



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán.

Elaboración de yogurt natural tipo griego,  
reducido en grasa, con esferas sabor chocolate  
líquido.

### T E S I S

Que para obtener el grado de:  
Ingeniero en alimentos

Presenta:

**Carlos Alfredo De la Cruz Gómez**

Asesora:

**Dra. Sara Esther Valdés Martínez**

Cuautitlán Izcalli, estado de México 2019.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente quiero agradecer a mi madre Lucia, por todo su amor y apoyo incondicional. Quien con todo su esfuerzo ha logrado sacar adelante a esta pequeña familia, siendo los cimientos de la persona que hoy me he convertido. Agradezco toda la paciencia que me ha brindado y enseñarme que, aunque las cosas no sean fáciles hay que luchar cada día por conseguir y lograr mis metas. No tengo manera de agradecer todo lo que ha hecho por mí. Eres la mejor madre que alguien puede tener en la vida. Este logro te lo dedico a ti.

Agradezco a toda mi familia, a mi tía Sofía por ser mi segunda madre y apoyarme en toda una etapa de mi vida, a Sergio que se convirtió en mi padre, quien me guiara y que cada día me sigue enseñando el valor de la perseverancia. A Cuquis, Charo, Ara y Juan Carlos, que me siguen apoyando cada día incondicionalmente. A mis hermanas Karol y Dany, les agradezco cada momento que hemos compartido, a lo largo de estos años y mostrarme que siempre se puede ser “el mejor”.

Un agradecimiento muy grande a mi asesora, Dra. Sara Valdés, por todas sus enseñanzas y paciencia a lo largo de este proyecto, me siento orgulloso de haber recibido todo su apoyo. De igual manera un agradecimiento a la Dra. Guadalupe Palacios y a la M. en C. Guadalupe Amaya, por todo el apoyo y conocimientos recibidos a lo largo de este proyecto.

Agradezco a todos mis amigos con quienes recorrí toda esta etapa, gracias a Tony, Luis, Javier, Gustavo, Dania, Blanca, Sam y a todos con quienes compartí momentos importantes a lo largo de la carrera. Y a mis amigos ya sean de casa o trabajo, que se han convertido en otra familia y me han apoyado siempre, Héctor, Saheb, Josué, Jonathan, Ramiro, Carlos, Rodrigo, gracias por su amistad y apoyo en momentos difíciles.

Finalmente, un agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi máxima casa de estudios y a la FES Cuautitlán, por abrirme las puertas y dejarme ser parte de esta gran comunidad, y darme todas las herramientas necesarias para esta vida profesional. “Por mi raza hablara el espíritu”.

*“Vive como si fueses a morir mañana. Aprende como si fueses a vivir para siempre.”*

*Mahatma Gandhi.*

# **CONTENIDO**

INDICE DE TABLAS .....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1 MARCO TEORICO.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 DEFINICIONES .....	4
1.2.1 Leche.....	4
1.2.2 Coagulación de la leche .....	5
1.2.3 Fermentación .....	6
1.2.4 Leche fermentada.....	7
1.2.5 Probióticos .....	8
1.2.6 Yogurt.....	9
1.2.7 Yogurt tipo griego .....	11
1.3 Características de cultivo .....	12
1.3.1 Preparación del cultivo .....	13
1.4 Chocolate.....	14
1.4.1 Composición química del chocolate .....	14
1.5 Esferificación .....	14
1.5.1 Agentes usados comúnmente en la esferificación.....	15
2 METODOLOGÍA.....	18
2.1 Objetivos .....	18
2.2 Cuadro Metodológico.....	18
2.3 Desarrollo experimental.....	20
2.3.1 Actividades Preliminares .....	20
Actividad Preliminar 1 .....	20
Actividad Preliminar 2 .....	20
Actividad Preliminar 3: .....	23
2.3.2 Objetivos Particulares .....	25
Objetivo Particular 1 .....	25

Objetivo Particular 2.....	26
Objetivo Particular 3.....	27
3 RESULTADOS Y ANALISIS.....	31
3.1 Resultados actividades preliminares.....	31
3.1.1 Tiempo de incubación de yogurt con respecto a pH.....	31
3.1.2 Formulación final del yogurt natural tipo griego. ....	33
3.1.3 Contenido final de azúcares reductores directos y totales en el yogurt natural tipo griego.....	33
3.2 Resultados de Objetivos Particulares .....	35
3.2.3 Resultados Objetivo Particular 1 .....	35
3.2.4 Resultados Objetivo Particular 2.....	36
3.2.3. Resultados Objetivo Particular 3.....	37
3.2.4. Resultados objetivo particular 4.....	39
4 CONCLUSIONES.....	44
BIBLIOGRAFIA.....	46

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Composición de la leche de diferentes mamíferos.....	4
Tabla 2. Composición de la leche de diferentes razas de vacas.....	5
Tabla 3. Composición del Yogurt con leche entera de vaca. ....	10
Tabla 4 Características principales de las bacterias ácido-lácticas para la producción de yogurt.....	13
Tabla 5. Límites microbiológicos permitidos en el Yogurt. ....	26
Tabla 6. Métodos de prueba para análisis proximal. ....	27
Tabla 7. Formulación de Yogurt natural tipo griego.....	33
Tabla 8. Contenido residual de azúcar del Yogurt con y sin enzima lactasa.....	33
Tabla 9. Formulación para la elaboración de las esferas de chocolate líquido. ....	35
Tabla 10. Formulación para el baño de lactato. ....	36
Tabla 11. Resultados de pruebas microbiológicas. ....	36
Tabla 12. Resultado de presencia de bacterias acido-lácticas en el Yogurt tipo griego. ....	37
Tabla 13. Resultados de análisis químico proximal.....	37
Tabla 14. Resultado Diferencia entre muestras. ....	42

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Estructura tridimensional de proteínas lácticas. ....	6
Figura 2 Fermentación de Lactosa.....	7
Figura 3 Esferificación básica o directa.....	16
Figura 4 Estructura química del Alginato.....	17
Figura 5. Cuadro metodológico empleado para la elaboración del Yogurt natural tipo griego.....	19
Figura 6. Proceso de elaboración de yogurt natural tipo griego con esferas de chocolate.....	21
Figura 7 Prueba Dúo-Trio realizada a los jueces para la identificación de la adición de la enzima lactasa.....	24
Figura 8. Diagrama de elaboración de esferas de chocolate líquido.....	25
Figura 9. Encuesta realizada para conocer aceptación del producto.....	29
Figura 10. Evaluación realizada para el perfil del producto.....	30
Figura 11. Evolución del proceso de incubación de yogurt natural tipo griego, pH vs tiempo.....	31
Figura 12. Tiempo de incubación del yogurt natural tipo griego con leche entera usando enzima lactasa.....	32
Figura 13. Prueba Dúo-trio para identificación de enzima lactasa. ....	34
Figura 14. Nivel de agrado del Yogurt.....	39
Figura 15. Frecuencia con la que consumen Yogurt. ....	40
Figura 16. Tamaño de presentación del Yogurt. ....	40
Figura 17. Precio del Yogurt que estaría dispuesto a pagar.....	41
Figura 18. Análisis del perfil de atributos sensoriales del yogurt experimental vs yogurt comercial.....	42

## **RESUMEN.**

A lo largo de desarrollo del presente trabajo, se elaboró un Yogurt natural tipo griego con esferas de jarabe light sabor chocolate. Se realizó una curva de pH vs tiempo para comprobar el proceso de fermentación de la leche, empleando diferentes características y condiciones de leche comercial y de esta manera observar detalladamente el desarrollo de la cepa comercial empleada en su elaboración, conocer el desarrollo de acidez por parte de las cepas, para medir el tiempo que la cepa comercial empleada (MY-800 LYO 5 DCU) requería, para alcanzar el pH deseado ( $\text{pH} = 4.7 \pm 0.2$ ). Se encapsuló jarabe de chocolate bajo en grasa, empleando la técnica de esferificación simple con alginato de sodio y lactato de calcio como medio encapsulador.

