción.

Figura 5. Esquema de secado por sublimación de los distintos mecanismos de transferencia de calor



Fuente. KRAMEr, M. *Congelamiento y liofilización de los alimentos*. p. 23.

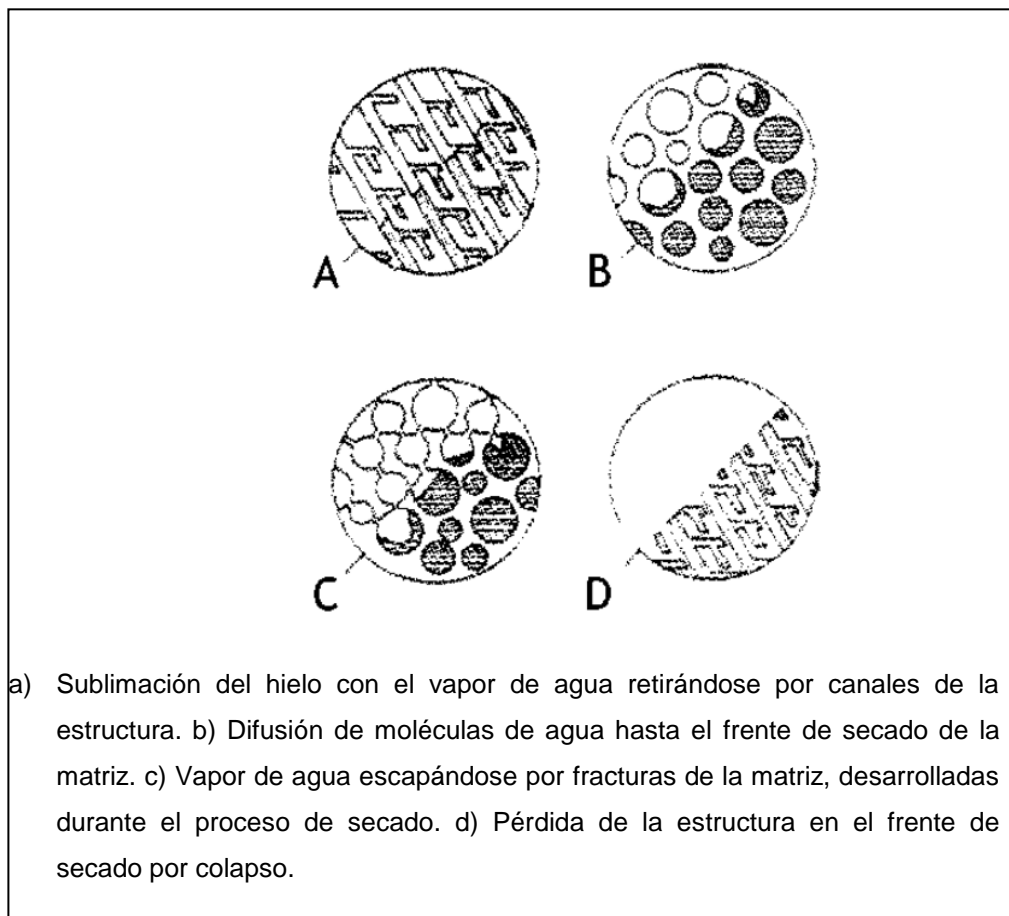
### 2.13.3. Secado primario

En el secado primario el hielo se retira de la muestra mediante sublimación desde la fase sólida a la gaseosa. Mientras se disponga de un sistema que constantemente retire este vapor, el proceso de secado por sublimación continuará hasta que se agote el hielo presente. Este papel lo cumple en un liofilizador el condensador (des-sublimador), elemento del equipo que ofrece una superficie suficientemente fría como para que el vapor de agua pase nuevamente a fase sólida. La fuerza impulsora que mantiene la sublimación es el gradiente de presión de vapor entre la superficie congelada del producto y el condensador.

El agua se retira de la matriz de diferentes formas. Si hay canales en la estructura escapa por ellos y al hacerlo se propicia la aparición de nuevos poros

o canales. Si no hay disponibles canales como es el caso de los sistemas amorfos, las moléculas de agua se difunden hasta llegar a los poros generados en la zona seca desde donde escapan de la muestra. Si la matriz sólida tiene una alta resistencia a la difusión se produce una sobrepresión del vapor de agua que puede fracturar la estructura y hacer aparecer canales de interconexión entre zonas de hielo por donde el vapor pueda salir. Si se muestra un exceso de energía se presentará el colapso de la matriz debido a altas velocidades de la corriente de vapor sublimado.

Figura 6. **Mecanismos de secado durante la sublimación**

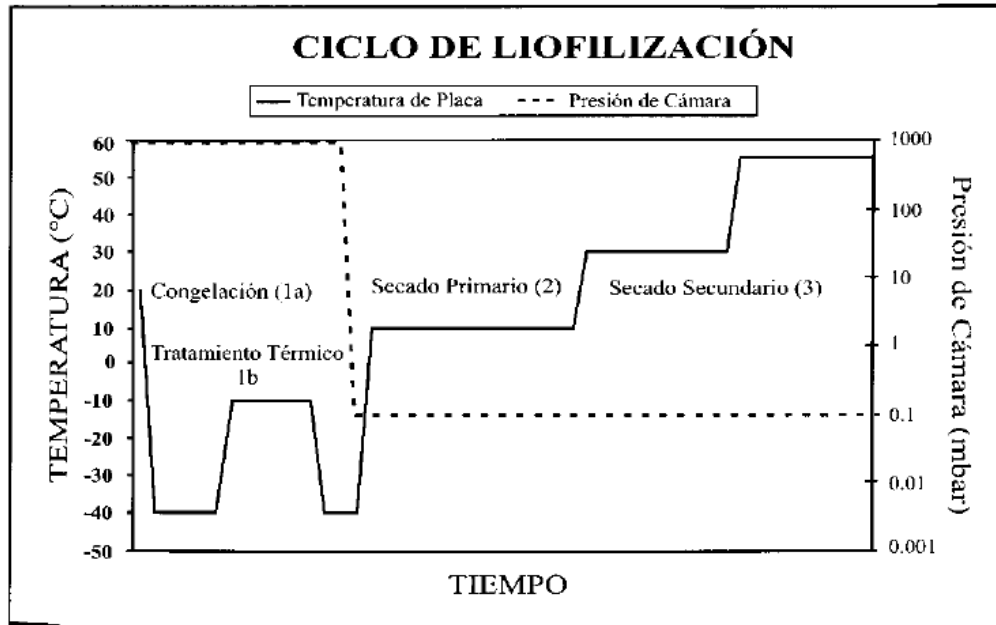


Fuente. KRAMEr, M. *Congelamiento y liofilización de los alimentos*. p. 40.

#### **2.13.4. Secado secundario**

Las porciones remanentes de agua no congelada, que no subliman en la primera etapa del secado, lo hacen por evaporación en la segunda etapa al incrementarse la temperatura de la matriz del alimento. Para el caso de matrices cristalinas, el mecanismo de secado es el de desorción y evaporación del agua desde la superficie cristalina. Con sustancias amorfas de hasta un 40 % de agua lo preponderante es la difusión del agua a través de la fase vítrea, lo que hace muy prolongado el secado secundario. Las partes secas de la muestra que se liofiliza pueden comenzar su secado secundario aunque haya presencia en el alimento de hielo que sublima en fase primaria, mientras estas dos fases coexistan y debido que a el hielo que sublima enfría la estructura que permanece controlada la temperatura del alimento. Cuando desaparece la última porción de hielo se presenta un incremento de la temperatura, con los materiales amorfos debe tenerse cuidado de no superar en el secado secundario su temperatura de transición vítrea ( $T_s$ ).

Figura 7. Proceso térmico de liofilización



- 1ª: Enfriamiento
- 1b: Tratamiento térmico (Annealing)
- 2ª: Secado primario
- 3ª: Secado secundario

Fuente: KRAMER, M. *Congelamiento y liofilización de alimentos*. p. 48.

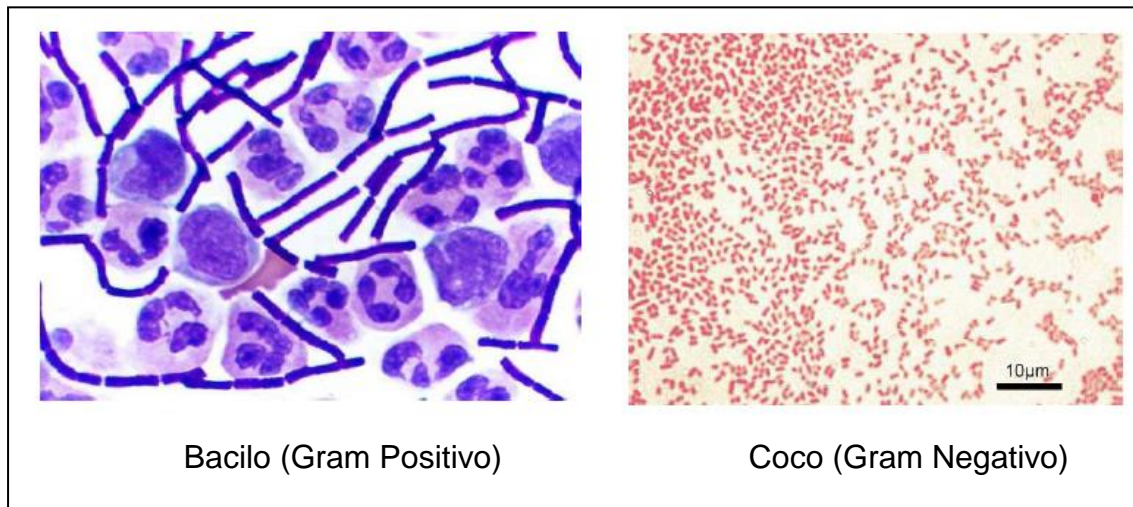
## 2.14. Tinción de Gram

Este es un método de tinción por diferenciación denominado por el bacteriólogo danés Gram quien la desarrolló en 1844 y la clasificó en dos grupos según su reacción a la tinción: Gram positivas y Gram negativas, donde los términos positivo y negativo no representan ninguna carga eléctrica sino únicamente diferencian los dos grupos morfológicos distintos de bacterias.



Las células fijadas al calor sobre un portaobjetos se tiñen primero con una solución de cristal violeta y son lavadas después para quitar el exceso de colorante. En este estado, todas las células, tanto las Gram positivas como las Gram negativas están teñidas de azul. Cuando se agrega la solución de yodo-yoduro potásico el ingrediente activo es aquí el  $I_2$ , el KI simplemente hace soluble el  $I_2$  en agua, el  $I_2$  entra en las células y forma un complejo insoluble en agua con el cristal violeta. De nuevo tanto las células Gram positivas como las Gram negativas se encuentran en la misma situación.

Figura 8. **Morfología microscópica del método de tinción de Gram**



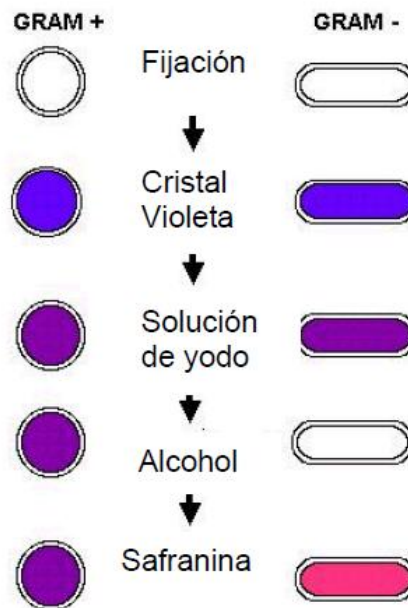
Fuente: SANTAMBROSIO, Eduardo. *Manual de biotecnología*. p. 15.

Figura 9. Comportamiento microbiano del método de tinción de Gram



Fuente: Laboratorio de Microbiología, Accua Natura

Figura 10. Procedimiento del método de tinción de Gram



Fuente: DE VIZCARRODO, Milagros. *Laboratorio de Microbiología*. p. 96.



### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Localización**

Las instalaciones en las cuales se realizó la parte experimental, incluido el análisis sensorial del yogur producido a partir de las cepas preservadas y recuperadas y control microbiológico del presente estudio fueron:

- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEEXVE). Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Alimentos del Departamento de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio del Departamento de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos, Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

### 3.2. Variables

Es la expresión que puede ser tomada con un valor numérico de una ecuación o expresión matemática representada por un símbolo.

#### 3.2.1. Variables independientes

Son el tipo de variables cuyo valor no depende de una u otras variables.

Tabla II. **Variables independientes involucradas en la preservación de cepas por deshidratación**

Variable	Unidades	
	Descripción	Subdivisión
Temperatura	Celsius	45, 40, 35 y -40°C
Método de análisis	Deshidratación	Deshidratación al vacío y liofilización

Fuente: elaboración propia.

#### 3.2.2. Variables dependientes

Es aquella variable cuyo valor numérico depende de los que tomen otra variable.

Tabla III. **Variables dependientes involucradas en la preservación de cepas por deshidratación**

Variable	Unidades	
	Descripción	Subdivisión
Masa	Gramos	g
Porcentaje de humedad	Adimensional	%
Tiempo de deshidratación	Horas	h

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Delimitación del campo de estudio**

A continuación se describe la delimitación del campo de estudio.

#### **3.3.1. Obtención de materia prima**

El yogur utilizado para la preservación de cepas para ambos procesos de deshidratación, liofilizado y deshidratación al vacío es yogur de carácter comercial de tipo griego.

#### **3.3.2. Pruebas de viabilidad de las cepas recuperadas de la deshidratación**

Para comprobar si es viable producir yogur a partir de las cepas preservadas, se realizó la prueba de inoculación al polvo que contiene estas cepas de yogur, en 200 mL leche con una proporción 1:200 (g/mL) en una incubadora a temperatura de 43°C durante 6 horas. Este análisis de producción de yogur se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Escuela de Nutrición de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia; asimismo, el análisis sensorial se realizó en la Facultad de Ingeniería.

#### **3.3.3. Análisis microbiológico efectuado al yogur producido a partir de las cepas**

El control microbiológico del producto terminado consistió en hacer un análisis de las unidades formadoras de colonia por gramo o mililitro (UFC/g) de los microorganismos de grupos coliformes totales, coliformes fecales y E. coli. Para considerar que el resultado del producto final es apto para el consumo humano o no es apto. Dicho control microbiológico fue realizado en el

Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos de la Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos Edificio T-11, tercer nivel.

#### **3.3.4. Pruebas sensoriales**

Las pruebas sensoriales consistieron en hacer un estudio organoléptico de yogur producido de las cepas recuperadas en los procesos de deshidratación a estudiantes de la Facultad de Ingeniería con dos muestras iguales de yogur y una diferente llamada prueba diferencia triangular.

#### **3.4. Recursos humanos**

Investigador: Nimsi Leví Chiquitó Chile

Asesora: Inga. Hilda Palma de Martini

#### **3.5. Recursos materiales disponibles**

A continuación se describen los recursos materiales disponibles.

##### **3.5.1. Materias primas y reactivos**

A continuación se muestra un listado con las materias primas y reactivos:

- Yogur
- Leche de vaca entera (pasteurizada)
- Azúcar refinada
- Agua destilada
- Alcohol
- Cristal violeta

- Solución yodada (yodo/yoduro de potasio)
- Safranina o fucsina
- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Fenolftaleína

### **3.5.2. Instrumentos de laboratorio**

A continuación se muestra un listado de los instrumentos de laboratorio:

- Espátula plana
- Espátula de cuchara y plana
- Azas con lupa y sin lupa
- Azas sin lupa
- Gotero

### **3.5.3. Cristalería**

A continuación se muestra un listado de cristalería:

- Vasos de la cámara liofilizadora
- Cajas de petri de vidrio
- Porta objetos
- Cubre objetos
- Frascos de vidrio color ámbar
- Frascos de 200 mL transparentes
- Probeta
- Termómetro



### 3.5.4. Equipo

A continuación se muestra un listado del equipo utilizado:

- Horno de vacío

Figura 11. **Horno de vacío**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Liofilizador: Modelo MPDULYOD-115

Figura 12. **Liofilizador**



Fuente: Laboratorio de Alimentos de Escuela de Nutrición, T-11, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

- Balanza analítica

Figura 13. **Balanza analítica**



Fuente: Laboratorio de Alimentos de Escuela de Nutrición, T11, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

- Microscopio

Figura 14. **Microscopio**



Fuente: Laboratorio de Microbiología, Edificio T-1, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Balanza de humedad

Figura 15. **Balanza de humedad**



Fuente: Laboratorio de Alimentos de Escuela de Nutrición, T11, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

- Incubadora

Figura 16. **Incubadora**



Fuente: Laboratorio de Alimentos de Escuela de Nutrición, T11, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

- Viscosímetro de Brookfield

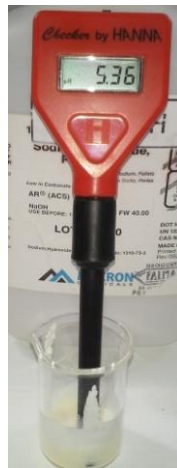
Figura 17. **Viscosímetro de Brookfield**



Fuente: Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

- Potenciómetro

Figura 18. **Potenciómetro**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEEXVE-, Facultad Ingeniería, USAC.