Se evaluó la calidad microbiológica del producto terminado, para corroborar el cumplimiento con la normatividad vigente para este tipo de productos (NOM-243-SSA1-2010). El resultado obtenido para *Salmonella spp* fue ausente en 25 g, para Coliformes Totales  $\leq 10$  UFC/g y para *Staphylococcus aureus*  $\leq 100$  UFC/g, asegurando con ello el buen uso de las buenas prácticas de manufactura en la elaboración del producto. En cuanto conteo de *Streptococcus thermophilus* se obtuvo  $2.56 \times 10^{10}$  y para *Lactobacillus bulgaricus* de  $1.14 \times 10^9$ , los resultados encontrados rebasan los requisitos de cuenta de estos microorganismos para un yogurt, como lo establece la NMX-F-703-COFOCALEC-2012.

Se realizó el análisis químico proximal de producto terminado, empleando las técnicas oficiales marcadas en la NOM-181-SCFI-2010 para determinar su composición. Obteniendo un contenido de humedad de 82.39%, ceniza de 0.8%, grasa de 3.38%, carbohidratos de 6.55% y proteína de 8.00%.

Se realizó la evaluación del yogurt con esferas de chocolate, con consumidores, para conocer la aceptación o rechazo del producto. Se aplicó la prueba a un panel de 100 jueces no entrenados, empleando como referencia un yogurt natural tipo griego comercial, evaluando parámetros como sabor, color, olor, cremosidad, dulzor y acidez. Los resultados de este análisis muestran que el producto presentó una gran aceptación por parte del panel de jueces.



## **INTRODUCCIÓN.**

Hoy por hoy en México y en el mundo existe un aumento de enfermedades crónicas degenerativas que están ligadas al ritmo de vida de los consumidores que han cambiado radicalmente sus hábitos alimenticios, es por eso que la importancia del consumo de alimentos lácteos se ha ido incrementando con el paso de los años, debido a este ritmo de vida tan rápido en las grandes ciudades, esto ha llevado a consumir dietas que proporcionen los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del cuerpo y así se han ido buscando formas de alimentarse de manera rápida sin dejar atrás el aspecto nutricional.

Las leches fermentadas están entre los productos lácteos que gozan de una creciente demanda por parte de los consumidores y contribuyen notablemente a equilibrar el estancado, y parcialmente en retroceso, consumo de leche. La inmensa variedad de complementos que se les pueden añadir no sólo permite ofrecerle al consumidor una amplia gama de productos, sino que hace posible reducir el contenido calórico de los alimentos con vistas a lograr unos hábitos alimenticios más sanos. (SPREER, 1991).

Desde el punto de vista nutricional, el yogurt es un excelente producto alimenticio por su alto valor microbiológico, que representa un enriquecimiento importante al aporte vitamínico principalmente en las vitaminas del complejo B, durante el proceso de fermentación de la leche y su transformación en yogurt por las bacterias ácido lácticas de la leche en el yogurt, además aumenta la disponibilidad de micro elementos como el calcio y fósforo y por su naturaleza acida, favorece el desarrollo de una flora biológica intestinal benéfica (MONTROYA S., 2009).

Dentro de los derivados lácteos más importantes se encuentra el yogurt, teniendo diferentes tipos y clasificaciones, pero entre estas se encuentra el yogurt tipo griego, que con el paso de los años su consumo se ha ido incrementando debido a su alto contenido nutricional, y gusto por los consumidores. Las proporciones de los nutrientes del yogurt griego pueden variar según el tipo y la cantidad del alimento, además de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus nutrientes.

El yogurt griego no solo es sabroso, también destaca por saludable. Este producto contiene el doble de proteínas que el yogurt convencional y además tiene menor cantidad de azúcar añadida y, por lo general, también menos calorías. Nutricionalmente hablando, resulta ventajoso principalmente para los niños, mujeres embarazadas y adultos mayores, quienes requieren un consumo de proteínas de alto valor biológico para un adecuado desarrollo del sistema inmunológico y cerebral (HURTADO A., 2016).

# **1 MARCO TEORICO.**

## **1.1 ANTECEDENTES.**

El yogurt es un producto lácteo consumido desde hace miles de años, se dice que su descubrimiento comenzó cuando los nómadas transportaban leche fresca en bolsas de piel, la cual por el calor y el contacto con dicha piel tenía una alteración biológica, dando como resultado leche fermentada, de consistencia semisólida y coagulada. Este descubrimiento fue de gran importancia ya que gracias a la fermentación de la leche este se conservaba más tiempo, prolongando así la vida útil del producto y generando una serie de características sensoriales agradables, (ARANCETA y SERRA, 2004).

Las leches fermentadas son consumidas desde la antigüedad, especialmente por los pueblos orientales. En los países occidentales el uso de leches fermentadas se extendió a principios del siglo XX, momento en que Metchnikoff publicó sus trabajos sobre las causas del envejecimiento atribuyendo a los microorganismos utilizados en la fermentación del yogurt una acción benéfica sobre la flora intestinal. Resulta interesante que la gran expansión en su consumo es debido al uso de frutas que han mejorado su perfil en cuanto a sabor, textura y presentación. Probablemente su éxito radique en su enmascaramiento de la sensación ácida del yogurt como tal. Este producto puede elaborarse a partir de cualquier leche de buena calidad y actualmente en la industria alimentaria se utiliza de forma exclusiva leche de vaca (SPREER, 1991).

La calidad de la leche cruda destinada a la obtención de leches y cremas para consumo humano, además de otros productos lácteos, depende de numerosos factores relacionados con la producción de la granja donde se encuentra el ganado lechero. La calidad higiénica de la leche cruda depende del estado sanitario y de la limpieza de las vacas, del sistema de ordeño y de las condiciones higiénicas del equipo; todo esto reflejado en buenas prácticas tanto ganaderas como de manufactura.

## 1.2 DEFINICIONES

### 1.2.1 Leche

La leche es la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluida el calostro (NOM-243-SSA1-2010).

La leche además de proporcionar prácticamente todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de los recién nacidos contiene también diferentes sustancias que actúan como parte fundamental de los sistemas inmunológico y de protección del recién nacido. En general, la leche está compuesta por agua, grasas, Proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico relativamente estable (BADUI, 2003).

En las tablas 1 y 2, se muestran la composición química de diferentes tipos de mamíferos, y de diferentes razas de vacas, se puede observar que la leche de oveja contiene el más alto contenido de proteína, la leche de búfala es la que tiene el mayor contenido de grasa, la leche de mujer es la que aporta mayor contenido de azúcar y la leche de oveja el mayor contenido de minerales. La raza que más común se obtiene y consume leche es de la Holstein, que es la que más agua contiene dentro de su composición.

**Tabla 1 Composición de la leche de diferentes mamíferos.**

	Agua	Proteínas	Lípidos	Glúcidos	Minerales
Mujer	87	1.1	4.5	7.6	0.3
Vaca	88	3.2	3.4	4.7	0.7
Búfala	82	4	7.5	4.8	0.8
Oveja	82	5.5	7	4.3	0.9
Cabra	86	3.8	4.3	4.6	0.8
Burra	90	1.6	1.1	6.5	0.5
Yegua	89	2.1	1.7	6.1	0.4
Camella	87	3.4	4.1	3.8	0.7

Fuente: BELITZ, Hans. GROSCH, Werner. (2012). Química de los alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 3ª Edición. pp. 447

**Tabla 2. Composición de la leche de diferentes razas de vacas.**

Raza	Agua	Grasa	Proteínas	Lactosa	Cenizas
Holstein	88.12	3.44	3.11	4.61	0.71
Airshire	87.39	3.93	3.47	4.48	0.73
Suiza Café	87.39	3.97	3.37	4.63	0.72
Guernsey	87.31	4.5	3.6	4.79	0.75
Jersey	85.66	5.15	3.7	4.75	0.74

Fuente: BADUI, Salvador. (2006). Química de los alimentos. México: Pearson 2° Edición. pp. 582

### 1.2.2 Coagulación de la leche

Los tratamientos térmicos provocan la desnaturalización de las proteínas, es decir, producen un cambio en la estructura física de las proteínas, pero en general no afectan a la composición de aminoácidos y por lo tanto tampoco afecta a las propiedades nutricionales de la leche. Las  $\beta$ -lactoglobulinas son las más afectadas en estos tratamientos proporcionando el gusto ácido de la leche, mientras que las micelas de la caseína son notablemente estables e incluso a temperaturas de 140°C. Sin embargo, cuando se calienta por encima de los 100°C puede existir una disminución de pH, que es causada por la formación de ácidos orgánicos de la degradación de la lactosa y la precipitación de fosfato de calcio (RYNNE, 2004).

Un cambio en el pH del ambiente natural o fisiológico de las proteínas puede acarrear modificaciones importantes en su conformación debido a cambios en la ionización de las cadenas laterales cargadas porque se afecta el número de los puentes salinos que estabilizan la estructura nativa. Con este proceso se busca modificar las estructuras originales de las proteínas para mejorar sus propiedades funcionales, aunque es frecuente encontrar en estas condiciones una porción de las moléculas que han sufrido hidrólisis.

La desnaturalización ofrece importantes ventajas tales como el aumento del rendimiento y del valor nutritivo y la destrucción de bacterias tanto benéficas con perjudiciales (RODRIGUEZ, 2006). Otros cambios significativos en las proteínas que se producen en el calentamiento de la leche por encima de los 60°C incluyen la desnaturalización de las proteínas del suero, las interacciones entre las proteínas de suero desnaturalizadas y las micelas de caseína y la conversión del calcio, magnesio y fosfato solubles en estado coloidal.

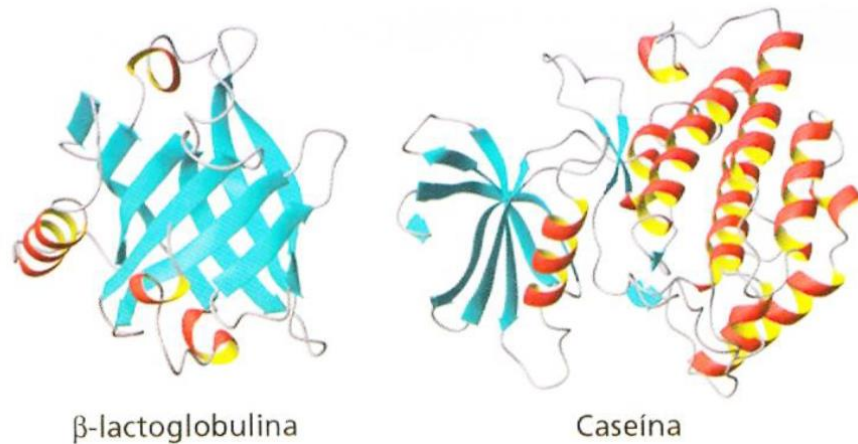


Figura 1. Estructura tridimensional de proteínas lácticas.

### 1.2.3 Fermentación

La transformación de la leche por acción de microorganismos específicos como parte natural de su metabolismo; para llevarla a cabo eficientemente se requiere del microorganismo adecuado, de un medio de cultivo con los nutrientes necesarios y condiciones óptimas de pH, temperatura, etc. (NOM-181-SFCI-2010).

#### 1.2.3.1 Fermentación láctica

La fermentación láctica es una ruta metabólica anaeróbica que ocurre en la matriz citoplásmica de la célula, en la cual se fermenta la glucosa para obtener energía metabólica y un producto de desecho que principalmente es el ácido láctico, además de otros ácidos (BROCK, 1991).

La fermentación anaeróbica, en todos los casos posibles, comienza con una primera fase con la glucólisis que posee una ruta metabólica como la ruta de Entner-Doudoroff. La glucólisis genera como resultante piruvato (Sales de ácido pirúvico). El Piruvato obtenido puede ser degradado por distintas vías anaerobias que llevan a la formación de compuestos característicos que definen los distintos tipos de fermentaciones. En la figura 2, se observa la fermentación de la lactosa.