### **3.5.5. Accesorios adicionales**

Bata, lentes de protección, mascarilla, guantes de látex, guantes térmicos, papel parafin, vidrio reloj, papel mayordomo, refrigeradora.

### **3.5.6. Microorganismos**

A continuación se describen los microorganismos:

- Lactobacillus bulgaricus y
- Streptococcus thermophilus

### **3.6. Técnica cuantitativa o cualitativa**

Para la deshidratación de las muestras de yogur utilizó una técnica cuantitativa para poder detectar el contenido de agua dentro de la muestra en función del tiempo y determinar el porcentaje de rendimiento de las muestras recuperadas. Asimismo, se realizó una prueba cualitativa para identificar y detectar la presencia de las cepas en las cepas preservadas para ambos procesos de deshidratación mediante el método de tinción de Gram.

Mientras que para la producción de yogur se utilizó una prueba cualitativa de análisis sensorial para determinar características organolépticas del yogur inoculado con las cepas preservadas a las temperaturas analizadas (-40, 35, 30, 45) incluyendo análisis de control calidad siendo estas pH y viscosidad. Adicionalmente se empleó una técnica cuantitativa de control microbiológico al yogur para poder identificar si el yogur es apto para el consumo humano y garantizar su inocuidad.

### **3.7. Métodos y modelos según el tipo de variables**

Los procedimientos que se realizaron en la parte experimental del presente estudio se detallan a continuación según la técnica cualitativa o cuantitativa utilizada.

#### **3.7.1. Procedimiento para la preservación de las cepas utilizando por liofilización**

A continuación se explicara el procedimiento para la preservación de las cepas.

- Tarar el vaso liofilizador en la balanza.
- Agregar 10g de yogur en cada vaso liofilizador.
- Colocar las muestras de yogur dentro del refrigerador para acelerar el proceso de congelación.
- Colocar las muestras dentro del liofilizador y encender el equipo.
- Cuando el liofilizador haya alcanzado una presión de vacío de 830 mmbar y la temperatura de -40°C abrir la llave de vacío para que inicie el proceso de liofilizado de las muestras.
- Verificar la masa de la muestra cada 15 minutos y anotar los valores.
- Anotar la masa final del proceso de liofilización y restar la tara para determinar la masa final.
- Colocar la muestra del deshidratado dentro de la balanza de humedad para poder determinar el porcentaje de humedad final de la muestra.
- Moler las muestras del deshidratado en un mortero y pistilo hasta obtener un polvo fino uniforme.
- Tarar un frasco de color ámbar en la balanza analítica y agregar el polvo de yogur deshidratado que contiene las cepas dentro del frasco.

- Anotar la masa de recuperación del deshidratado.

La ventaja de este proceso es que los microorganismos no están expuestos a temperaturas que superen los 43°C (temperatura óptima de crecimiento de cepas) y se pueden deshidratar las muestras sin que los microorganismos mueran.

### **3.7.2. Procedimiento para la preservación de las cepas utilización deshidratación al vacío**

- Tarar las cajas de petri para las muestras.
- Agregar 10 g dentro de las cajas de petri.
- Prender el equipo y regular la temperatura de trabajo (35, 40 y 45°C).
- Esperar hasta que el horno se encuentre a la temperatura de trabajo.
- Posteriormente colocar las muestras de cada repetición dentro del deshidratador de vacío.
- Mediante una bomba generadora de vacío condicionar el horno a una presión de vacío de 12 Pulgadas de Hg.
- Verificar la masa de la muestra a cada hora (1h) y anotar los valores.
- Anotar la masa final del proceso de deshidratación y restar la tara de las cajas de petri para determinar la masa final.
- Colocar la muestra del deshidratado dentro de la balanza de humedad para poder determinar el porcentaje de humedad final de la muestra.
- Moler las muestras del deshidratado en un mortero y pistilo hasta obtener un polvo fino uniforme.
- Tarar un frasco de color ámbar en la balanza analítica y agregar el polvo de yogur deshidratado que contiene las cepas dentro del frasco.
- Anotar la masa de recuperación del deshidratado.

Para determinar el porcentaje de humedad del yogur deshidratado se utilizó el liofilizador de las instalaciones del laboratorio de alimentos de Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia a las condiciones de T= -40°C y presión de vacío de 830 mmbar, y un Horno de vacío en las instalaciones del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE- a las condiciones de temperaturas analizadas y presión de vacío de 12 pulgadas de Hg. Este proceso es factible para las cepas de yogur debido a la sensibilidad de las mismas a las altas temperaturas y se tiene un mayor control de temperatura de trabajo.

### **3.7.3. Procedimiento para la tinción de Gram**

Identificación de la presencia de las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* en el yogur mediante las pruebas de tinción de Gram positivas y Gram negativas.

- Adición de polvo liofilizado que contiene las cepas preservadas en agua.
- Adicionar la mezcla de la solución a un porta objetos.
- Fijar la solución de yogur añadiendo calor al portaobjetos con un mechero.
- Agregar cristal violeta a la muestra de la colonia de microorganismos durante 1 min.
- Lavar la muestra con agua desmineralizada.
- Agregar la solución de yodo y dejarla reposar durante 3 min.
- Lavar la muestra con agua desmineralizada.
- Decolorar la muestra con alcohol etílico/acetona.
- Dejar secar la muestra y añadir safranina durante, 1-2 min.
- Colocar un cubre objetos sobre la muestra.
- Ajustar el objetivo del microscopio e identificar los microorganismos.



#### **3.7.4. Procedimiento de control de calidad de la leche (grados Dornic)**

- Medir 10 mL de la leche a analizar.
- Agregar 2 o 3 gotas de Fenolftaleína 0,1 %.
- Valorar la leche con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N hasta que cambie a color rosado (Si la coloración desaparece progresivamente se considera que el viraje efectivo si dura al menos 10 s).
- Anotar el volumen de hidróxido de sodio gastado.
- Mediante la ecuación de grados Dornic determinar la acidez (ver anexos).

#### **3.7.5. Procedimiento para la elaboración de yogur utilizando las cepas preservadas.**

- Esterilización de frascos de 200mL.
- Envolver los frascos en papel Kraft (estraza).
- Pasteurizar la leche de vaca entera hasta que hierva.
- Dejar enfriar la leche hasta que alcance la temperatura de 43°C
- Adicionar 1 g de las cepas preservadas en el presente estudio.
- Agregar 10g de azúcar refinada.
- Agregar 5g de leche en polvo para aumentar el contenido de sólidos totales.
- Agitar y mezclar durante 2-3 min.
- Agregar el yogur producido a la incubadora a la temperatura de 43°C durante 6 h.

Tabla IV. **Fórmula desarrollada para la producción de yogur para un lote de 200 mL**

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad (g o mL)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cepas preservadas	1g	0,463
Leche	200 mL	92,593
Azúcar	10g	4,630
Leche en polvo	5g	2,315

Fuente: elaboración propia.

### **3.7.6. Procedimiento de la medición de viscosidad**

Las mediciones de viscosidades se realizaron en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Química Farmacéutica.

- Colocar 80mL de la muestra en un beacker de 100mL.
- Colocar el número de pin del viscosímetro (Núm. 4).
- Ajustar la velocidad del Viscosímetro (1,5 rpm).
- Sumergir el pin dentro de la muestra hasta alcanzar la marca indicada.
- Prender el equipo y verificar la lectura del viscosímetro cuando este estable y oprimir el botón de lectura.
- Anotar el valor de la lectura y multiplicarla por la velocidad y factor de corrección del pin (ver anexos).

### **3.7.7. Procedimiento de la medición de pH**

- Calibración del potenciómetro utilizando buffer de pH=7, posteriormente utilizando pH=4.

- Tomar 50mL de yogur en un beacker de 100mL y sumergir el electrodo del potenciómetro dentro de la muestra.
- Esperar a que la lectura estabilice.
- Identificar y anotar el valor que indica el equipo.

Los valores de pH comúnmente del yogur comercial están generalmente en el rango de 4,2 a 4,7.

### **3.7.8. Procedimiento para el análisis organoléptico**

La prueba sensorial se realizó a estudiantes de la Facultad de Ingeniería consistiendo en una prueba diferencial triangular, que radica en dos muestras similares y una diferente donde el juez debe identificar la prueba diferente indicando la muestra que más propiedades organolépticas le parezcan como color, olor, textura y acidez.

- Para el análisis se colocó 20 mL de la muestra a analizar codificada (ver anexos).
- Se colocaron tres muestras al juez probándolas una a la vez seguidas de un sorbo de agua.
- Se realizó la prueba sensorial a 30 personas (Utilizando dos muestras iguales y una diferente).

### **3.8. Recolección y ordenamiento de información**

A continuación se describe la recolección y ordenamiento de información.

### **3.8.1. Técnica de muestreo**

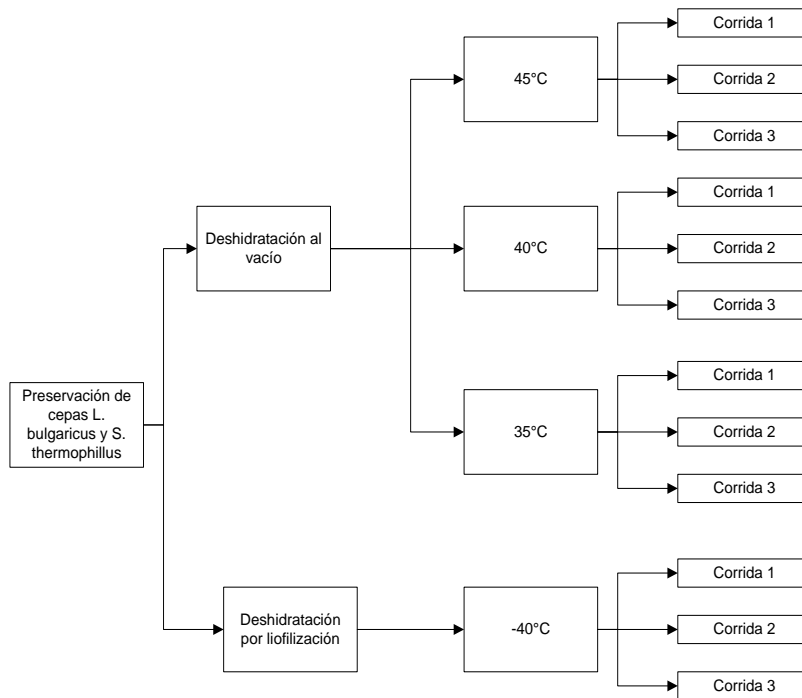
Se midieron 10 g de Yogur para cada lote para posteriormente distribuirlo de acuerdo con los diferentes métodos propuestos, se clasificaron para cada temperatura (-40 °C, 35 °C, 40 °C y 45 °C) de análisis a las que se realizó 3 corridas para dar un total de 12 corridas.

### **3.8.2. Ordenamiento de muestras**

Las muestras fueron clasificadas en dos grupos

- Muestreo para el proceso de deshidratación al vacío
- Muestreo para el proceso de liofilización

Figura 19. **Diagrama de la metodología de recolección y ordenamiento de datos experimentales**



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presentan los valores de los datos experimentales durante la deshidratación y producción de yogur de la investigación.

Tabla V. **Datos de pH del yogur comercial y producido con las cepas deshidratadas preservadas**

Tipo	Comercial	Liofilizado	45°C	40°C	35°C
Corrida 1	4,36	4,58	4,10	4,85	4,84
Corrida 2	4,36	4,47	4,16	4,84	4,81
Corrida 3	4,35	4,37	4,12	4,05	4,85

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla VI. **Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de -40 °C**

No. Corrida	T (°C)	Lectura (Adimencional)	Viscosidad (cP)
1	25	18	72 000
2	23	16	64 000
3	24	15	60 000

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla VII. **Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de 45 °C**

No. Corrida	T (°C)	Lectura (Adimencional)	Viscosidad (cP)
1	23	12,5	50 000
2	23	12,5	50 000
3	24	11,5	46 000

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.2014.

Tabla VIII. **Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de 40 °C**

No. Corrida	T (°C)	Lectura (Adimencional)	Viscosidad (cP)
1	22	5,5	22 000
2	24	4,5	18 000
3	24	4,5	22 000

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla IX. **Datos de viscosidad del yogur producido utilizando las cepas deshidratadas a la temperatura de 35 °C**

No. Corrida	T (°C)	Lectura (Adimencional)	Viscosidad (cP)
1	23	3,3	13 200
2	23	3,1	12 400
3	24	2,5	10 000

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla X. **Datos de viscosidad del yogur comercial**

No. Corrida	T (°C)	Lectura (adimencional)	Viscosidad (cP)
1	22	16	64 000
2	22	15,5	62 000
3	22	14	56 000

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XI. **Masas de tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de -40°C utilizando el proceso de deshidratación por liofilización**

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
0,00	10,0339	10,0460	10,0295
0,25	6,6265	6,7161	6,4053
0,50	5,4957	5,1084	5,2223
0,75	4,7026	4,4419	4,3828
1,00	4,2219	3,9565	3,7373
1,25	3,8073	3,5562	3,2947
1,50	3,4638	3,2529	2,9214
1,75	3,1538	3,0029	2,6602
2,00	2,8904	2,8029	2,4796
2,25	2,7005	2,6517	2,3625
2,50	2,5627	2,5475	2,2883
2,75	2,4626	2,4670	2,2527
3,00	2,4153	2,4195	2,2414
3,25	2,4016	2,4018	2,2346
3,50	2,3943	2,3949	2,2304
3,75	2,3901	2,3902	2,2284
4,00	2,3859	2,3862	2,2265
4,25	2,3837	2,3826	2,2240
4,50	2,3792	2,3779	2,2226

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XII. **Masas de tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de -40°C utilizando el proceso de deshidratación por liofilización.**

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
0,00	10,2285	10,0476	10,1420
0,25	6,4946	6,1927	6,0398



Continuación de la tabla XIII.

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
0,50	4,8608	4,7367	4,5254
0,75	4,0450	4,0853	4,0397
1,00	3,5500	3,6920	3,6980
1,25	3,2674	3,1501	3,3194
1,50	3,0508	2,9291	3,0984
1,75	2,8725	2,7587	2,9281
2,00	2,7389	2,6939	2,8639
2,25	2,6352	2,5186	2,6372
2,50	2,5563	2,4395	2,4996
2,75	2,5021	2,3854	2,4474
3,00	2,4745	2,4102	2,4842
3,25	2,4613	2,3461	2,4171
3,50	2,4550	2,3398	2,4098
3,75	2,4550	2,3378	2,3991
4,00	2,4518	2,3366	2,3928
4,25	2,4510	2,3341	2,3916
4,50	2,4489	2,3322	2,3917

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XIII. **Masas de tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de -40°C utilizando el proceso de deshidratación por liofilización**

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
0,00	10,1066	10,1069	10,1198
0,25	6,3663	5,8524	6,2208
0,50	5,0440	4,6459	4,8267
0,75	3,9849	3,9923	4,0270
1,00	3,3918	3,3469	3,4628
1,25	3,2325	2,9867	3,2812
1,50	3,0119	2,8853	3,0778
1,75	2,8705	2,7952	2,9372
2,00	2,7564	2,6279	2,8376

Continuación de la tabla XIII.