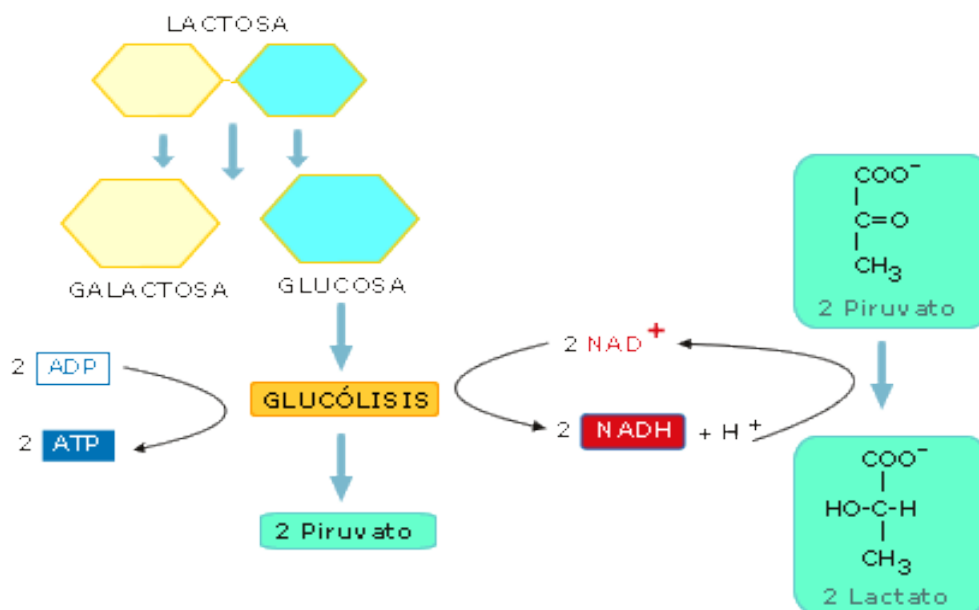


Figura 2. Fermentación de Lactosa

Por cada molécula de glucosa que se oxida mediante glucólisis dos moléculas de NAD (Difosfopiridina nucleótido) son reducidas a NADH , y se obtienen dos piruvatos y dos moléculas de ATP (Adenosin trifosfato). En los organismos fermentadores, dada la imposibilidad de utilizar el poder reductor generado en forma de NADH en la cadena transportadora de electrones, se recurre a la reducción de un sustrato endógeno (esto es un producto del propio metabolismo), como forma de reciclar el NADH en NAD para permitir que la glucólisis continúe se siga generando ATP.

En la fermentación láctica, el sustrato endógeno utilizado es el propio piruvato producto de la glucólisis, que se reduce a ácido láctico. El ácido láctico, dado que otorga acidez al medio, tiene excelentes propiedades de conservación en los alimentos.

#### 1.2.4 Leche fermentada

La leche fermentada se obtiene por la acidificación de la leche estandarizada entera o deshidratada, pasteurizada, parcialmente descremada, semidescremada o descremada, debido a la acción de bacterias lácticas vivas con la consiguiente reducción del pH, adicionada o no por aditivos, por alimentos e ingredientes opcionales (NOM-243-SSA1-2010).

Es el producto obtenido por la fermentación de la leche pasteurizada entera, parcial o totalmente descremada, por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación. Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y en las cantidades establecidas en el punto 7.3 de este Proyecto de Norma Mexicana. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables y deberá declararse, junto a la denominación del producto, el tratamiento térmico al que fue sometido (NMX-F-703-COFOCALEC).

Los productos lácteos fermentados, leches fermentadas o productos de leche ácida son productos que se caracterizan por que obtienen su carácter ácido y típica textura por experimentar una fermentación láctica unida a una producción de aroma (SPREER, 1991).

Distintas especies y combinaciones de especies de bacterias lácticas acidificantes fermentan una parte de la lactosa y en ocasiones de la sacarosa añadida a ácido láctico y, en menor medida, también a otros ácidos orgánicos y sustancias aromáticas. La fermentación provoca también la coagulación de las proteínas. Que también sufren un cierto grado de desdoblamiento.

### **1.2.5 Probióticos**

Gran parte de los productos probióticos corresponden a leches fermentadas tipo yogurt. Entre los beneficios que los probióticos aportan se pueden citar una reducción en la intolerancia a la lactosa, la mejora de estreñimiento, una reducción y mejor recuperación en las infecciones por rotavirus y otros patógenos intestinales, la estimulación del sistema inmune, el alivio sintomático de patologías intestinales y la colitis ulcerosa, la reducción de la incidencia de cáncer de colon, entre otros (MAYO, 2010).

Los Lactobacilos y bifidobacterias potencian la inmunidad, favorecen el equilibrio de la microflora colónica, incrementan la biodisponibilidad de ciertos nutrientes, mejoran el tránsito y la movilidad intestinal, estimulan la proliferación celular y permiten la elaboración de ciertos productos fermentados beneficiosos (SILVIERA, 2003).

Algunos de los microorganismos usados como probióticos humanos son los siguientes: *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei spp. hamnosus*, *L. delbrueckii spp bulgaricus*, *L. fermentum*, *Lactococcus lactis spp lactis*, *Lactococcus lactis spp. cremoris*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. infantis*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, entre otros (JARAMILLO, 2007).

## 1.2.6 Yogurt

El yogurt es el producto obtenido de la fermentación de la leche, estandarizada o no, por medio de la acción de microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbreuckii* subespecie *bulgaricus*, y teniendo como resultado la reducción del pH. (NOM-181-SFCI-2010).

Como resultado de la fermentación, se produce ácido láctico, a partir de la lactosa presente en la leche, y una serie de compuestos que le imparten al yogurt un sabor y un aroma típico (HERNANDEZ, 2003).

La leche usada para el yogurt se tiene que estandarizar a un nivel menor de grasa y mayores contenidos de lactosa, proteínas, minerales y vitaminas; para eso se puede añadir sólidos lácteos no grasos (leche deshidratada descremada, suero de leche, etc.), de tal forma que la gravedad específica aumenta de 1.03g/ml a 1.4 g/ml y paralelamente los sólidos no grasos suben a un 12%. La pasteurización destruye la mayoría de la microflora innata de la leche, lo que permite un campo libre para los cultivos lácticos que se añaden posteriormente, la interacción de la k y la b-lactoglobulina provocada por el tratamiento térmico controlado y favorecida por el pH y la presencia de calcio, crea una nueva estructura que tiene una mejor capacidad de absorción de agua que dará como resultado un gel más firme y terso, de mayor viscosidad que no presenta sinéresis. (BADUI, 2006).

El ácido láctico producido a partir de la lactosa baja el pH hasta 5 en donde inicia la formación del coagulo. El sabor y aroma se deben al ácido láctico, además del acetaldehído, la acetona, el diacetilo y a otros compuestos (BADUI, 2006).

Se fabrican dos tipos principales de yogurt:

- ✓ **Los yogurts firmes**, también llamados tradicionales, se elaboran fermentando la leche en el envase final, ya sea sin sabor (llamado natural) o con sabor (aromatizado o saborizado), comúnmente con frutas.
- ✓ **Los yogurts batidos** son más líquidos que los firmes y la fermentación de estos se lleva a cabo a fuera del envase final, en un recipiente de fermentación, lo que permite adicionarle preparados de fruta (jugos, pulpa, o trozos de fruta), cereales o algunos otros productos.

Existen otros tipos de yogur, como el yogur congelado, el yogurt deshidratado y el yogurt de bajo contenido de lactosa.

En la tabla 3, se puede observar la composición química de un yogurt tradicional hecho a base de leche entera de vaca. Su contenido de grasa es más alto que el



de proteína y azúcares, en cambio el yogurt tipo griego, aparte de casi no contener lactosa, aumenta su contenido de proteína.

**Tabla 3. Composición del Yogurt con leche entera de vaca.**

<b>Contenido</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Agua</b>	87
<b>Proteínas</b>	3.5
<b>Lípidos</b>	3.9
<b>Azúcares</b>	3.6
<b>Ácidos Grasos</b>	1.15
<b>Cenizas</b>	0.7

Fuente: BALCÁZAR, Elizabeth (2011). Tesis de Posgrado: Elaboración y aplicación gastronómica del yogurt. Ecuador. Facultad de Ciencias de la Hospitalidad. Universidad de Cuenca. pp. 36

### **1.2.6.1 Clasificación del Yogurt**

El yogurt se clasifica en 3 tipos:

- ✓ **Tipo 1** Yogurt o leche búlgara natural: Producto lácteo preparado a partir de leche entera, parcial o totalmente descremada, enriquecida en extractos secos por medio de la concentración de esta o agregando leche en polvo, tratada térmicamente y coagulada bioquímicamente por fermentación obtenida de la siembra en simbiosis de los fermentos lácteos *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.
- ✓ **Tipo 2** Yogurt o leche búlgara natural con fruta y aromatizado: Producto definido en el párrafo anterior, al que se le adiciona frutas o que es preparado a partir de frutas y saborizantes, permitidos por la Secretaria de Salud y que debe llevar un 75% mínimo de yogurt.
- ✓ **Tipo 3** Yogurt o leche búlgara aromatizada: Producto definido al que se le ha adicionado saborizantes permitidos por la Secretaria de Salud.

### **1.2.6.2 Especificaciones del Yogurt**

En la normatividad Mexicana se han detallado las características físicas y sensoriales específicas que un yogurt dentro del mercado debe cumplir:

Color: Uniforme y característico del producto

Olor: Debe ser agradable y característico del producto

Sabor: Agridulce, Acido, agradable y característico del producto

Consistencia: Debe ser firme o batido con la viscosidad característica del producto

NMX-F-44-1982

### **1.2.7 Yogurt tipo griego**

Producto concentrado, espeso y ácido obtenido cuando el yogurt tradicional es sometido bajo presión para eliminar el contenido de humedad (suero). Tiene casi el doble de contenido de proteína que el yogurt tradicional y menos lactosa, porque esta se hidroliza y se remueve con el líquido (MEYER S., 2007).

Una de las razones por las que el Yogurt Griego es tan popular es porque es una buena fuente de proteína que frecuentemente contiene menos azúcares que otros tipos de yogurts.

La concentración de proteína en la leche es de gran importancia para la fabricación del yogurt griego, siendo mejor con una mayor concentración de caseína, a medida que aumenta la concentración de proteína, el incremento de la acidez produce la coagulación de la caseína, y se puede obtener un producto mucho más espeso, convirtiéndose en un producto deseable para el consumidor

El yogurt griego puede contener el doble de proteína que el regular. La proteína extra puede ayudar a sentirse satisfecho. Los yogurts griegos comerciales en los supermercados tienen casi el doble del contenido proteico que yogurt estándar. Una simple porción, de yogurt convencional bajo en grasa usualmente contiene de 5 a 10 gramos de proteína, donde el promedio del yogurt es alrededor de 13 a 20 gramos de proteína (SCHWADER, 2017).

### 1.3 Características de cultivo

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) son microorganismos que participan en procesos de elaboración de alimentos fermentados, principalmente de origen lácteo. La principal característica metabólica de las BAL es la producción de ácido láctico como resultado de la fermentación de carbohidratos. Los fermentados o cepas lácticas son bacterias que poseen las características de digerir los azúcares de la leche (Lactosa y Galactosa) y transformarla en ácido láctico, aldehídos y cetonas que imparten los aromas y sabores característicos. Son varios tipos, dependiendo de sus características de fermentación: termófilos, mesófilos, homofermentativos, heterofermentativos, mesófilos aromáticos. Y cada tipo da características diferentes al producto de fermentación (RODRIGUEZ, 2006).

En general, las bacterias se clasifican en función al rango de temperatura en la que se desarrollan de forma eficaz. Según este criterio se dividen en mesófilos, que se desarrollan a temperaturas entre 20 y 35°C y termófilos, que se desarrollan a temperaturas de 35 a 50°C. A su vez, los fermentos lácticos se clasifican en homofermentativos, que durante la fermentación producen gran cantidad de ácido láctico, como los *Lactococcus lactis* y *Lactococcus cremoris*; de tipo mesófilos y heterofermentativos, que durante la fermentación no solo producen una pequeña cantidad de ácido láctico, si no que producen aromas, sabores y en ocasiones gas carbónico generando “ojos” en la masa del queso. Un ejemplo son las del género *diacetylactis*, de tipo mesófilo.

Los más adecuados para la fermentación de yogurt son los termófilos, cuyos representantes más utilizados son *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que se caracterizan por desarrollarse mejor a temperaturas de alrededor de los 35 a 45°C. El *Streptococcus thermophilus* es el responsable principal de producir el sabor característico del yogurt y el *Lactobacillus bulgaricus* es el principal responsable de la acidez. Ambos son necesarios y complementarios para la fabricación de yogurt.

**Tabla 4 Características principales de las bacterias ácido-lácticas para la producción de yogurt**

	Tipo de bacteria	Características	Temperatura en que se desarrolla	Función
<b><i>Streptococcus thermophilus</i></b>	Estreptococo Gram-positivo	Bacteria no móvil, anaerobio facultativo	37-40°C. Puede resistir 50°C e incluso 65°C por media hora	Utiliza el ácido láctico para la oxidación de la lactosa de los productos fermentados
<b><i>Lactobacillus bulgaricus</i></b>	Bacilo Gram-positivo	Bacteria láctea homofermentativa	42-45°C	Disminuye el pH y puede producir hasta un 2.7% de ácido láctico
<b><i>Lactobacillus acidophilus</i></b>	Bacilo Gram-positivo	Bacteria anaerobia facultativa	37°C	Crea ácido láctico a partir de la fermentación de azúcares de la leche (lactosa)

Fuente: Saloff-Coste C. (1994). Lactic Acid Bacteria. World Newsletter. Danone. Issue. pp.15

Pueden incluirse otras cepas, tales como *Leuconostoc cremoris*, *Leuconostoc citrovorum*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus discetylactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, e inclusive bifidobacterias, para obtener otras características deseables en el yogurt. La elección del fermento adecuado es de importancia decisiva para la calidad final del yogurt, ya que determinara tanto las condiciones y tiempos de fermentación como las características finales de sabor, acidez y consistencia (SPREER, 1991).

### 1.3.1 Preparación del cultivo

La preparación del cultivo se ha de realizar en condiciones de estricta asepsia para evitar las contaminaciones por levaduras, mohos o bacteriófagos.

El mantenimiento del cultivo madre se debería hacer en condiciones de laboratorio y la preparación de los cultivos intermediarios y de uso se debería realizar en una sala independiente de las salas de producción que cuente con las instalaciones adecuadas. Existe la posibilidad de añadirle a la leche que se va a transformar en yogurt los llamados cultivos de acidificación directa, que se comercializan en forma de concentrados congelados o liofilizados. (SPREER, 1991).

## **1.4 Chocolate**

Producto homogéneo elaborado a partir de la mezcla de dos o más de los siguientes ingredientes: pasta de cacao, manteca de cacao, cocoa adicionado de azúcares u otros edulcorantes, con independencia de que se utilicen otros ingredientes, tales como productos lácteos y aditivos para alimentos.(*NOM-186-SSA1/SCFI-2013*). Comer chocolate regularmente disminuye el colesterol “malo”, la presión arterial y el riesgo de contraer enfermedades del corazón. Al tener propiedades anticoagulantes, el cacao funciona de manera similar a la aspirina, mejorando la circulación.