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
2,25	2,5944	2,5489	2,6312
2,50	2,5226	2,4497	2,4907
2,75	2,4741	2,4186	2,4669
3,00	2,3601	2,3594	2,3660
3,25	2,3786	2,3141	2,4018
3,50	2,3766	2,3101	2,3887
3,75	2,3755	2,3044	2,3818
4,00	2,3375	2,2773	2,3815
4,25	2,3718	2,2998	2,3814
4,50	2,3678	2,2996	2,3812

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XIV. **Masas de tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de 45 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
0	10,0757	10,0553	10,0892
1	7,2138	6,6910	7,3175
2	5,4204	4,4879	5,4035
3	3,4570	3,1058	3,4204
4	2,6330	2,6395	2,6429
5	2,4791	2,4983	2,4723
6	2,4230	2,4464	2,4207
7	2,4020	2,4246	2,3904
8	2,3920	2,4130	2,3771
9	2,3580	2,3789	2,3536
10	2,3484	2,3666	2,3364

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XV. **Masas de tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de 45 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
0	10,0576	10,0517	10,0641
1	7,0675	7,1793	7,2855
2	5,3377	5,3067	5,5736
3	4,0734	3,8806	4,2232
4	2,7936	2,9413	2,8465
5	2,5823	2,7189	2,5573
6	2,5374	2,5742	2,5099
7	2,4980	2,5029	2,4644
8	2,4758	2,4831	2,4461
9	2,4679	2,4726	2,4384
10	2,4606	2,4659	2,4276

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XVI. **Masas de tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de 45 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

Tiempo (h)	Muestra 1 (h)	Muestra 2 (h)	Muestra 3 (h)
0	10,0259	10,0279	10,0892
1	6,9856	7,5331	7,3175
2	5,6396	6,0343	5,4035
3	4,2412	4,3741	3,4204
4	2,8267	3,2120	2,6429
5	2,5908	2,7043	2,4723
6	2,5342	2,5710	2,4207
7	2,4891	2,5133	2,3904
8	2,4746	2,4953	2,3771
9	2,4640	2,4845	2,3536
10	2,3856	2,4755	2,3364

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XVII. **Masas de tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de 40 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
0	10,0092	10,0099	10,0413
1	8,2168	5,9109	7,7072
2	6,2168	4,5818	5,9571
3	5,0316	3,7961	4,8405
4	4,0894	3,5720	4,1338
5	3,3944	3,1710	3,6651
6	2,7108	2,7017	2,9207
7	2,6168	2,6737	2,6826
8	2,5743	2,5723	2,6413
9	2,5544	2,5388	2,5911
10	2,5280	2,5139	2,5735
11	2,5093	2,5056	2,5552
12	2,4964	2,4846	2,5355
13	2,4936	2,4793	2,5273

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC, 2014.

Tabla XVIII. **Masas de tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de 40 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
0	10,0278	10,0661	10,0648
1	8,0435	7,6327	7,9695
2	6,6988	6,1463	6,6132
3	5,4222	5,1138	5,4695
4	4,2080	4,0111	4,2395
5	3,1463	3,3605	3,5556
6	2,6538	2,7037	2,7598
7	2,5829	2,6073	2,6370
8	2,5357	2,5738	2,5888
9	2,5125	2,5450	2,5674

Continuación de la tabla XVIII.

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (h)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
10	2,4943	2,5295	2,5434
11	2,4836	2,5126	2,5319
12	2,4760	2,4915	2,5254
13	2,4631	2,4580	2,5192

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC, 2014.

Tabla XIX. **Masas de tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de 40 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
0	10,0281	10,0719	9,9852
1	8,7551	8,2660	8,5763
2	7,4794	7,1522	7,7727
3	6,5099	6,3011	6,9658
4	5,1902	5,2437	5,4326
5	4,2692	4,0943	3,8449
6	2,8949	2,7712	2,7218
7	2,6828	2,6067	2,5936
8	2,6186	2,5574	2,5581
9	2,5812	2,5294	2,5258
10	2,5542	2,5137	2,5111
11	2,5410	2,4945	2,5106
12	2,5408	2,4922	2,4939
13	2,5342	2,4898	2,4932

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XX. **Masas del tratamiento 1 de deshidratación a la temperatura de 35 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3(g)</b>
0	10,0248	10,0849	10,2754
1	8,6480	8,6269	9,0002
2	8,0310	7,8075	8,1830
3	7,1420	7,2104	7,5402
4	6,2290	6,7787	6,8066
5	5,6408	6,2291	6,1798
6	4,8729	5,5274	5,4040
7	3,6570	4,3116	3,9212
8	3,3155	3,6945	3,3388
9	2,9833	3,4008	3,2108
10	2,7809	3,0497	2,9401
11	2,6828	2,8693	2,8592
12	2,6238	2,7319	2,7883
13	2,5925	2,6604	2,7283
14	2,5562	2,6064	2,6759
15	2,5424	2,5819	2,6485
16	2,5275	2,5553	2,6159
17	2,5127	2,5391	2,5981
18	2,5043	2,5297	2,5850
19	2,4933	2,5194	2,5738
20	2,4791	2,5120	2,5647

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXI. **Masas de tratamiento 2 de deshidratación a la temperatura de 35 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

<b>Tiempo (h)</b>	<b>Muestra 1 (g)</b>	<b>Muestra 2 (g)</b>	<b>Muestra 3 (g)</b>
0	10,0371	10,0492	10,0463
1	9,0592	8,5986	8,6244
2	8,4120	7,7788	7,8147
3	7,6803	7,2442	6,9838
4	6,8666	6,7292	6,1584

Continuación de la tabla XXI

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
5	6,1356	6,0358	5,3260
6	5,6408	5,3551	4,5680
7	4,2970	3,9763	3,3012
8	3,5670	3,2558	2,9527
9	3,1524	2,8950	2,8127
10	2,8689	2,7119	2,6767
11	2,7414	2,6485	2,6432
12	2,6301	2,5934	2,5937
13	2,5942	2,5673	2,5725
14	2,5674	2,5418	2,5506
15	2,5464	2,5287	2,5332
16	2,5304	2,5091	2,5122
17	2,5179	2,4967	2,5030
18	2,5078	2,4906	2,4945
19	2,5020	2,4838	2,4879
20	2,4958	2,4741	2,4844

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXII. **Masas del tratamiento 3 de deshidratación a la temperatura de 35 °C utilizando el proceso de deshidratación al vacío**

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
0	10,0156	10,0731	10,2221
1	8,9940	9,3207	9,5002
2	8,2551	8,6810	8,8482
3	7,7909	7,8531	8,0555
4	6,9956	7,2542	7,4653
5	6,3048	6,8048	6,6909
6	5,6545	6,1530	6,3152
7	4,9769	5,1112	5,2431
8	4,2156	4,1445	4,4816
9	3,5611	3,4177	3,8536
10	2,9365	2,9679	3,2090

Continuación de la tabla XXII.

Tiempo (h)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
11	2,7426	2,8212	2,8912
12	2,6314	2,6930	2,7356
13	2,5906	2,6446	2,6923
14	2,5612	2,6178	2,6612
15	2,5355	2,5933	2,6315
16	2,5102	2,5612	2,6035
17	2,4997	2,5548	2,5900
18	2,4921	2,5416	2,5869
19	2,4844	2,5340	2,5797
20	2,4836	2,5284	2,5742

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

### 3.9. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de información

Posteriormente a obtener los datos se procedió al ordenamiento y procesamiento de los valores de interés, para facilitar el análisis los valores se ordenaron de la siguiente manera:

Tabla XXIII. **Procesamiento y ordenamiento de datos de pH de los yogures analizados**

Tipo	Comercial	Liofilizado	45°C	40°C	35°C
<b>Corrida 1</b>	4,36	4,58	4,10	4,85	4,84
<b>Corrida 2</b>	4,36	4,47	4,16	4,84	4,81
<b>Corrida 3</b>	4,35	4,37	4,12	4,05	4,85
<b>Media</b>	4,36	4,47	4,13	4,58	4,83
<b>Desviación estándar</b>	0,0058	0,1050	0,0306	0,4590	0,0208
<b>CV</b>	0,0013	0,0235	0,0074	0,1002	0,0043

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.



Tabla XXIV. **Procesamiento y ordenamiento de datos de viscosidad de los yogures analizados**

Tipo	Comercial (cP)	Liofilizado (cP)	45°C ( cP)	40°C (cP)	35°C (cP)
Corrida 1	64 000	72 000	50 000	22 000	13 000
Corrida 2	62 000	64 000	50 000	18 000	12 400
Corrida 3	56 000	60 000	46 000	22 000	10 000
Promedio	60 666,67	65 333,33	48 666,67	20 666,67	11 800,00
Desviación estándar	4 163,33	6 110,10	2 309,40	2 309,40	1 665,33
CV	6.86 E-02	9.35E-02	4.75E-02	1.12E-01	1.35E-01

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC, 2014.

Tabla XXV. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de -40 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación estándar	CV
	% humedad	% humedad	% humedad			
0	79,8196	79,4586	80,5879	79,9554	5,77 E-01	7,21 E-03
0,25	45,8645	46,3187	44,4723	45,5518	9,62 E-01	2,11 E-02
0,5	34,5959	30,3185	32,6836	32,5327	2,14 E+00	6,59 E-02
0,75	26,6926	23,6853	24,3179	24,8986	1,59 E+00	6,37 E-02
1	21,9023	18,8789	17,8854	19,5556	2,09 E+00	1,07 E-01
1,25	17,7708	14,8706	13,4748	15,3721	2,19 E+00	1,43 E-01
1,5	14,3478	11,8545	9,7549	11,9857	2,30 E+00	1,92 E-01
1,75	11,2586	9,3659	7,1520	9,2588	2,06 E+00	2,22 E-01
2	8,6338	7,3751	5,3523	7,1204	1,66 E+00	2,33 E-01
2,25	6,7414	5,8700	4,1854	5,5989	1,30 E+00	2,32 E-01
2,5	5,3682	4,8328	3,4459	4,5490	9,92 E-01	2,18 E-01
2,75	4,3707	4,0315	3,0912	3,8311	6,63 E-01	1,73 E-01
3	3,8994	3,5586	2,9786	3,4789	4,66 E-01	1,34 E-01
3,25	3,7628	3,3824	2,9108	3,3520	4,27 E-01	1,27 E-01
3,5	3,6901	3,3138	2,8690	3,2909	4,11 E-01	1,25 E-01
3,75	3,6482	3,2670	2,8490	3,2547	4,00 E-01	1,23 E-01
4	3,6064	3,2272	2,8301	3,2212	3,88 E-01	1,21 E-01
4,25	3,5845	3,1913	2,8052	3,1937	3,90 E-01	1,22 E-01
4,5	3,5396	3,1445	2,7882	3,1574	3,76 E-01	1,19 E-01

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XXVI. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de -40 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación estándar	CV
	% humedad	% humedad	% humedad			
0	81,4200	81,2985	81,0224	81,2470	0,2037	0,0025
0,25	44,2113	42,3584	40,1435	42,2377	2,0366	0,0482
0,5	27,9302	27,8499	25,0523	26,9441	1,6389	0,0608
0,75	19,8007	21,3584	20,2123	20,4571	0,8072	0,0395
1	14,8680	17,4386	16,8072	16,3712	1,3396	0,0818
1,25	12,0518	12,0385	13,0345	12,3749	0,5712	0,0462
1,5	9,8934	9,8364	10,8324	10,1874	0,5593	0,0549
1,75	8,1166	8,1386	9,1346	8,4632	0,5815	0,0687
2	6,7853	7,4928	8,4953	7,5911	0,8592	0,1132
2,25	5,7519	5,7463	6,2363	5,9115	0,2813	0,0476
2,5	4,9656	4,9572	4,8653	4,9294	0,0556	0,0113
2,75	4,4255	4,4186	4,3446	4,3962	0,0448	0,0102
3	4,1505	4,6660	4,7117	4,5094	0,3117	0,0691
3,25	4,0189	4,0272	4,0432	4,0298	0,0123	0,0031
3,5	3,9562	3,9643	3,9703	3,9636	0,0071	0,0018
3,75	3,9562	3,9440	3,8632	3,9211	0,0505	0,0129
4	3,9243	3,9322	3,8003	3,8856	0,0740	0,0190
4,25	3,9163	3,9072	3,7892	3,8709	0,0709	0,0183
4,5	3,8911	3,8880	3,7893	3,8561	0,0579	0,0150

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XXVII. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de -40 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación estándar	CV
	% humedad	% humedad	% humedad			
0	80,6428	81,2985	80,6009	80,8474	0,3912	00048
0,25	43,3702	38,9018	41,7469	41,3396	2,2618	0,0547
0,5	30,1933	26,8789	27,8545	28,3089	1,7033	0,0602
0,75	19,6393	20,3657	19,8854	19,9635	0,3695	0,0185
1	13,7289	13,9342	14,2629	13,9754	0,2693	0,0193
1,25	12,1411	10,3452	12,4530	11,6464	1,1376	0,0977
1,5	9,9432	9,3345	10,4261	9,9013	0,5470	0,0552
1,75	8,5340	8,4364	9,0255	8,6653	0,3157	0,0364
2	7,3971	6,7693	8,0329	7,3998	0,6318	0,0854
2,25	5,7824	5,9824	5,9764	5,9137	0,1138	0,0192
2,5	5,0674	4,9932	4,5757	4,8788	0,2651	0,0543
2,75	4,5841	4,6837	4,3387	4,5355	0,1776	0,0392
3	3,4479	4,0937	3,3333	3,6250	0,4099	0,1131
3,25	3,6323	3,6023	3,6897	3,6414	0,0444	0,0122
3,5	3,6123	3,5456	3,5598	3,5726	0,0351	0,0098
3,75	3,6012	3,2755	3,4910	3,4559	0,1657	0,0479
4	3,2227	3,2755	3,4879	3,3287	0,1403	0,0422
4,25	3,5650	3,4993	3,4864	3,5169	0,0421	0,0120
4,5	3,5244	3,4978	3,4850	3,5024	0,0201	0,0057

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 2014.

Tabla XXVIII. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 45 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	81,5715	81,5077	82,4036	81,8276	5,00 E-01	6,11E-03
1	53,0523	47,9821	54,7833	51,9392	3,53 E+00	6,81E-02
2	35,1809	26,0279	35,7100	32,3063	5,44 E+00	1,69E-01
3	15,6153	12,2551	15,9482	14,6062	2,04 E+00	1,40E-01
4	7,4041	7,6084	8,2003	7,7376	4,14 E-01	5,34E-02
5	5,8705	6,2013	6,5002	6,1907	3,15 E-01	5,09E-02
6	5,3114	5,6841	5,9860	5,6605	3,38 E-01	5,97E-02
7	5,1021	5,4669	5,6841	5,4177	2,94 E-01	5,43E-02
8	5,0025	5,3513	5,5516	5,3018	2,78E-01	5,24E-02
9	4,6637	5,0115	5,3174	4,9975	3,27 E-01	6,54E-02
10	4,5680	4,8889	5,1460	4,8676	2,90 E-01	5,95E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXIX. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 45 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	80,5640	80,9238	85,8904	82,4594	2,98E+00	3,61E-02
1	50,7673	52,3000	58,2013	53,7562	3,93E+00	7,30E-02
2	33,5296	33,6393	41,1420	36,1036	4,36E+00	1,21E-01
3	20,9307	19,4280	27,6851	22,6813	4,40E+00	1,94E-01
4	8,1774	10,0678	13,9661	10,7371	2,95E+00	2,75E-01
5	6,0717	7,8515	11,0842	8,3358	2,54E+00	3,05E-01
6	5,6243	6,4096	10,6119	7,5486	2,68E+00	3,55E-01

Continuación de la tabla XXIX

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
7	5,2317	5,6991	10,1584	7,0297	2,72E+00	3,87E-01
8	5,0105	5,5017	9,9761	6,8294	2,74E+00	4,01E-01
9	4,9317	5,3971	9,8994	6,7427	2,74E+00	4,07E-01
10	4,8590	5,3303	9,7917	6,6604	2,72E+00	4,09E-01

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXX. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 45 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	80,3876	80,1983	81,4170	80,6677	6,56E-01	8,13E-03
1	50,0907	55,3373	53,7967	53,0749	2,70E+00	5,08E-02
2	36,6776	40,4016	34,7235	37,2676	2,88E+00	7,74E-02
3	22,7424	23,8575	14,9616	20,5205	4,85E+00	2,36E-01
4	8,6467	12,2770	7,2138	9,3792	2,61E+00	2,78E-01
5	6,2960	7,2177	5,5137	6,3425	8,53E-01	1,34E-01
6	5,7319	5,8894	4,9995	5,5403	4,75E-01	8,57E-02
7	5,2825	5,3144	4,6976	5,0982	3,47E-01	6,81E-02
8	5,1380	5,1350	4,5650	4,9460	3,30E-01	6,67E-02
9	5,0324	5,0274	4,5650	4,8749	2,68E-01	5,51E-02
10	4,2511	4,9377	4,1594	4,4494	4,25E-01	9,56E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXXI. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 40 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación estándar	CV
	%	%	%			
0	80,4903	80,9756	80,6208	80,6956	2,51E-01	3,11E-03
1	62,6288	40,1286	57,3612	53,3729	1,18E+01	2,20E-01
2	42,6986	26,8839	39,9213	36,5012	8,44E+00	2,31E-01
3	30,8879	19,0543	28,7942	26,2455	6,32E+00	2,41E-01
4	21,4988	16,8211	21,7519	20,0239	2,78E+00	1,39E-01
5	14,5730	12,8251	17,0812	14,8264	2,14E+00	1,44E-01
6	7,7608	8,1485	9,6632	8,5242	1,01E+00	1,18E-01
7	6,8241	7,8695	7,2905	7,3280	5,24E-01	7,15E-02
8	6,4006	6,8590	6,8789	6,7128	2,71E-01	4,03E-02
9	6,2023	6,5252	6,3787	6,3687	1,62E-01	2,54E-02
10	5,9392	6,2770	6,2033	6,1398	1,78E-01	2,89E-02
11	5,7529	6,1943	6,0209	5,9894	2,22E-01	3,71E-02
12	5,6243	5,9851	5,8246	5,8113	1,81E-01	3,11E-02
13	5,5964	5,9322	5,7429	5,7572	1,68E-01	2,92E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXXII. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 40 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	80,8749	81,0772	81,2337	81,0619	1,80E-01	2,22E-03
1	61,1011	56,8281	60,3538	59,4277	2,28E+00	3,84E-02
2	47,7010	42,0159	46,8381	45,5184	3,06E+00	6,73E-02
3	34,9796	31,7270	35,4410	34,0492	2,02E+00	5,95E-02

Continuación de la tabla XXXII

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
4	22,8799	20,7384	23,1839	22,2674	1,33E+00	5,99E-02
5	12,3000	14,2551	16,3687	14,3079	2,03E+00	1,42E-01
6	7,3921	7,7100	8,4385	7,8469	5,36E-01	6,84E-02
7	6,6856	6,7494	7,2147	6,8832	2,89E-01	4,20E-02
8	6,2152	6,4155	6,7344	6,4551	2,62E-01	4,06E-02
9	5,9841	6,1286	6,5212	6,2113	2,78E-01	4,47E-02
10	5,8027	5,9741	6,2820	6,0196	2,43E-01	4,03E-02
11	5,6961	5,8057	6,1674	5,8897	2,47E-01	4,19E-02
12	5,6203	5,5954	6,1026	5,7728	2,86E-01	4,95E-02
13	5,4918	5,2616	6,0409	5,5981	4,00E-01	7,15E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXXIII. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 40 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación estándar	CV
	%	%	%			
0	80,6886	81,5037	80,2910	80,8278	6,18E-01	7,65E-03
1	68,0030	63,5077	66,2511	65,9206	2,27E+00	3,44E-02
2	55,2905	52,4086	58,2431	55,3141	2,92E+00	5,27E-02
3	45,6293	43,9273	50,2023	46,5863	3,25E+00	6,97E-02
4	32,4783	33,3901	34,9238	33,5974	1,24E+00	3,68E-02
5	23,3004	21,9362	19,1021	21,4463	2,14E+00	9,99E-02
6	9,6054	8,7514	7,9103	8,7557	8,48E-01	9,68E-02
7	7,4918	7,1121	6,6328	7,0789	4,30E-01	6,08E-02
8	6,8520	6,6208	6,2790	6,5840	2,88E-01	4,38E-02
9	6,4793	6,3418	5,9571	6,2594	2,71E-01	4,32E-02
10	6,2103	6,1854	5,8107	6,0688	2,24E-01	3,69E-02

Continuación de la tabla XXXIII.

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación estándar	CV
	%	%	%			
11	6,0787	5,9938	5,8057	5,9594	1,40E-01	2,34E-02
12	6,0767	5,9711	5,6393	5,8957	2,28E-01	3,87E-02
13	6,0110	5,9472	5,6323	5,8635	2,03E-01	3,46E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXXIV. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del primer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 35 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	81,3134	81,1849	82,6527	81,7170	8,13E-01	9,95E-03
1	67,5934	66,6557	69,9452	68,0648	1,69E+00	2,49E-02
2	61,4449	58,4903	61,8017	60,5790	1,82E+00	3,00E-02
3	52,5859	52,5401	55,3961	53,5074	1,64E+00	3,06E-02
4	43,4878	48,2382	48,0857	46,6039	2,70E+00	5,79E-02
5	37,6263	42,7613	41,8396	40,7424	2,74E+00	6,72E-02
6	29,9741	35,7688	34,1086	33,2838	2,98E+00	8,97E-02
7	17,8575	23,6532	19,3323	20,2810	3,01E+00	1,49E-01
8	14,4544	17,5037	13,5286	15,1623	2,08E+00	1,37E-01
9	11,1440	14,5770	12,2531	12,6580	1,75E+00	1,38E-01
10	9,1271	11,0782	9,5556	9,9203	1,03E+00	1,03E-01
11	8,1495	9,2805	8,7494	8,7265	5,66E-01	6,48E-02
12	7,5615	7,9113	8,0429	7,8386	2,49E-01	3,17E-02
13	7,2496	7,1988	7,4449	7,2978	1,30E-01	1,78E-02
14	6,8879	6,6607	6,9228	6,8238	1,42E-01	2,09E-02
15	6,7504	6,4165	6,6497	6,6055	1,71E-01	2,59E-02
16	6,6019	6,1515	6,3249	6,3594	2,27E-01	3,57E-02
17	6,4544	5,9900	6,1475	6,1973	2,36E-01	3,81E-02
18	6,3707	5,8964	6,0169	6,0947	2,47E-01	4,05E-02



Continuación de la tabla XXXIV

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
19	6,2611	5,7937	5,9053	5,9867	2,44E-01	4,08E-02
20	6,1196	5,7200	5,8146	5,8847	2,09E-01	3,55E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC, 2014.

Tabla XXXV. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del segundo tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 35 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	80,7484	81,5566	81,5277	81,2775	4,58E-01	5,64E-03
1	71,0035	67,1011	67,3582	68,4876	2,18E+00	3,19E-02
2	64,5541	58,9317	59,2895	60,9250	3,15E+00	5,17E-02
3	57,2626	53,6044	51,0095	53,9588	3,14E+00	5,82E-02
4	49,1540	48,4723	42,7843	46,8035	3,50E+00	7,47E-02
5	41,8695	41,5625	34,4893	39,3070	4,18E+00	1,06E-01
6	36,9387	34,7793	26,9357	32,8845	5,26E+00	1,60E-01
7	23,5476	21,0394	14,3119	19,6329	4,78E+00	2,43E-01
8	16,2730	13,8595	10,8391	13,6572	2,72E+00	1,99E-01
9	12,1415	10,2641	9,4439	10,6165	1,38E+00	1,30E-01
10	9,3164	8,4395	8,0887	8,6148	6,32E-01	7,34E-02
11	8,0458	7,8077	7,7549	7,8694	1,55E-01	1,97E-02
12	6,9367	7,2586	7,2616	7,1523	1,87E-01	2,61E-02
13	6,5790	6,9985	7,0503	6,8759	2,58E-01	3,76E-02
14	6,3119	6,7444	6,8321	6,6294	2,78E-01	4,20E-02
15	6,1026	6,6139	6,6587	6,4583	3,09E-01	4,78E-02
16	5,9432	6,4185	6,4494	6,2703	2,84E-01	4,53E-02
17	5,8186	6,2950	6,3577	6,1571	2,95E-01	4,79E-02
18	5,7180	6,2342	6,2730	6,0750	3,10E-01	5,10E-02
19	5,6602	6,1664	6,2073	6,0112	3,05E-01	5,07E-02
20	5,5984	6,0698	6,1724	5,9468	3,06E-01	5,15E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

Tabla XXXVI. **Procesamiento y ordenamiento de datos de porcentaje de humedad del tercer tratamiento de la deshidratación al vacío a temperatura de 35 °C**

Tiempo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media (%)	Desviación Estándar	CV
	%	%	%			
0	80,3847	80,8181	82,2033	81,1354	9,50E-01	1,17E-02
1	70,2043	73,3204	75,0095	72,8447	2,44E+00	3,35E-02
2	62,8411	73,3203	68,5122	68,2245	5,25E+00	7,69E-02
3	58,2152	58,6956	60,6129	59,1746	1,27E+00	2,14E-02
4	50,2900	52,7275	54,7314	52,5830	2,22E+00	4,23E-02
5	43,4061	48,2491	47,0144	46,2232	2,52E+00	5,44E-02
6	36,9258	41,7539	43,2706	40,6501	3,31E+00	8,15E-02
7	30,1734	31,3722	32,5869	31,3775	1,21E+00	3,85E-02
8	22,5869	21,7389	24,9985	23,1081	1,69E+00	7,32E-02
9	16,0648	14,4963	18,7404	16,4338	2,15E+00	1,31E-01
10	9,8406	10,0140	12,3169	10,7238	1,38E+00	1,29E-01
11	7,9083	8,5521	9,1500	8,5368	6,21E-01	7,27E-02
12	6,8002	7,2745	7,5994	7,2247	4,02E-01	5,56E-02
13	6,3936	6,7922	7,1679	6,7846	3,87E-01	5,71E-02
14	6,1006	6,5252	6,8580	6,4946	3,80E-01	5,84E-02
15	5,8445	6,2810	6,5620	6,2292	3,62E-01	5,80E-02
16	5,5924	5,9611	6,2830	5,9455	3,46E-01	5,81E-02
17	5,4878	5,8974	6,1485	5,8445	3,33E-01	5,71E-02
18	5,4121	5,7658	6,1176	5,7652	3,53E-01	6,12E-02
19	5,3353	5,6901	6,0458	5,6904	3,55E-01	6,24E-02
20	5,3274	5,6343	5,9910	5,6509	3,32E-01	5,88E-02

Fuente: elaboración propia, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, Facultad de Ingeniería, USAC. 2014.

### 3.10. Análisis estadístico

El análisis estadístico en este estudio fue realizado por medio de Anova de un solo factor, para probar o rechazar las hipótesis propuestas, las cuales indican la existencia de diferencia en el porcentaje de humedad alcanzado por

ambos procesos de deshidratación, así como las prueba de Tukey que determina en que grupo de valores se encuentra la mayor diferencia entre los datos.

Tabla XXXVII. **Información de porcentajes de humedad obtenidos para análisis de varianza**

<b>Temperatura</b>		<b>-40°C</b>	<b>45°C</b>	<b>40°C</b>	<b>35°C</b>
		<b>Humedad (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>
Tratamiento 1	Corrida 1	3,5396	4,5680	5,5964	6,1196
	Corrida 2	3,1445	4,8889	5,9322	5,7200
	Corrida 3	3,0818	5,1460	5,7429	5,8166
Tratamiento 2	Corrida 1	3,8911	4,8590	5,4918	5,5984
	Corrida 2	3,8880	5,3303	5,2616	6,0698
	Corrida 3	3,7893	9,7917	6,0409	6,1724
Tratamiento 3	Corrida 1	3,5244	4,2511	6,0110	5,3274
	Corrida 2	3,4978	4,9377	5,9472	5,6343
	Corrida 3	3,4850	4,1594	5,6323	5,9910
Media		3,5380	5,3258	5,7396	5,8277
Varianza		0,0847	2,9532	0,0708	0,0802
Desviación		0,2911	1,7185	0,2661	0,2831

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Anova de porcentaje de humedad**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Tratamientos	30.8642	3	10,29	12,90	1.08E-5
Error	25.516	32	0,80		
Total	56.3758	35			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Prueba de Tukey**

Temperatura	-40°C	45°C	40°C	35°C
-40°C		-1.788	-2,202	-2,290
45°C			-0,414	-0,502
40°C				-0,088
35°C				
			<b>HSD=</b>	<b>1,128</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Análisis estadístico de la prueba triangular mediante prueba binomial de un extremo**

Diferencia entre las muestras	Número de Jueces	Respuestas correctas	Probabilidad de X	Diferencia
40°C y 45°C	10	10	<0,001	Significativa
45°C y 40°C	10	6	0,077	No significativa
40°C y 35°C	10	8	0,003	Significativa

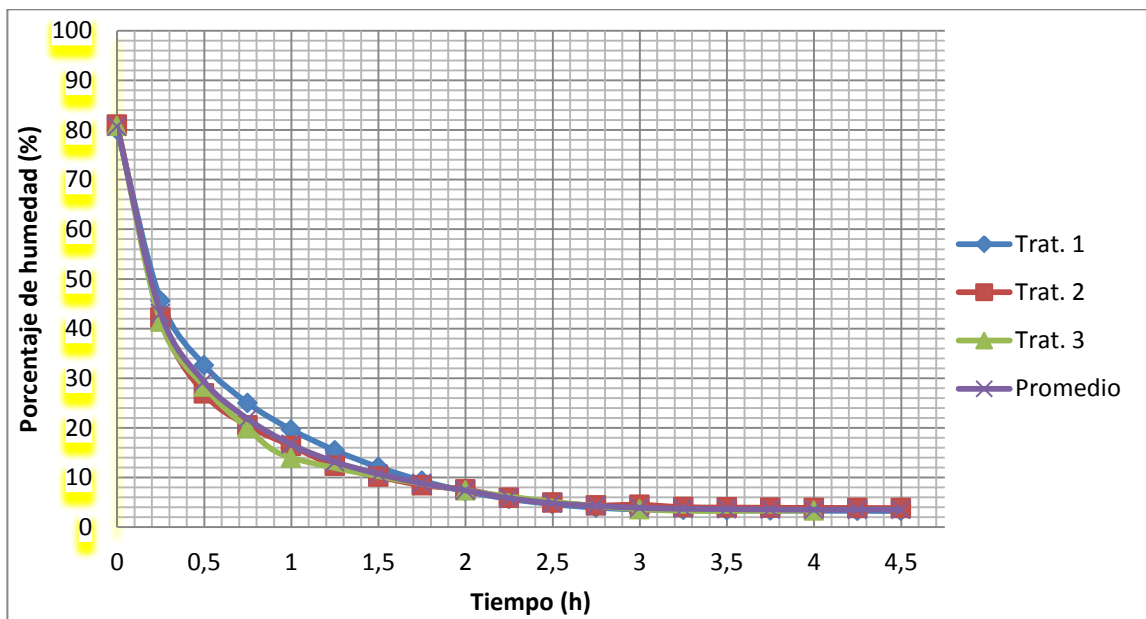
Fuente: elaboración propia.



## 4. RESULTADOS

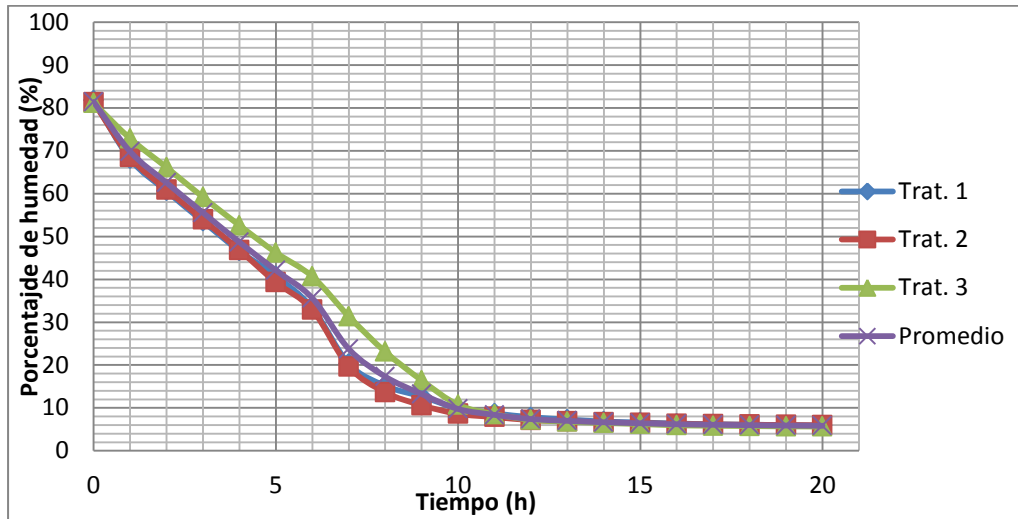
A continuación se describen los resultados de los análisis realizados.