### **1.4.1 Composición química del chocolate**

El chocolate es nutricionalmente completo, ya que contiene aproximadamente un 30% de materia grasa, 6% de proteínas, un 61 % de carbohidratos y un 3% de humedad y de minerales (fósforo, calcio, hierro), además de aportar vitaminas A y complejo B.

## **1.5 Esferificación**

Consiste en la transformación de un alimento en esferas líquidas, nos permite tener dos texturas: líquida en el interior y casi sólida (gelificada) en el exterior.

Los materiales que se utilizan para el encapsulamiento puede ser gelatina, grasas, aceites, goma arábiga, alginato de calcio, ceras, almidón de (trigo, maíz, arroz y papa), nylon, ciclodextrina, maltodextrina, caseinato de sodio, proteína de lactosuero o proteína de soya. Las aplicaciones de la microencapsulación se dirigen a la industria, se da a la industria textil, metalúrgica, química, alimenticia, cosméticos, farmacéutica y medicina. Dentro de las técnicas utilizadas para microencapsular se encuentran el secado por aspersión, secado por enfriamiento, secado por congelamiento, coacervación y extrusión, Las sustancias que se microencapsulan pueden ser vitaminas, minerales, colorantes, prebióticos, probióticos, sabores nutraceuticos, antioxidantes, olores, aceites, enzimas, bacterias, perfumes, fragas e incluso fertilizantes.(PARRA, 2010).

Respecto al área de alimentos, las aplicaciones de esta técnica se han ido incrementando debido a la protección de los materiales encapsulados de factores

como calor y humedad, permitiendo mantener su estabilidad y viabilidad. Las microcápsulas, ayudan a que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaque mejorando sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos (YAÑEZ, 2002).

### **1.5.1 Agentes usados comúnmente en la esferificación.**

**Lactato de calcio:** Es una sal cálcica del ácido láctico. En la industria alimentaria se emplea como conservador. Se emplea fundamentalmente en el procesamiento de ciertos alimentos con el objeto de estabilizar la estructura interna de la textura de ciertas frutas y hortalizas. También posee una cierta actividad antioxidante. El lactato es la forma ionizada de ácido láctico. Tiene una gran importancia biológica ya que es constantemente producido durante el metabolismo y al realizar ejercicio. Su uso como aditivo está permitido bajo las buenas prácticas de fabricación.

**Lípidos:** Dentro de los principales agentes encapsulantes de carácter lipídico están; grasa láctea, lecitinas, ceras, ácido esteárico, monoglicéridos, diglicéridos, parafinas, aceites hidrogenados como el aceite de palma, algodón y soya. Estos son excelentes formadores de películas capaces de cubrir las partículas individuales, proporcionando una encapsulación uniforme (YAÑEZ, 2002).

**Carbohidratos:** Son extensivamente empleados en la encapsulación, se utiliza la técnica de secado por aspersión para ingredientes alimenticios como soporte de encapsulamiento, dentro de este amplio grupo se encuentran los almidones, maltodextrinas y gomas (MADENE, 2006).

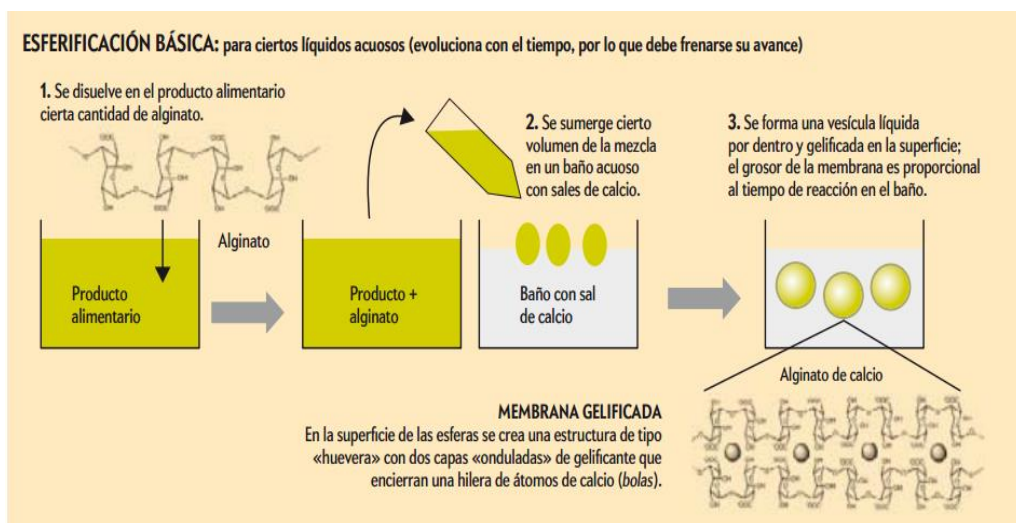
**Proteínas:** Diversas proteínas han sido utilizadas como microencapsulantes, ya que poseen propiedades similares a los hidrocoloides entre estas, caseinato de sodio, proteína de lactosuero, aislados de proteína de soya, ceras, gluten, gretina, caseína, soya y gelatina, este último se emplea por sus propiedades de emulsificación, capacidad de formar películas, su alta solubilidad en agua biodegradabilidad (MADENE, 2006).

**Alginato:** Es un polímero extraído a partir de algas y utilizado como un agente encapsulante, tiene como característica; ser no tóxico, biocompatible y fácil de solubilizar (por  $Ca^{++}$ ). Tiene la peculiaridad que sólo forma geles en presencia de calcio. Éstos son termorreversibles al calentarlos. Por tanto, un punto importante a la hora de trabajar con el alginato es la cantidad de calcio que contiene el alimento que se quiere esferificar. Si no encuentra ningún medio cálcico, actuará como espesante, pero nunca llegará a gelificar. La hidratación del alginato se puede

hacer en frío o en caliente, pero, aunque en caliente la incorporación es más rápida, el resultado no es tan bueno (NAZZARO, 2009).

### 1.5.1.1 Gelificación del Alginato

El gelificante más utilizado es el alginato. El proceso varía ligeramente en función de la composición del alimento que se quiere esferificar. A los líquidos acuosos que no contienen calcio o no son ácidos se les puede aplicar el procedimiento estándar (esferificación básica). Inconveniente: acaba gelificando todo el interior (MANS, 2011).



Fuente: MANS Claudi (2011). La nueva cocina científica. Investigación y ciencia. Edición Española de Scientific American. pp. 62

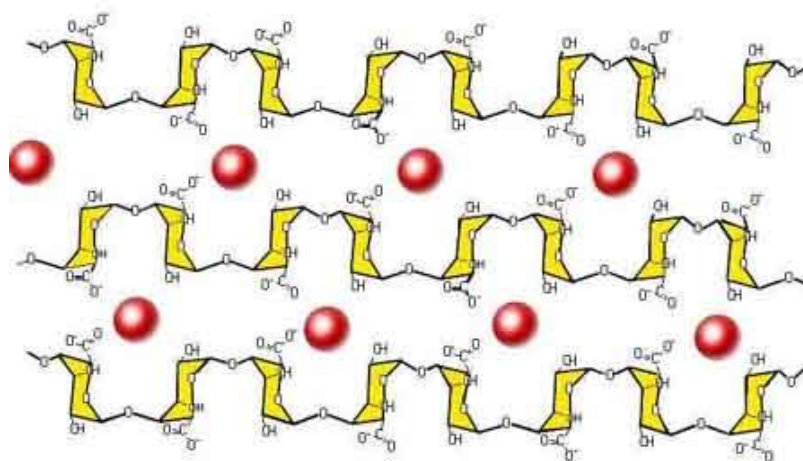
Figura 3. Esferificación básica o directa

Los alginatos son los polisacáridos más abundantes presentes en las algas marinas. Comprenden hasta 40% de su peso seco. Son los componentes estructurales de la pared celular de las algas, cuya función principal es dar rigidez, elasticidad, flexibilidad y capacidad de enlazar agua (HERNÁNDEZ, 2005).