Figura 20. **Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de -40 °C**



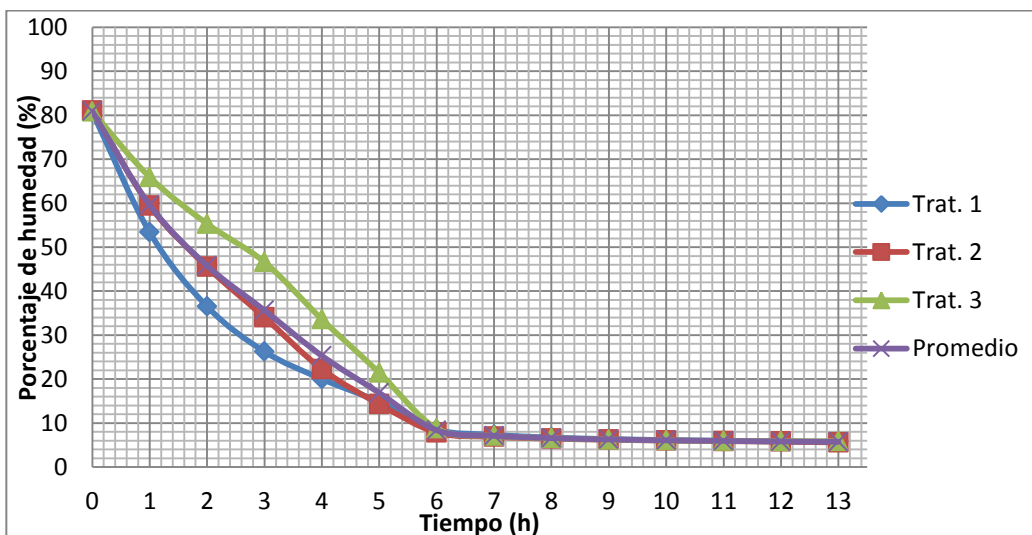
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 35 °C**



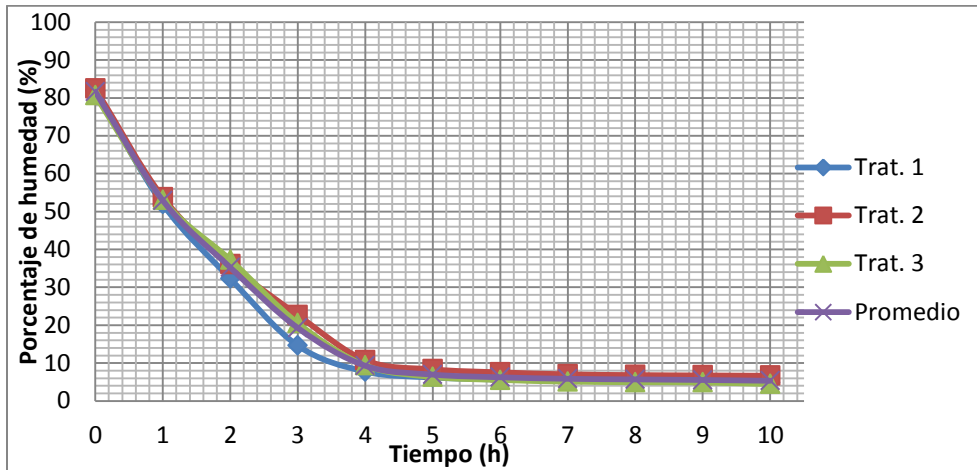
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 40 °C**



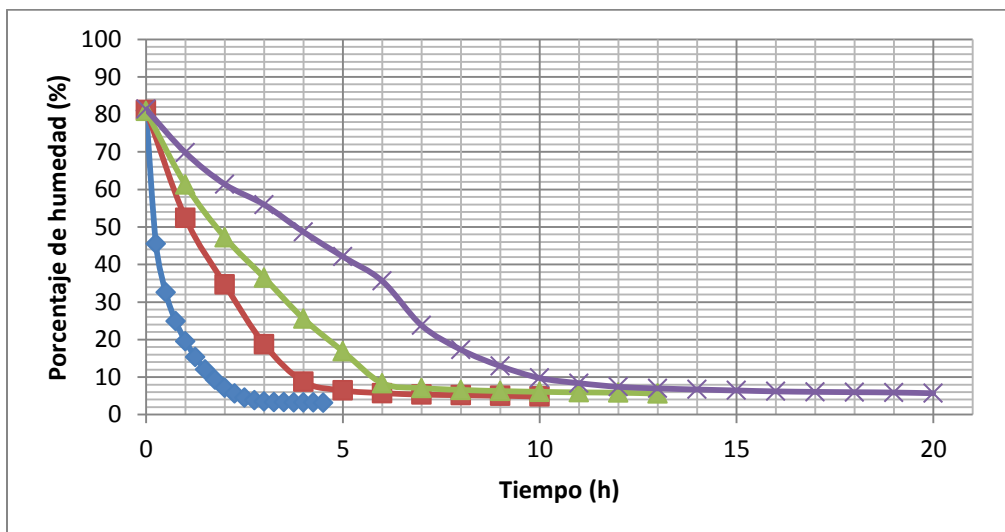
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 45°C**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Porcentaje de humedad de yogur deshidratado en función del tiempo de los procesos de deshidratación al vacío y liofilizado**



Fuente: elaboración propia.

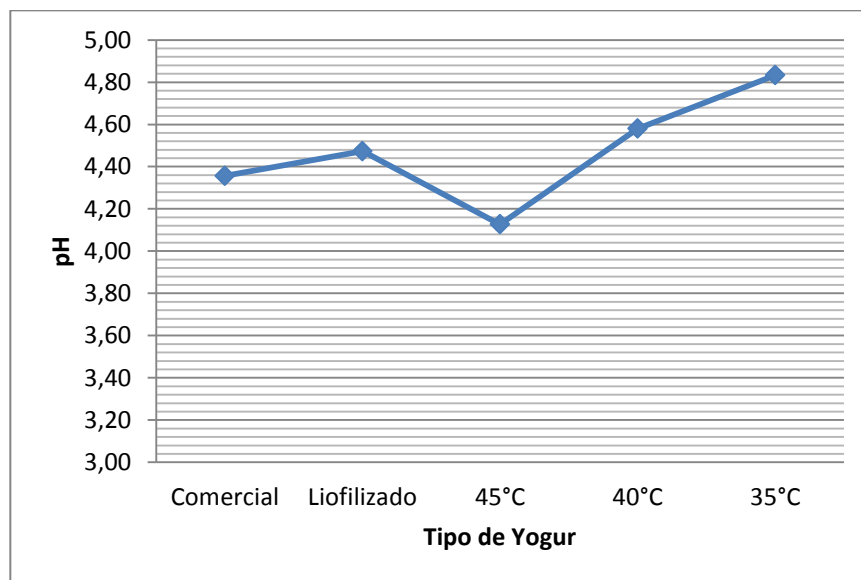


Tabla XLI. **Porcentajes de humedad obtenidos en los procesos de deshidratación a diferentes temperaturas**

Temperatura	-40°C	45°C	40°C	35°C
Porcentajes de humedad promedio	3.1784 %	4.8124%	5.6169%	5.6998%
Desviación Estándar	0.3020	1.1745	2.8719	0.1562

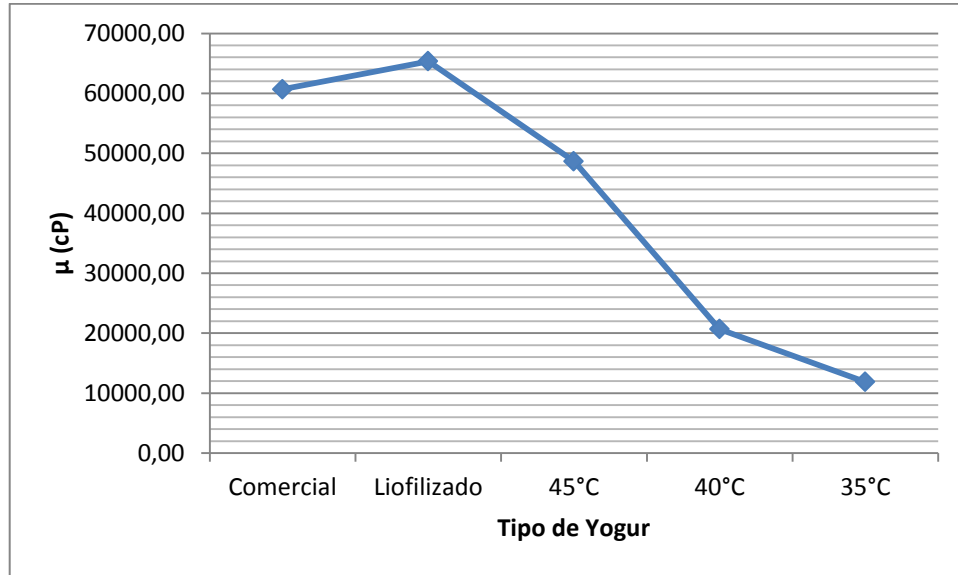
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **pH de yogures producidos, inoculados con las cepas deshidratadas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Viscosidad de yogures analizados**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por liofilización a la temperatura de -40°C**

Análisis microbiológico	Resultado	Interpretación	Resultado
Coliformes totales	<10 UFC/g	Satisfactorio	Apto
Coliformes fecales	<10 UFC/g	Satisfactorio	
<i>Escherichia colí.</i>	<10 UFC/g	Satisfactorio	

Fuente: Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XLIII. **Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por deshidratación al vacío a la temperatura de 35°C**

Análisis microbiológico	Resultado	Interpretación	Resultado
Coliformes totales	<10 UFC/g	Satisfactorio	Apto
Coliformes fecales	<10 UFC/g	Satisfactorio	
<i>Escherichia coli.</i>	<10 UFC/g	Satisfactorio	

Fuente: Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XLIV. **Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por deshidratación al vacío a la temperatura de 40°C**

Análisis Microbiológico	Resultado	Interpretación	Resultado
Coliformes totales	<10 UFC/g	Satisfactorio	Apto
Coliformes fecales	<10 UFC/g	Satisfactorio	
<i>Escherichia coli.</i>	<10 UFC/g	Satisfactorio	

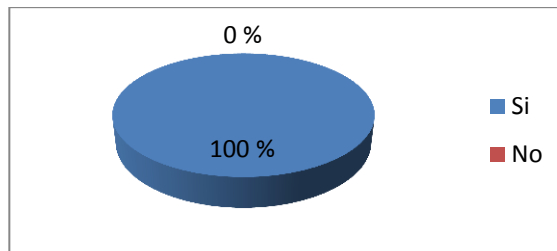
Fuente: Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XLV. **Análisis microbiológico del yogur producido con las cepas preservadas por deshidratación al vacío a la temperatura de 45°C**

Análisis Microbiológico	Resultado	Interpretación	Resultado
Coliformes totales	10 UFC/g	Satisfactorio	Apto
Coliformes fecales	10 UFC/g	Satisfactorio	
<i>Escherichia coli.</i>	10 UFC/g	Satisfactorio	

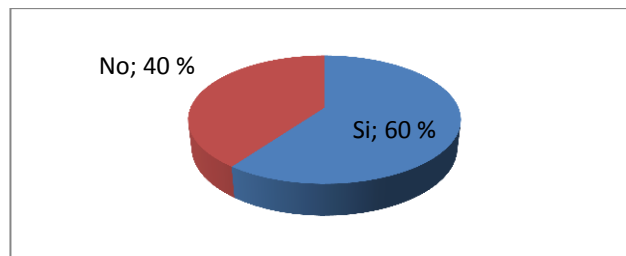
Fuente: Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Figura 27. **Criterio del juez sobre la existencia de una diferencia sensorial del yogur elaborado a las temperaturas de -40°C y 45°C**



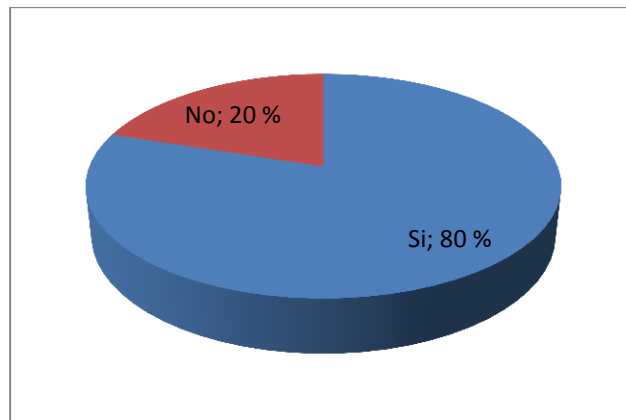
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Criterio del juez sobre la existencia de una diferencia sensorial del yogur elaborado a las temperaturas de 45°C y 40°C**



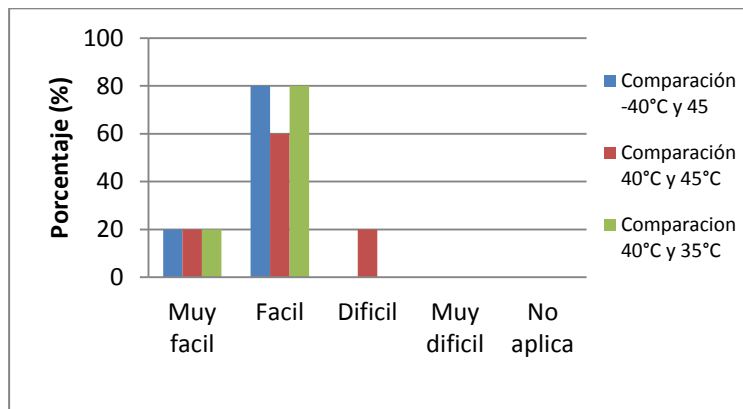
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Criterio del juez sobre la existencia de una diferencia sensorial del yogur elaborado a las temperaturas de 40°C y 35°C**



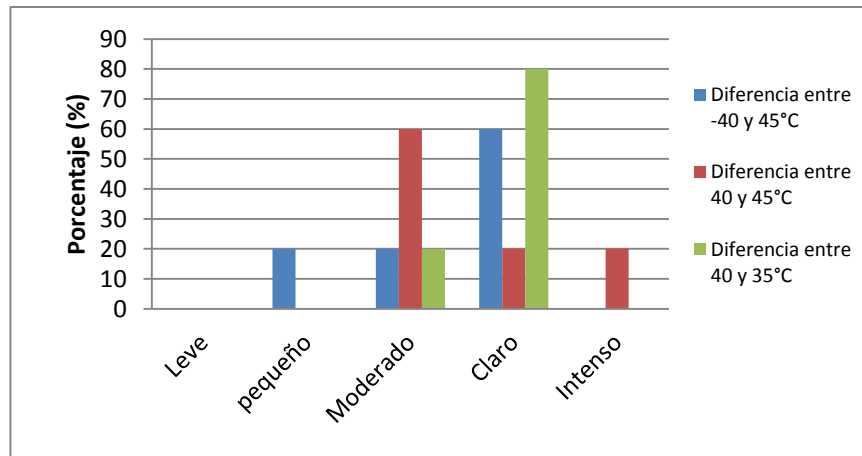
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Resultados del nivel de dificultad identificado por los jueces de la muestra diferentes**



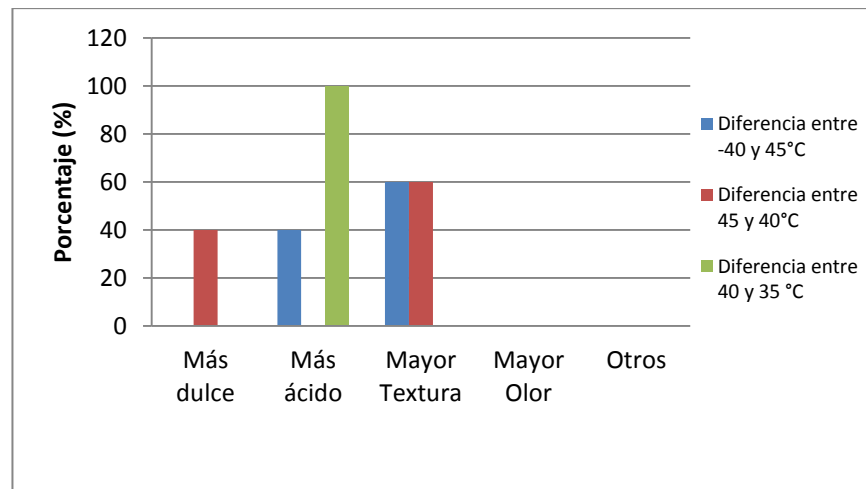
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Resultados sobre el nivel de diferencia de la muestras analizadas por los jueces**



Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Resultados sobre las características que marcan la diferencia en las muestras analizadas por los jueces**



Fuente: elaboración propia.



## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación de tesis se realizó con el objetivo de preservar las cepas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* del yogur a través de procesos de deshidratación al vacío a tres temperaturas diferentes (35, 40, 45°C) y liofilización (-40°C).

Así como determinar la diferencia significativa entre ambos procesos de deshidratación con el fin de establecer con cuál de estos procesos tiene mayor viabilidad producir yogur utilizándolas como cepas iniciadores de fermentación. El rango de temperaturas que se escogió para trabajar fue de -40°C a 45°C debido a que estas temperaturas son favorables para los microorganismos. Las temperaturas bajas inferiores a 0°C no alteran ambas cepas ni las matan, la temperatura de crecimiento óptima es de 43°C y las temperaturas superiores a 48 °C hacen que las cepas mueran.

Para preservar las cepas presentes en el yogur se procedió a la deshidratación de yogur griego de tipo comercial dado que es el tipo de yogur que contiene menor cantidad de agua y mayor cantidad de sólidos presentes. El yogur fue deshidratado al vacío de manera convencional en el horno a las temperaturas respectivas con 12 pulgadas Hg de vacío, estas muestras fueron colocadas en cajas de petri esparciéndolas lo mayor posible para tener un área más grande, se agregaron 10g de muestra y se verificó la masa resultante al transcurrir el tiempo después de cada hora de deshidratación para determinar la cantidad de agua perdida y así poder realizar las gráficas del porcentaje de humedad en función del tiempo.



Para el proceso de liofilización se colocaron las muestras dentro de los vasos del liofilizador donde las muestras pueden alcanzar una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  y una presión de vacío de 830 mmbar y se midieron 10g de las muestras esparciéndolas sobre los vasos para tener el mayor área de contacto posible, posteriormente se midió la pérdida de agua cada 15 minutos con la ayuda de una balanza.

Para determinar el porcentaje de humedad final de las muestras para ambos procesos de deshidratación se utilizó una balanza de humedad. Al yogur deshidratado y recuperado para ambos procesos de deshidratación se le realizó una molienda en un mortero hasta obtener un polvo fino para reducir el tamaño de partícula y de esta manera tener una mayor área de contacto al momento de hacer las pruebas de viabilidad de las cepas preservadas y usarlas como inóculos iniciadores de fermentación para la producción de yogur. El porcentaje de humedad de las muestras fue determinada mediante la balanza de humedad de las instalaciones del Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Para la determinación del rendimiento de deshidratación de yogur comercial utilizando deshidratación al vacío a las temperaturas analizadas se procedió a colocar muestras dentro de la caja de petrí dentro del horno. A la temperatura de deshidratación de  $45^{\circ}\text{C}$  se observó que la curva de deshidratación descendió radical y constantemente hasta alcanzar un porcentaje de humedad alrededor del 10 %, donde cambia de pendiente la curva y la deshidratación disminuye en función del tiempo hasta que se detiene el proceso de deshidratación obteniendo un porcentaje de humedad del 4,81 % en el tiempo de 10h como puede observarse en la figura 23.

En el caso de la figura 22 que muestra el comportamiento de la deshidratación al vacío a la temperatura de 40°C donde se puede observar que la masa se reduce constantemente hasta alcanzar un porcentaje de humedad de aproximadamente del 8 % al alcanzar las 6 horas y la pendiente de la curva cambia dándose una deshidratación más lenta hasta alcanzar un porcentaje de humedad del 5,62 % en el tiempo de 13 h. A diferencia de las demás curvas, esta gráfica tiene la mayor desviación estándar entre las tres corridas realizadas.

El comportamiento gráfico de deshidratación a la temperatura de 35 °C se observa en la figura 21 donde se puede notar un decrecimiento del porcentaje de humedad irregular desde el comienzo de la deshidratación hasta alcanzar el porcentaje de humedad 5,69 % en un tiempo de 20 h.

La deshidratación por liofilización se muestra en la figura 20 donde se presenta una curva decreciente exponencialmente, se observa que la extracción de agua en las muestras es moderadamente constante hasta que la masa de la muestra ya no cambia, además que el tiempo en alcanzarlo es más corto a diferencia de las muestras deshidratación al vacío deteniendo el proceso a 4,5h. Este resultado es el esperado ya que por medio de este proceso la extracción de agua disminuye las pérdidas de los compuestos volátiles o termosensibles de una manera controlada logrando reducir pérdidas de compuestos responsables del sabor y aroma del alimento.

El porcentaje de humedad para todas las temperaturas evaluadas llega a un punto donde permanecen constantes y la extracción de agua en las muestras de yogur es insignificante como puede visualizarse en la figura 24. Esto es debido a que las muestras se vuelven a hidratar con la humedad del ambiente según el porcentaje de humedad en el aire, por tal motivo se decidió

finalizar las deshidrataciones cuando las muestras presentaron peso constante, ya que se desperdician recursos materiales, económicos y de tiempo. Determinando de esta forma que el tiempo de deshidratación por liofilización ( $T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) fue de 4,5h y 10, 15, y 20h para los procesos de deshidratación al vacío ( $T = 45, 40$  y  $35^{\circ}\text{C}$ ).

Estos resultados de deshidratación son los esperados ya que en el proceso de deshidratación al vacío mientras menor es la temperatura de deshidratación mayor es el tiempo de deshidratación, comparados con el proceso de deshidratación por liofilización se esperaba una deshidratación rápida con un mayor control de pérdida de humedad como efectivamente sucedió y se puede visualizar en la tabla XL que este proceso fue el que alcanzo el menor porcentaje de humedad, por lo tanto fue más eficaz la deshidratación y con muy poca variabilidad de los resultados.

Por medio del análisis de varianza Anova, el cual se muestra en la tabla XXXVIII se determinó que si existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad obtenido en ambos procesos a diferentes temperaturas usando un nivel de significancia del 5 %. Mediante la prueba de Tukey se pudo determinar que la principal diferencia entre los porcentajes de humedad obtenidos fue la deshidratación por liofilización, obteniendo valores distintos comparados con las otras temperaturas de deshidratación al vacío como se muestra en la tabla XXXIX, corroborando que la deshidratación por liofilización fue más eficaz.

Para evaluar la viabilidad de las cepas recuperadas por deshidratación se procedió a ver si son útiles para producir yogur realizando inoculación de leche a la cual se le practicó un análisis de acidez previo a ser fermentado, midiendo los grados Dornic de la leche determinando que esta leche obtuvo el valor de  $15^{\circ}\text{D}$  (ver apéndice) por lo que se considera una leche aceptable rica en

composición sin acidez desarrollada, donde posteriormente se inoculó con 0.5% de las cepas (m/V) hasta disolverlas completamente según la formulación cuantitativa de preparación de la tabla IV, fueron fermentadas a una temperatura de 43°C durante 6h en una cámara de incubación en las instalaciones del Laboratorio de Alimentos. Al momento de finalizar la fermentación se realizaron análisis fisicoquímicos y organolépticos a cada muestra.

Los resultados del análisis microbiológico al producto terminado como yogur, fermentado a partir de las cepas preservadas por liofilización (-40°C) y deshidratación al vacío (35, 40 y 45°C), realizadas en el Laboratorio Microbiológico de Control de Alimentos según Norma COGUANOR de Control Microbiológico de Alimentos, dicho análisis incluye un análisis de coliformes total, coliformes fecal y *Escherichia coli*, siendo los resultados  $\leq 10$  UFC/mL como se exponen en la tablas XLII, XLIII, XLIV y XLV. Con los resultados obtenidos en el control microbiológico, se concluye que todas las muestras analizadas en el laboratorio son aptas para el consumo humano y no tienen riesgo de daño al ser consumidas.

Las pruebas fisicoquímicas se clasificaron en dos análisis: Grado de acidez (pH) y viscosidad del yogur como producto final de todas las temperaturas analizadas y fueron comparadas con yogur comercial como se muestra en las figuras 25 y 26. En la figura 25 se nota que el yogur liofilizado tiene el pH más cercano al comercial siendo de 4,47 y el comercial de 4,36. El pH más bajo en secado al vacío fue el producido con las cepas deshidratadas a 45 °C obteniendo un pH 4,13, mientras el pH más alto fue el yogur elaborado con las cepas preservadas a la temperatura de 35 °C con un valor de 4,83. Este resultado es válido debido a que el yogur producido a temperaturas altas favorece el crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus* creando una relación de

*Streptococcus thermophilus*: *Lactobacillus bulgaricus* de 1:2 o más de 2 de *L. bulgaricus* creando un yogur más ácido a la temperatura de 45 °C, así como un yogur con pH más alto a temperaturas bajas como la de 35 °C.

Para medir la viscosidad del yogur producido se analizaron en un viscosímetro de Brookfield del Laboratorio Instrumental de la Facultad de Ciencias Química y Farmacia. En la tabla XXIV y figura 26 se puede observar que las muestras con más altos valores de viscosidad fueron las de muestras liofilizadas con un valor promedio de 65 333 cP superiores a la viscosidad del yogur comercial de 60 667 cP, y las muestras deshidratadas al vacío a 35 °C fueron las que tuvieron la menor viscosidad de 11 800 cP.

En la evaluación sensorial del yogur producido se realizó una encuesta de prueba triangular que consistió en colocar tres muestras para cada juez con dos muestras iguales y una diferente. Se evaluó la diferencia sensorial entre los yogures producidos a diferentes temperaturas de la experimentación, siendo la primera evaluación entre la diferencia de temperatura de -40°C (liofilización) y 45°C, la segunda evaluación entre 45 y 40°C, y la tercera evaluación entre 40 y 35°C. Esta prueba triangular fue realizada a 10 personas para cada evaluación de comparación de temperaturas dando un total de 30 personas.

Los resultados de la primera evaluación triangular entre las temperaturas de -40 °C y 45 °C indican que el 100 % de las personas acertó la muestra desconocida como se observa en la figura 27, mientras que en la segunda evaluación triangular de temperaturas de 45 °C y 40 °C el 60 % de las personas encuestadas logró identificar la muestra desconocida y el 40 % no identificó la muestra diferente correcta como se aprecia en la figura núm. 28. En la tercera evaluación triangular entre las temperaturas de 40°C y 35°C como se observa en la figura 29 el 80 % de las personas que realizaron la prueba identificó la

muestra diferente y el 20 % no pudo identificar la muestra correctamente. Mediante la prueba binomial de un extremo del análisis estadístico se pudo determinar que en la primera evaluación triangular entre las temperaturas de -40 °C y 45°, como en la tercera evaluación triangular entre 40 °C y 35 °C existe una diferencia significativa al identificar la muestra diferente como se muestra en la tabla XL. Mientras que en la segunda evaluación entre las temperaturas de 45 °C y 40 °C aunque la mayoría de las personas identificó la muestra diferente correctamente y exista diferencia no es una diferencia significativa al identificar las muestras, determinando que los yogures producidos a las temperaturas de 45 °C y 40 °C tienen propiedades organolépticas similares, utilizando de significancia para dichas evaluaciones diferenciales sensoriales de 5 %.

Al mismo tiempo las personas a las que se le realizó la prueba triangular dijeron que fue fácil identificar la muestra diferente para las tres evaluaciones de comparación de la prueba triangular como se aprecia en la figura 30 y el grado de diferencia entre las muestras fue claro para la primera y tercera evaluación, la segunda evaluación entre las temperaturas de 45 °C y 40 °C fue moderado con un 60 % de las personas encuestadas como se puede apreciar en la figura 31.

También se observó mediante la figura 32 que la principal diferencia entre las temperaturas de -40 y 45 °C fue la mayor textura de la muestra liofilizada con un 60 % y la muestra a 45 °C fue más ácida con un 40 %; este resultado era de suponerse ya que corresponde al resultado de los análisis fisicoquímicos donde presentaba mayor viscosidad dicha muestra de yogur, también en la comparación de yogur inoculado con las cepas preservadas a las temperaturas de 45 °C y 40 °C con un valor de 60 % la principal diferencia fue la textura de las muestras y el 40 % dijo que las muestras eran más dulces. Mientras que la

principal diferencia entre el yogur producido con cepas preservadas a temperatura de 40 °C y 35 °C fue que el yogur producido con las cepas deshidratadas a 35 °C fueron menos acidas que todas las muestras, este resultado es el esperado y valida el resultado de las mediciones de pH de las muestras.

Con estos resultados se logra definir que el mejor proceso para poder deshidratar el yogur es por medio de la liofilización a la temperatura de -40 °C, alcanzando a deshidratar las muestras a resultados de humedad más bajos para ambos procesos de deshidratación en menor tiempo y lograr conservar las cepas que generan mayores propiedades organolépticas. Ya que en la prueba sensorial y en los diferentes análisis fisicoquímicos realizados al yogur producido con cepas preservadas por liofilización fue el que obtuvo las características más representativas en las evaluaciones sensorial y mas gustó a las personas encuestadas al poseer mayor textura que las demás, teniendo viscosidades más grandes que el yogur comercial, tomando en cuenta que el yogur comercial trae gomas y aditivos que estabilizan el yogur para potenciar la textura. Al mismo tiempo la muestra que menos les gustó a las personas encuestadas fue el yogur inoculado con cepas deshidratadas a la temperatura de 35 °C por ser muestras menos viscosas y menos acidas que las demás muestras.

En el proceso de deshidratación al vacío las muestras de yogur elaboradas con cepas deshidratadas a la temperatura de 40 °C fueron las que más les gustó a las personas encuestadas a pesar de que las muestras tenían baja viscosidad y presentaban una textura mucho más agradable y acidez razonable según los resultados de la prueba sensorial.

## CONCLUSIONES

1. Durante la experimentación de deshidratación del proceso de secado al vacío se puede determinar que entre menor es la temperatura mayor será el porcentaje de agua presente en las muestras. Se alcanzó los porcentajes de humedad constantes de las temperaturas de 45 °C, 40 °C y 35 °C de 4,81 %, 5,62 y 5,69 % respectivamente.
2. En el proceso de deshidratación por liofilización se llegó a determinar que la cantidad de agua no ligada de las muestras se elimina constantemente formando una curva exponencial hasta alcanzar un porcentaje de humedad de 3,5 %.
3. El tiempo de deshidratación por vacío de las muestras varía según las temperaturas de análisis, siendo de 9, 12 y 18 horas a las temperaturas de 45, 40 y 35 °C con 12 pulgadas de Hg de vacío para todas las temperaturas analizadas.
4. Se pudo determinar que es posible producir yogur usando las cepas preservadas como iniciadoras de fermentación de leche de ambos procesos de deshidratación, donde cada temperatura analizada presenta diferentes propiedades fisicoquímicas y organolépticas.
5. La mayor viscosidad obtenida del yogur fermentado fue la inoculada con las cepas liofilizadas con 65 333 cP y la menos viscosa fue preservada a temperatura de 35°C con 11 800 cP.



6. Al evaluar el pH de las muestras se determinó que el yogur liofilizado fue el más parecido al comercial, de 4,47 y el comercial de 4,36; mientras que las muestras más ácidas fueron las de 45°C y las menos ácidas fueron las de 35 °C.
  
7. Mediante los resultados de la prueba sensorial se logró definir que el mejor proceso de obtención de cepas para elaborar yogur fue el realizado por liofilización al contar con mejores propiedades fisicoquímicas como organolépticas del yogur producido. Mientras que las muestras de yogur producidas con cepas a 40°C fueron las que mayor aceptabilidad tuvieron de las personas encuestadas para el proceso de deshidratación al vacío.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el porcentaje de humedad que pueden alcanzar las muestras al hidratarse mediante exposición a temperatura ambiente.
2. Determinar la diferencia significativa de las muestras dentro del horno de vacío al poner las muestras dentro del mismo a diferentes alturas.
3. Determinar el porcentaje de humedad que se puede alcanzar con los procesos de deshidratación por liofilización y secado al vacío, utilizando un tipo de yogur diferente al griego.
4. Evaluar el tiempo de vida de anaquel que pueden alcanzar las cepas preservadas por estos métodos de deshidratación.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CYRUS O. Varan, *Method and apparatus for deshidratation of yogurt during transportation and storage*, 5,356,638 [en línea] <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US5356638.pdf>> [Consulta: 1 de mayo de 2014].
2. D.N. Gandhi, *Food and Industrial Microbiology, microbiology of fermented dairy products*, [en línea], <<http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/117/1/dairymicrobiology.pdf>>. [Consulta: 23 de marzo de 2014].
3. \_\_\_\_\_. *Dairy Microbiology Division National Dairy Research Institute* [en línea]. <<http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/117/1/dairymicrobiology.pdf>>. [Consulta: 22 de agosto 2015].
4. EMPREGO, Universidad de Santiago de Compostela. *Determinación de la acidez*. [en línea], <<https://www.youtube.com/watch?v=8cYjSmAIVQA>> [Consulta: 1 de mayo de 2014].
5. FREEMAN, Richard B. Gaisneville, Fla. *Yogurt separator device*, 4,680,117 [en línea] <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US4680117.pdf>>. [Consulta: 1 de mayo de 2014].

6. HERNANDEZ, Alicia, *Microbiología Industrial* [en línea]. <<https://books.google.com.gt/books?id=KFq4oEQQjdEC&pg=PA72&dq=lactobacillus+bulgaricus+y+el+streptococcus+thermophilus&hl=es&sa=X&ei=FyVTU8rCAvDNsQSBpYGYCA&ved=0CEEQ6AEwAw#v=onepage&q=lactobacillus%20bulgaricus%20y%20el%20streptococcus%20thermophilus&f=false>>. [Consulta: 20 de abril 2014].
  
7. HERNANDEZ PEÑARANDA, Alicia, ALFARO ÁLVAREZ, Ileana Y ARRIETA CALVO, Ronald; *Microbiología Industrial*. [en línea]. <<https://books.google.com.gt/books?id=KFq4oEQQjdEC&pg=PA270&dq=Alicia+Hernandez+Pe%C3%B1aranda,+Ileana+Alfaro+%C3%81lvarez+%26+Ronald+Arrieta+Calvo,+%E2%80%9CMicrobiolog%C3%ADa+industrial%E2%80%9D&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiu84fPvLDOAhUrJ8AKHWhNDk0QuwUIHDAA#v=onepage&q=Alicia%20Hernandez%20Pe%C3%B1aranda%2C%20Ileana%20Alfaro%20%C3%81lvarez%20%26%20Ronald%20Arrieta%20Calvo%2C%20%E2%80%9CMicrobiolog%C3%ADa%20industrial%E2%80%9D&f=false> ISBN 996831255X, 9789968312554>. [Consulta: 23 de marzo 2014].
  
8. KARELOVIC MARTINEZ, Francisco Iván. *Influencia del método de congelación en el daño micro-estructural de arándanos liofilizados*. Universidad de Chile, junio 2012, 201 p.
  