Existen diferentes estudios que indican la seguridad del uso de los alginatos en alimentos. Los alginatos de sodio, potasio, calcio y amonio, ácido algínico y el alginato de propilenglicol, son aditivos alimentarios reconocidos como inocuos y seguros según la *Food & Drugs Administration* (FAO, 2001).

La aplicación de los alginatos se basa en cuatro propiedades principales. La primera concierne a su habilidad como espesante al ser dispersado en agua. La segunda a su capacidad de retener agua. La tercera se debe a su habilidad de formar un gel a partir de una serie de reacciones químicas de intercambio iónico que dan lugar a la formación de enlaces entre las cadenas adyacentes del polímero del alginato; particularmente se realiza un intercambio de iones sodio por cationes divalentes o trivalentes. La cuarta se basa en la propiedad de formar películas.

En cuanto a la capacidad gelificante de los alginatos, la cual se usa ampliamente, se sabe que la formación del gel se inicia a partir de una dispersión de sal de alginato y una fuente de calcio externa o interna, desde donde el ion calcio se difunde hasta alcanzar la cadena polimérica. Como consecuencia de esta unión se produce un reordenamiento estructural en el espacio, resultando en un material sólido con las características de un gel (FUNAMI, 2009).



Fuente: CALVO, R. Miguel. (1991). Bioquímica de los alimentos. España. Editorial Acribia. <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azúcares/alginato.html>

Figura 4 Estructura química del Alginato.

En el siguiente capítulo se describe la metodología experimental que se llevó a cabo para la elaboración del Yogurt natural tipo griego, reducido en grasa con esferas sabor chocolate.



## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Desarrollar un yogurt natural tipo griego, con esferas de chocolate líquido encapsulado con alginato de sodio por medio de procedimientos experimentales, para evaluar su composición química y propiedades organolépticas.

#### **Objetivo particular 1**

Desarrollar esferas de chocolate líquido mediante esferificación simple con alginato de sodio y lactato de calcio.

#### **Objetivo particular 2**

Evaluar la calidad microbiológica del yogurt natural tipo griego con perlas de chocolate líquido encapsulado, acorde a la NOM-243-SSA1-2010 para corroborar el cumplimiento y garantizar la inocuidad de este.

#### **Objetivo particular 3**

Determinar la composición química proximal del yogurt natural tipo griego con perlas de chocolate líquido encapsulado mediante las técnicas oficiales (Humedad, Proteína, Carbohidratos, Grasa y Cenizas) marcadas en la normatividad vigente.

#### **Objetivo particular 4**

Realizar una evaluación sensorial del yogurt natural tipo griego por medio de un panel de 100 jueces no entrenados, para conocer la aceptación del producto.

### **2.2 Cuadro Metodológico**

A continuación, en la figura 5, se muestra el proceso experimental que se llevó a cabo para la realización del presente estudio. Cabe señalar que tanto los análisis microbiológicos, como los fisicoquímicos se realizaron aplicando técnicas oficiales. Los análisis microbiológicos se realizaron por duplicado y los fisicoquímicos por triplicado. La evaluación de la fórmula seleccionada se realizó con 100 consumidores potenciales.

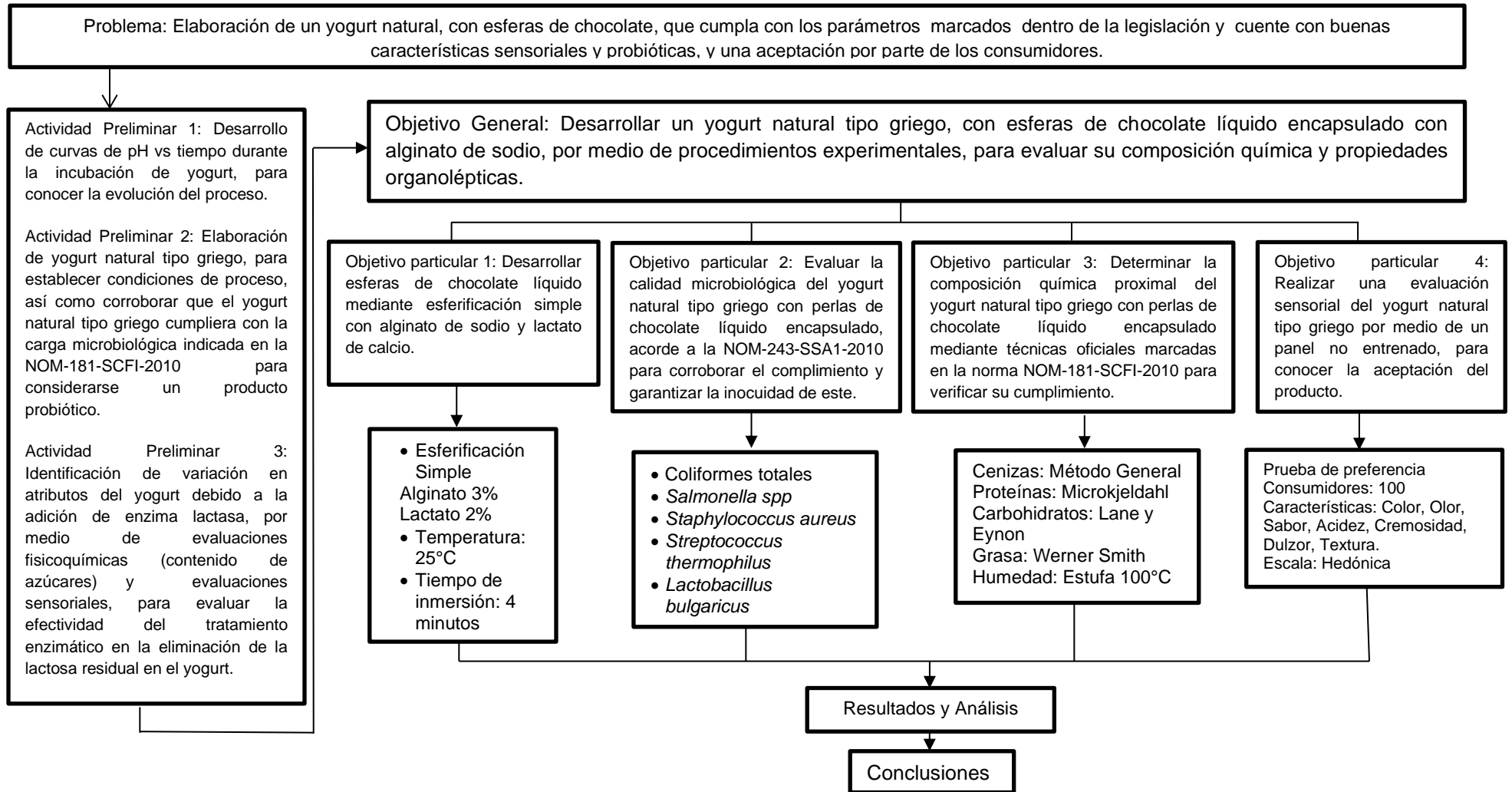


Figura 5. Cuadro metodológico empleado para la elaboración del Yogurt natural tipo griego.