9. L.G. Elías, B.M. Watts G.L. Ylimaki L.E. Jefferry, *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Ottawa Canadá, CIID Canada, 1992, ISBN: 0-88936-564-4.

10. MEJÍA RODRÍGUEZ, José Andrés, *Obtención de cepas Lactobacillus. Caracterización in-vitro como potenciales probióticas*, revista científica [en línea]. <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592007000200012,ISSN0798-2259](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000200012,ISSN0798-2259)>. [Consulta: 24 de marzo de 2014].
11. ORTEGA ALZATE, Carlos Eduardo. *Congelación y liofilización de los alimentos*, Universidad Nacional de Colombia, Manizales Caldas, Diciembre de 2008. 147 p.
12. P.KUMAR and H.N. MISHRA, yogurt powder- A review of process technology, storage and utilization, *Food and bioproducts Processing, India, 82(C2) 133-142*, junio 2004. [en línea]. <[http://www.researchgate.net/publication/248578369\\_Yoghurt\\_Powder\\_A\\_Review\\_of\\_Process\\_Technology\\_Storage\\_and\\_Utilization](http://www.researchgate.net/publication/248578369_Yoghurt_Powder_A_Review_of_Process_Technology_Storage_and_Utilization)>. [Consulta: 1 de mayo de 2014].
13. SANTAMBROSIO Eduardo, ORTEGA Marta, *Tinción y observación de microorganismos* [Manual electrónico], Biotecnología, Universidad Tecnológica Nacional, Departamento de Ingeniería Química: <[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_anio/biotecnologia/practico4.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/practico4.pdf)>. [Consulta: 17 de marzo 2014]
14. WALPOLE, Myers Ye, *Probabilidad & Estadística para Ingeniería*, 8a. Ed. México: Pearson Prentice Hall, 2007. 530 p.
15. WARREN L. McCABE, C. SMITH Julian, HARRIOTT Peter, *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, 7a. ed. México: McGraw Hill, 2007, ISBN-13: 978-970-10-61749.

16. WELTI CHANES,J., VERGARA BALDERAS, PÉREZ PÉREZ E. AND REYES HERRERA A., *Fundamentals and new tendencies of freeze-drying of foods*, [en línea], <<http://www.innova-uy.info/docs/presentaciones/20050928/2005DOCJorgeWolti-Liofilizacion.pdf>>. [Consulta: 25 de agosto 2015].
  
17. ZEA ORDOÑEZ, Carolina del Rosario. *Evaluación organoléptica del yogur elaborado a base de leche de vacas suplementadas con diferentes niveles de banano verde de desecho (Musa sp.)* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2005. 309 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Procesos de deshidratación por vacío y liofilización



Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 2. Producción de yogur





Continuación del apéndice 2.



Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Pruebas fisicoquímicas del yogur producido



Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. Prueba sensorial del yogur elaborado con cepas preservadas



Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 5. Ecuación de cálculo de porcentaje de humedad

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{masa humedad} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} * 100$$

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Identificación de las muestras de yogur evaluadas en la Prueba Triangular**

<b>Código</b>	<b>Muestra de yogur</b>
2040	Yogur inoculado con cepas preservadas a -40°C
5020	Yogur inoculado con cepas preservadas a 45°C
4050	Yogur inoculado con cepas preservadas a 40°C
4510	Yogur inoculado con cepas preservadas a 35°C

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Ecuación de Grados Dornic**

$$^{\circ}D = V_{(mL\ NaOH)} * \frac{N}{9} * V_{mL\ (analito)}$$

Donde:

N = Volumen de NaOH 0.1 N (titulante)

V(mL) = Volumen de leche (Analito)

$$^{\circ}D = 15mL_{(NaOH)} * \frac{0.1\ N}{9} * 10mL = 15$$

Resultados de análisis de Grados Dornic

<b>Grados Dornic de la Leche</b>
15 °D

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Cálculos del viscosímetro de Brookfield**

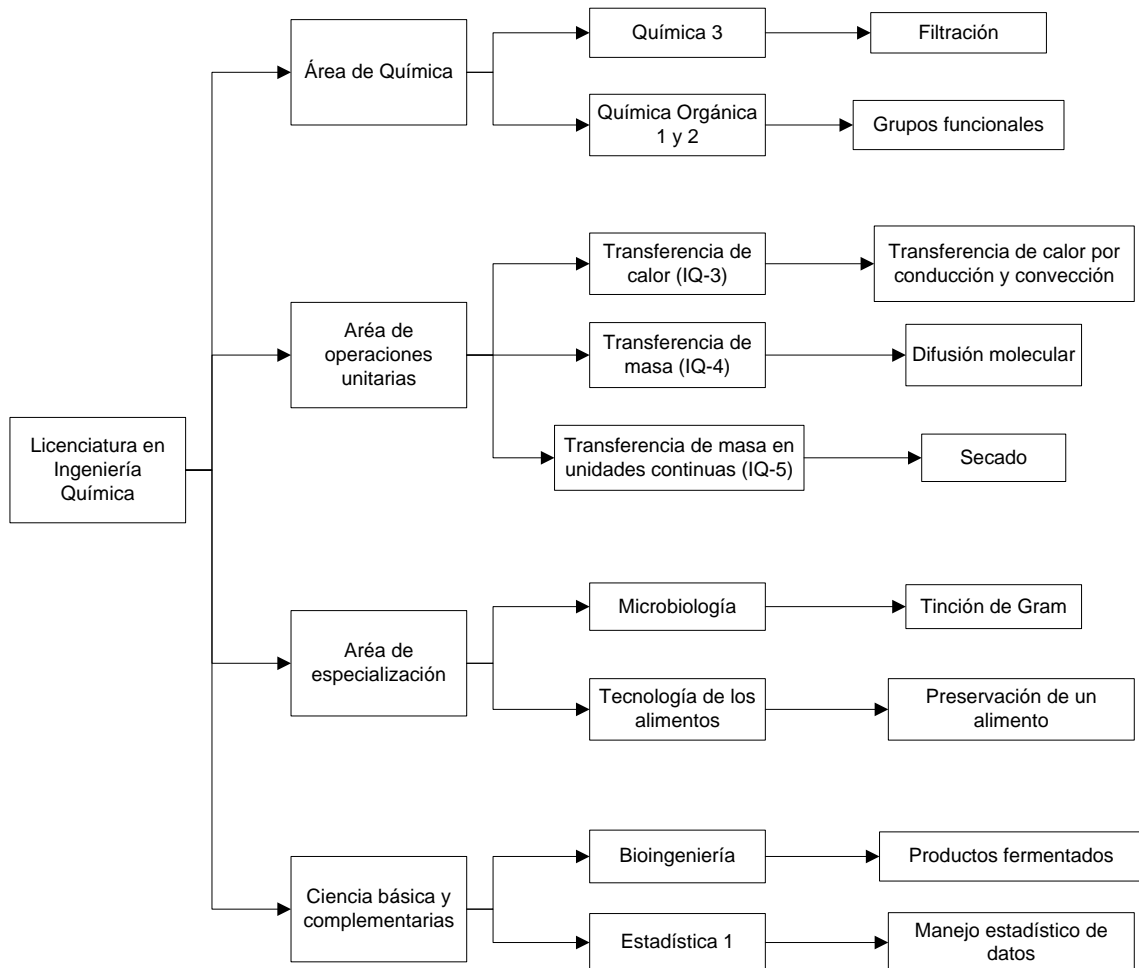
$$\mu(cp) = Lectura_{(según\ Velocidad)} * Factor_{(según\ número\ de\ pin)}$$

Continuación del apéndice 8.

Donde: La velocidad usada fue de 1.5 rpm y se utilizó el pin No. 4.

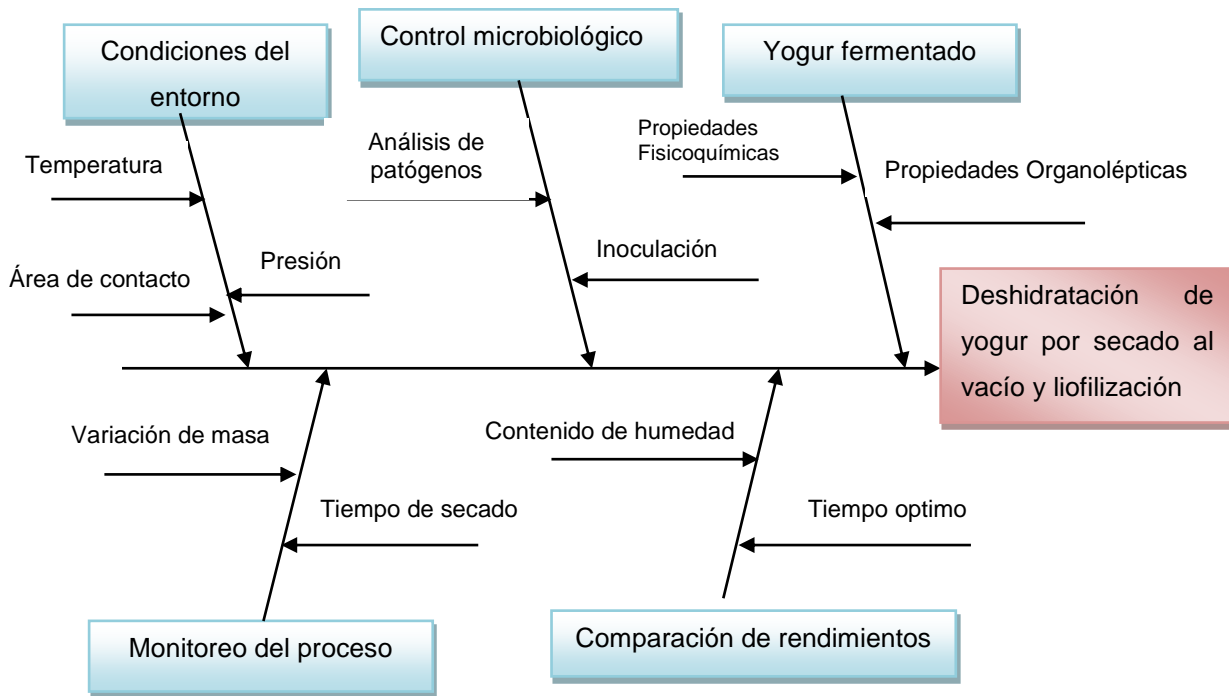
Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 9. Diagrama de requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.



## Apéndice 10. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

# ANEXOS

## Anexo 1. Informe de resultados obtenidos en el Laboratorio de Investigación y Extractos Vegetales

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
<b>No. 0941</b>		
O.T. No. 33738 No. Informe LIEXVE-QI 38-2014		
<b>Interesado:</b>	Nimsi Leví Chiquitó Chile Camé No. 2009-24772 Estudiante de Ingeniería Química/USAC	
<b>Proyecto:</b>	Trabajo de de Graduación a nivel tesis " <b>Preservación de cepas de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> del yogur a través de procesos de deshidratación al vacío y liofilización a escala laboratorio</b> "	
<b>Fecha:</b>	Guatemala, 26 de noviembre de 2014	
<p>Se realizó el estudio de tesis titulado "<b>Preservación de cepas de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>Streptococcus thermophilus</i> del yogur a través de procesos de deshidratación al vacío y liofilización a escala laboratorio</b>" deshidratando muestras de yogur a tres diferentes temperaturas (35, 40 y 45 °C) y tres corridas de deshidratación.</p> <p><b>DESHIDRATACIÓN DE MUESTRAS DE YOGUR USANDO EL HORNO DE VACÍO A ESCALA LABORATORIO</b></p> <p>Primero se realizó la limpieza del equipo y accesorios esterilizando con etanol al 65%. Luego se procedió a agregar 10 gramos de yogur comercial a tres cajas de petrí para poner dentro del horno esparciendo las muestras lo mayor posible y colocándolas a la temperatura comenzando con la de 45°C y mediante una bomba de vacío se llevo a una presión de -12 pulgadas de Mercurio.</p> <p>Posteriormente se procedió a medir la masa de las muestras cada 60 minutos y se monitoreaba como variaba el porcentaje de humedad de cada una de las muestras, cuando se observó que las muestras estaban casi secas y tenían una consistencia pastosa, con la ayuda de una espátula se retiraron el yogur para facilitar la deshidratación y se detuvo las deshidrataciones hasta que las mediciones realizadas en la balanza analítica fueran constantes. Seguidamente se procedió a moler las muestras del yogurt deshidratado en un mortero hasta que el polvo fuera homogéneo para poder envasarlo en frascos.</p> <p>Se realizó el mismo procedimiento para las siguientes corridas de temperatura (45°C) y para las otras dos deshidrataciones de temperaturas (40 y 35°C).</p>		
Página 1 de 6		
<small>FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC– Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: <a href="http://cii.usac.edu.gt">http://cii.usac.edu.gt</a></small>		

Continuación de anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 0942

RESULTADOS

Tabla No.1 Masa de yogur deshidratado en función del tiempo a temperatura de 45°C.

TIEMPO (h)	MUESTRA	1		2		3	
		MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO (g)
0	1	10.056	10.047±0.018	10.550	10.210±0.295	10.089	10.081±0.014
	2	10.058		10.052		10.064	
	3	10.026		10.026		10.089	
1	1	7.214	7.089±0.115	6.691	7.134±0.423	7.318	7.307±0.019
	2	7.068		7.179		7.285	
	3	6.986		7.533		7.318	
2	1	5.420	5.466±0.156	4.448	5.263±0.794	5.404	5.460±0.098
	2	5.338		5.307		5.573	
	3	5.640		6.034		5.404	
3	1	3.457	3.924±0.413	3.106	3.787±0.639	3.420	3.688±0.464
	2	4.073		3.881		4.223	
	3	4.241		4.374		3.420	
4	1	2.633	2.766±0.122	2.640	2.931±0.286	2.643	2.711±0.118
	2	2.794		2.941		2.847	
	3	2.872		3.212		2.643	
5	1	2.479	2.551±0.062	2.498	2.640±0.123	2.472	2.500±0.049
	2	2.582		2.719		2.557	
	3	2.591		2.704		2.472	
6	1	2.423	2.498±0.065	2.446	2.530±0.073	2.421	2.451±0.051
	2	2.537		2.574		2.510	
	3	2.534		2.571		2.421	
7	1	2.402	2.463±0.053	2.425	2.480±0.048	2.390	2.415±0.043
	2	2.498		2.503		2.464	
	3	2.489		2.513		2.390	
8	1	2.392	2.448±0.048	2.413	2.464±0.044	2.377	2.406±0.050
	2	2.476		2.483		2.464	
	3	2.475		2.495		2.377	
9	1	2.358	2.430±0.062	2.379	2.446±0.058	2.354	2.382±0.048
	2	2.468		2.473		2.438	
	3	2.464		2.485		2.354	
10	1	2.348	2.422±0.064	2.367	2.436±0.060	2.336	2.367±0.053
	2	2.461		2.466		2.428	
	3	2.456		2.476		2.336	

Fuente: Datos experimentales -LIEXVE-

Continuación de anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 0943

Tabla No.2 Masa de yogur deshidratado en horno de vacío en función del tiempo a temperatura de 40°C.

TIEMPO (h)	MUESTRA CORRIDA	1		2		3	
		MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO (g)
0	1	10.009	10.022±0.011	10.010	10.049±0.034	10.041	10.030±0.041
	2	10.028		10.066		10.065	
	3	10.028		10.072		9.985	
1	1	8.217	8.339±0.371	5.911	7.270±1.219	7.707	8.084±0.446
	2	8.044		7.633		7.970	
	3	8.755		8.266		8.576	
2	1	6.217	6.798±0.637	4.582	5.960±1.295	5.957	6.781±0.920
	2	6.699		6.146		6.613	
	3	7.479		7.152		7.773	
3	1	5.032	5.655±0.766	3.796	5.070±1.253	4.841	5.759±1.092
	2	5.422		5.114		5.470	
	3	6.510		6.301		6.966	
4	1	4.089	4.496±0.604	3.171	4.142±1.043	4.134	4.602±0.721
	2	4.208		4.011		4.240	
	3	5.190		5.244		5.433	
5	1	3.394	3.603±0.590	3.171	3.542±0.487	3.665	3.689±0.146
	2	3.146		3.361		3.556	
	3	4.269		4.094		3.845	
6	1	2.711	2.753±0.126	2.702	2.726±0.039	2.921	2.801±0.106
	2	2.854		2.704		2.760	
	3	2.895		2.771		2.722	
7	1	2.617	2.628±0.051	2.674	2.629±0.039	2.683	2.638±0.045
	2	2.583		2.607		2.637	
	3	2.683		2.607		2.594	
8	1	2.574	2.576±0.042	2.572	2.568±0.009	2.641	2.596±0.042
	2	2.536		2.574		2.589	
	3	2.619		2.557		2.558	
9	1	2.554	2.549±0.034	2.539	3.064±0.905	3.291	2.795±0.430
	2	2.513		2.545		2.567	
	3	2.581		4.109		2.526	
10	1	2.528	2.525±0.030	2.514	2.519±0.009	2.574	2.543±0.032
	2	2.494		2.530		2.543	
	3	2.554		2.514		2.511	
11	1	2.509	2.511±0.029	2.505	2.504±0.009	2.552	2.531±0.021
	2	2.483		2.512		2.531	
	3	2.541		2.494		2.510	
12	1	2.496	2.504±0.033	2.468	2.484±0.014	2.535	2.427±0.152
	2	2.476		2.491		2.254	
	3	2.540		2.492		2.483	
13	1	2.493	2.497±0.036	2.479	2.485±0.006	2.527	2.513±0.018
	2	2.463		2.488		2.519	
	3	2.534		2.489		2.493	

Fuente: Datos experimentales –LIXVE-

Página 3 de 6



Continuación de anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**No. 0944**

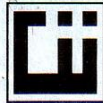
**Tabla No.3** Masa de yogur deshidratado en homo de vacío en función del tiempo a temperatura de 35°C.

TIEMPO (h)	MUESTRA CORRIDA	1		2		3	
		MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO
0	1	10.025	10.026±0.011	10.085	10.069±0.01	10.275	10.181±0.120
	2	10.037		10.049		10.046	
	3	10.016		10.073		10.222	
1	1	8.648	8.900±0.221	8.627	8.849±0.409	9.000	9.041±0.439
	2	9.059		8.599		8.624	
	3	8.994		9.321		9.500	
2	1	8.031	8.233±0.191	7.808	8.089±0.513	8.183	8.282±0.524
	2	8.412		7.779		7.815	
	3	8.255		8.681		8.848	
3	1	7.142	7.538±0.347	7.210	7.436±0.362	7.540	7.527±0.536
	2	7.680		7.244		6.984	
	3	7.791		7.853		8.056	
4	1	6.229	6.697±0.411	6.779	6.921±0.290	6.806	6.810±0.654
	2	6.867		6.729		6.158	
	3	6.996		7.254		7.465	
5	1	5.641	6.027±0.345	6.229	6.357±0.400	6.180	6.066±0.690
	2	6.136		6.036		5.326	
	3	6.305		6.805		6.691	
6	1	4.873	5.390±0.448	5.527	5.678±0.420	5.404	5.429±0.874
	2	5.641		5.355		4.568	
	3	5.655		6.153		6.315	
7	1	3.657	4.310±0.660	4.312	4.466±0.583	3.921	4.155±0.992
	2	4.297		3.976		3.301	
	3	4.977		5.111		5.243	
8	1	3.316	3.700±0.464	3.695	3.699±0.445	3.339	3.591±0.795
	2	3.567		3.256		2.953	
	3	4.216		4.145		4.482	
9	1	2.983	3.232±0.297	3.401	3.238±0.297	3.211	3.293±0.525
	2	3.152		2.895		2.813	
	3	3.561		3.418		3.854	
10	1	2.781	2.862±0.078	3.050	2.910±0.176	2.940	2.942±0.266
	2	2.869		2.712		2.677	
	3	2.937		2.968		3.209	

**Sigue Tabla No. 3**

Página 4 de 6

Continuación de anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 0945


Continuación Tabla No. 3

Masa de yogur deshidratado en horno de vacío en función del tiempo a temperatura de 35°C.


TIEMPO (h)	MUESTRA		1		2		3	
	CORRIDA	MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO (g)	MASA (g)	PROMEDIO	
11	1	26.828	27.223±0.342	28.693	27.797±0.161	2.859	2.401±0.437	
	2	27.414		26.485		26.432		
	3	27.426		28.212		28.912		
12	1	26.238	26.284±0.041	27.319	18.649±0.138	27.881	27.058±1.006	
	2	26.301		25.934		25.937		
	3	26.314		25.693		27.356		
13	1	25.925	25.924±0.018	26.604	26.241±0.498	27.281	26.643±0.815	
	2	25.942		25.673		25.725		
	3	25.906		26.446		26.923		
14	1	25.562	25.616±0.056	26.064	25.887±0.410	26.757	26.292±0.684	
	2	25.674		25.418		25.506		
	3	25.612		26.178		26.612		
15	1	25.424	25.414±0.055	25.819	25.680±0.345	26.483	26.043±0.622	
	2	25.464		25.287		25.332		
	3	25.355		25.933		26.315		
16	1	25.275	25.227±0.109	25.553	25.419±0.285	26.157	25.771±0.566	
	2	25.304		25.091		25.122		
	3	25.102		25.612		26.035		
17	1	25.127	25.101±0.094	25.391	25.302±0.301	25.979	25.680±0.260	
	2	25.179		24.967		25.503		
	3	24.997		25.548		25.559		
18	1	25.043	25.014±0.082	25.297	25.206±0.267	25.848	25.554±0.528	
	2	25.078		24.906		24.945		
	3	24.921		25.416		25.869		
19	1	24.933	24.760±0.228	25.194	24.855±0.330	25.736	25.471±0.513	
	2	24.502		24.838		24.879		
	3	24.844		24.534		25.797		
20	1	24.791	24.862±0.086	24.512	24.846±0.397	25.645	25.410±0.493	
	2	24.958		24.741		24.844		
	3	24.836		25.284		25.742		

Fuente: Datos experimentales -LIEXVE-

Continuación de anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

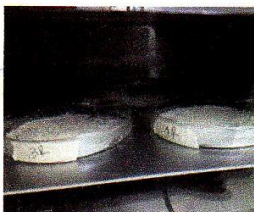




---



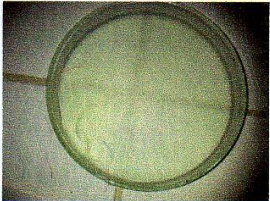
**No. 0946**

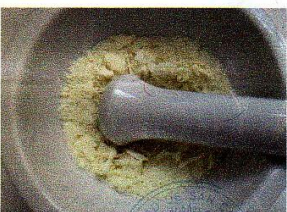

**ANEXOS**

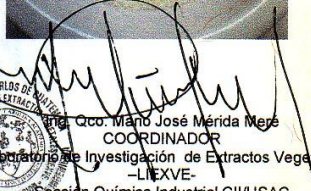
Secado de muestras de yogur en horno de vacío




Muestras de yogur sellado y secado a temperatura de 35, 40 y 45°C en función del tiempo de secado







Coor. Mario José Mérida Méjía  
**COORDINADOR**  
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales  
-LIXVE-  
Sección Química Industrial CII/USAC



Vo.Bo. Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales  
**DIRECTORA**  
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC


Página 6 de 6

---


FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

## Anexo 2. Informe de análisis microbiológicos en la producción de yogur usando las cepas deshidratadas



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
LABORATORIO DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS



CMA-0240-2014  
Guatemala, 24 de Noviembre del 2014

Bachiller  
Nimsi Levi Chiquitò Chite  
Estudiante de Ingeniería Química  
Presente.

Por este medio se le informa de los resultados microbiológicos y epidemiológicos obtenidos del alimento analizado en el Laboratorio Microbiológico de Alimentos, durante el mes de **NOVIEMBRE**; en base al "Reglamento para la Actividad Comercial en las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala" aprobado en el Punto Octavo, inciso 8.1 del Acta 1-2013 con fecha 23 de Enero del 2013.  
Siendo los resultados:

DATOS GENERALES:

NO. DE MUESTRA	1271
----------------	------


ALIMENTO	LACTEO	DESCRIPCION	YOGURT (muestra liofilizada)			
<b>VALORES SEGUN COMISION DE ACTIVIDAD COMERCIAL A 2008.</b>						
(NMP/ g ó ml; ó UFC/g ó ml )			<b>RESULTADO E INTERPRETACION</b>			
<b>ANALISIS MICROBIOLÓGICO</b>	<b>S</b>	<b>A</b>	<b>I</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>INTERPRETACION</b>	<b>RESULTADO</b>
Grupo Coliforme	< 1000	1000-10000	>10000	<10	UFC/g	SATISFACTORIO
Coliformes fecales	< 100	100-1000	>1000	<10	UFC/g	SATISFACTORIO
<i>E. coli</i>	< 20	20-100	>100	<10	UFC/g	SATISFACTORIO

I= INSATISFACTORIO      A= ACEPTABLE      S= SATISFACTORIO  
VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA


ANALISIS MICROBIOLÓGICO	VALORES DE REFERENCIA		RESULTADO
	APTO	NO APTO	
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤10,000 UFC/ g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
Mohos y Levaduras	≤10,000 / g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
Gérmenes del Ambiente	≤10,000 / g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
<i>Salmonella typhi</i>	Ausencia en 25g	Presencia en 25g	-----
<i>Shigella flexneri</i>	Ausencia en 25g	Presencia en 25g	-----

**CONCLUSIÓN: SE INFORMA QUE EL RESULTADO DEL ALIMENTO ES APTO PARA CONSUMO HUMANO.**

Atentamente;



Licda. Lilia María Zea Díaz  
Control de Alimentos y Expendios Varios  
Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia



Vo.Bo. Licda. Brenda R. López C.  
Jefa de Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
C.c.Archivo

Continuación del anexo 2.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
 PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
 LABORATORIO DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS



CMA-0241-2014  
 Guatemala, 24 de Noviembre del 2014

Bachiller  
 Nimsi Levi Chiquitò Chite  
 Estudiante de Ingeniería Química  
 Presente.

Por este medio se les informa de los resultados microbiológicos y epidemiológicos obtenidos del alimento analizado en el Laboratorio Microbiológico de Alimentos, durante el mes de **NOVIEMBRE**; en base al "Reglamento para la Actividad Comercial en las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala" aprobado en el Punto Octavo, inciso 8.1 del Acta 1-2013 con fecha 23 de Enero del 2013.  
 Siendo los resultados:

DATOS GENERALES:

NO. DE MUESTRA	1272
----------------	------

ALIMENTO	LACTEO	DESCRIPCION	YOGURT (muestra deshidratada A 45°C)		
ANALISIS MICROBIOLÓGICO	VALORES SEGUN COMISION DE ACTIVIDAD COMERCIAL A 2008. (NMP/ g ó ml; ó UFC/g ó ml)		RESULTADO E INTERPRETACION		RESULTADO
	S	A	I	RESULTADO	
Grupo Coliforme	< 1000	1000-10000	>10000	10	UFC/g SATISFACTORIO
Coliformes fecales	< 100	100-1000	>1000	10	UFC/g SATISFACTORIO
<i>E. coli</i>	< 20	20-100	>100	10	UFC/g SATISFACTORIO

I= INSATISFACTORIO    A= ACEPTABLE    S= SATISFACTORIO  
 VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	VALORES DE REFERENCIA		RESULTADO
	APTO	NO APTO	
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤10,000 UFC/ g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
Mohos y Levaduras	≤10,000 / g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
Gérmenes del Ambiente	≤10,000 / g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
<i>Salmonella typhi</i>	Ausencia en 25g	Presencia en 25g	-----
<i>Shigella flexneri</i>	Ausencia en 25g	Presencia en 25g	-----

CONCLUSIÓN: SE INFORMA QUE EL RESULTADO DEL ALIMENTO ES APTO PARA CONSUMO HUMANO.

Atentamente;

Licda. Lilia María Zea Díaz

Control de Alimentos y Expendios Varios  
 Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
 Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Vo. Bq. Licda. Brenda R. López C.  
 Jefa de Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
 Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
 C.c. Archivo

Continuación del anexo 2.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
LABORATORIO DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS



CMA-0242-2014  
Guatemala, 24 de Noviembre del 2014

Bachiller  
Nimsi Levi Chiquitò Chite  
Estudiante de Ingeniería Química  
Presente.

Por este medio se les informa de los resultados microbiológicos y epidemiológicos obtenidos del alimento analizado en el Laboratorio Microbiológico de Alimentos, durante el mes de **NOVIEMBRE**; en base al "Reglamento para la Actividad Comercial en las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala" aprobado en el Punto Octavo, inciso 8.1 del Acta 1-2013 con fecha 23 de Enero del 2013.  
Siendo los resultados:

DATOS GENERALES:

NO. DE MUESTRA	1273
----------------	------

ALIMENTO	LACTEO	DESCRIPCION	YOGURT (muestra deshidratada a 40°C)			
ANALISIS MICROBIOLÓGICO	VALORES SEGUN COMISION DE ACTIVIDAD COMERCIAL A 2008. (NMP/ g ó ml; Ó UFC/g ó ml)			RESULTADO E INTERPRETACION		RESULTADO
	S	A	I	RESULTADO	INTERPRETACION	
Grupo Coliforme	< 1000	1000-10000	>10000	<10	UFC/g	SATISFACTORIO
Coliformes fecales	< 100	100-1000	>1000	<10	UFC/g	SATISFACTORIO
<i>E. coli</i>	< 20	20-100	>100	<10	UFC/g	SATISFACTORIO

I= INSATISFACTORIO    A= ACEPTABLE    S= SATISFACTORIO  
VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

ANALISIS MICROBIOLÓGICO	VALORES DE REFERENCIA		RESULTADO
	APTO	NO APTO	
<i>Staphylococcus aureus</i>	≤10,000 UFC/ g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
Mohos y Levaduras	≤10,000 / g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
Gérmenes del Ambiente	≤10,000 / g ó ml	>10,000 UFC/ g ó ml	-----
<i>Salmonella typhi</i>	Ausencia en 25g	Presencia en 25g	-----
<i>Shigella flexneri</i>	Ausencia en 25g	Presencia en 25g	-----

CONCLUSIÓN: SE INFORMA QUE EL RESULTADO DEL ALIMENTO ES APTO PARA CONSUMO HUMANO.

Atentamente;

Licda. *Lilia María Zea Díaz*

Control de Alimentos y Expendios Varios  
Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

*Brenda R. López C.*  
Vo.Bo. Licda. Brenda R. López C.

Jefa de Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
C.c.Archivo

Continuación del anexo 2.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC.QQ.  
Y FARMACIA  
EDIFICIO ZONA 12

Bachiller  
Nimsi Levi Chiquitó Chité  
Presente.

Bachiller Chiquitó:

Por este medio se le informa de los resultados microbiológicos de la muestra de yogurt que fue entregada para analizar en el Laboratorio Microbiológico de Alimentos.



REF. CMA/093/2015  
Guatemala, 11 de junio del 2015

**RESULTADO MICROBIOLÓGICO DE LA MUESTRA**

<b>Alimento</b>	Yogurt	<b>No. de Muestra</b>	E23
<b>Descripción</b>	Yogurt deshidratado a 35 °C	<b>Hora de ingreso</b>	9:33

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	VALORES SEGUN COMISION DE ACTIVIDAD COMERCIAL A 2008.			RESULTADO E INTERPRETACION			RESULTADO
	S	A	I	RESULTADO	INTERPRETACION		
<b>Coliformes totales</b>	< 1000	1000-10000	>10000	<10	UFC/g	Satisfactorio	<b>APTO</b>
<b>Coliformes fecales</b>	<100	100-1000	>1000	<10	UFC/g	Satisfactorio	
<b>E. coli</b>	< 20	20-100	>100	<10	UFC/g	Satisfactorio	

CONCLUSION: Las muestras de yogurt traídas al laboratorio son aptas para consumo humano. Se les exhorta a continuar con las buenas prácticas de manufactura en la preparación del producto.

Atentamente,



X  
Licda. Lilia María Zea Díaz  
Control de Alimentos y Expendios Varios  
Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia



X  
Vo.Bo. Licda. Brenda R. López C.  
Jefa de Laboratorio de Control Microbiológico de Alimentos  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

cc. Archivo

Fuente: Facultad de Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. Prueba diferencial triangular

## PRUEBA DIFERENCIAL TRIANGULAR

<b>No.</b>	<b>Fecha:</b> 12/11/14	<b>Muestras:</b> _____, _____, _____
<b>Producto:</b> Yogur		
<b>Objetivo del ensayo:</b> Determinar la muestra diferente de las 3 muestras presentadas de yogur		
<b>Instrucciones:</b> Pruebe las tres muestras presentadas tantas veces como desee, empezando con la muestra situada a su derecha. Cuando este seguro señale cual es la diferente e indique porque cree que lo es.		
Muestra _____ es igual/diferente a _____		<b>La diferente es:</b> _____

**SUBRAYE LA PALABRA QUE USTED CREE QUE IDENTIFICA MÁS SU EVALUACIÓN**

**¿La identificación de la muestra diferente le ha parecido?**

Muy fácil          Fácil          Difícil          Muy difícil          No aplica

**¿El grado de diferencia es?**

Leve          Pequeño          Moderado          Claro          Intenso

No son diferentes          Todas son diferentes

**¿La muestra es diferente porque?**

Es más dulce          Más ácida          Mayor textura          Mayor Olor

Otros

Porque: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**COMENTARIOS:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MUCHAS GRACIAS**