## 2.3 Desarrollo experimental

En seguida, se describen las actividades, procedimientos y técnicas realizadas experimentalmente para el cumplimiento de los objetivos planteados dentro de este estudio.

### 2.3.1 Actividades Preliminares

**Actividad Preliminar 1:** Desarrollo de curvas de pH vs tiempo durante el tiempo de incubación, con y sin proceso de calentamiento, para conocer la evolución de fermentación de la leche.

Para esta actividad se utilizó leche comercial entera y deslactosada Alpura.

El seguimiento de la fermentación láctica en el yogurt se realizó a través de medición de pH (con un potenciómetro marca Conductronic calibrado con buffers a pH 4 y pH 7) y la evaluación sensorial del producto por medio de 16 jueces no entrenados (aparición, color, olor, desuerado, cremosidad).

El proceso de calentamiento se realizó elevando la temperatura de la leche a 90°C , con una parrilla de gas, durante 5 minutos antes de la estandarización, esto para que las proteínas de la leche estén disponibles al momento de la inoculación y el tiempo de incubación fuese menor.

Para evitar defectos de desuerado del yogurt, el pH final del producto fue de  $4.7 \pm 0.2$ .

**Actividad Preliminar 2:** Elaboración de yogurt natural tipo griego, para establecer condiciones de proceso, así como corroborar que el yogurt natural tipo griego cumpliera con la carga microbiológica indicada en la NOM-181-SCFI-2010 para considerarse un producto probiótico.

## Proceso de elaboración del yogurt tipo griego.

El proceso de elaboración del yogurt natural tipo griego se indica en la figura 6.

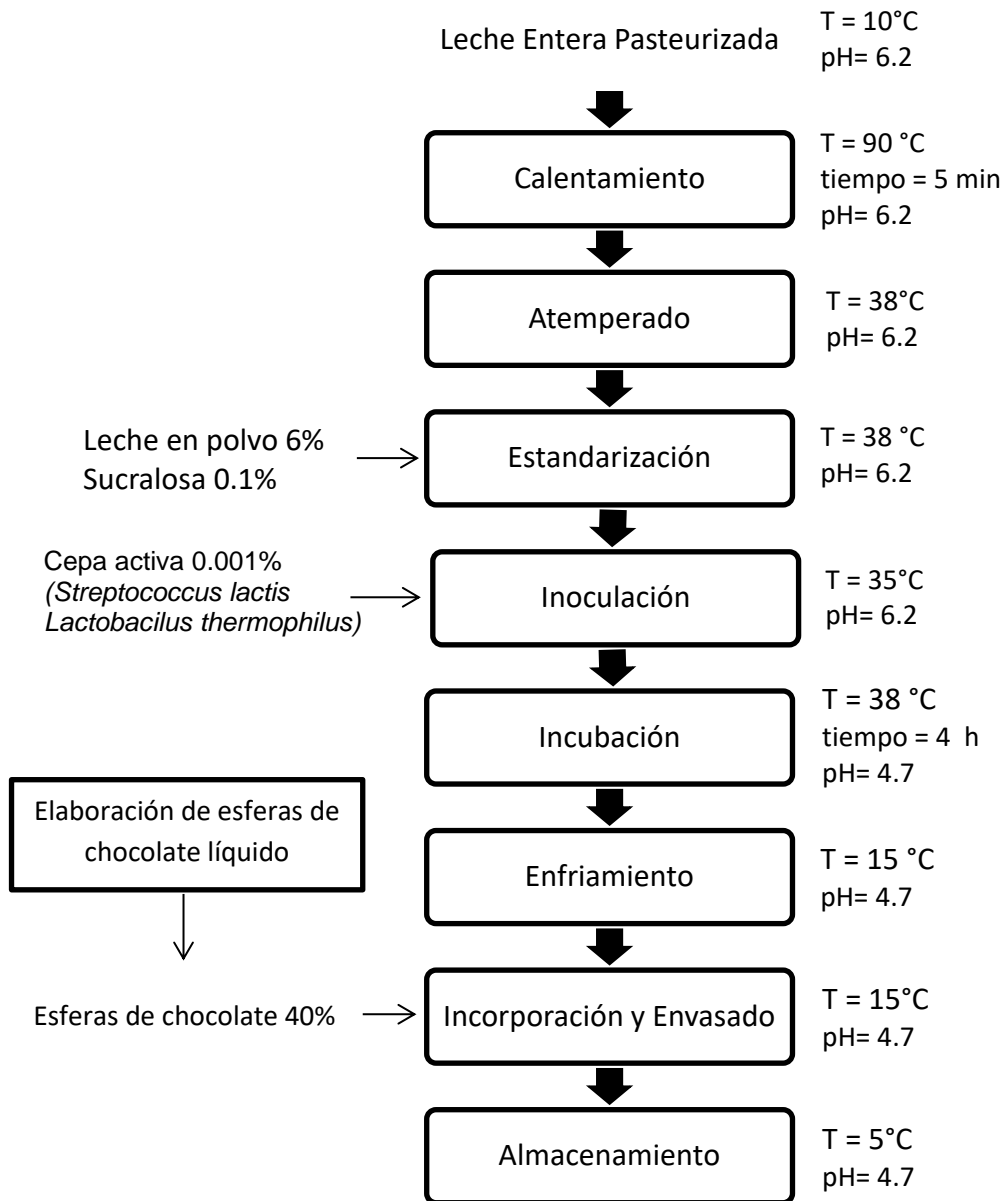


Figura 6. Proceso de elaboración de yogurt natural tipo griego con esferas de chocolate.

A continuación, se describe brevemente el diagrama de proceso del yogurt natural tipo griego.

- Calentamiento: El calentamiento a la leche se realizó para que las proteínas de la leche estuvieran disponibles y formarán el coágulo que le da la consistencia al yogurt (BADUI, 2006), este calentamiento se realizó elevando la temperatura de la leche a 90°C durante 5 minutos. Realizando un estudio de tiempo vs pH, se llegó a la conclusión que cuando se realizaba este proceso, la incubación del yogurt era de menor tiempo ya que alcanzaba el pH esperado en solo 3.5 horas y sin este calentamiento el tiempo de incubación llegaba hasta las 4.5 horas.
- Atemperado: Posteriormente se disminuyó súbitamente la temperatura de la leche a 38°C con ayuda de un baño maría de agua con hielo, esto para no afectar el proceso de inoculación e inhibir por temperatura a las bacterias ácido-lácticas del cultivo iniciador.
- Estandarización: Se le agregó el 6% de leche en polvo comercial Alpura para lograr estandarizar el contenido de grasa necesario para un yogurt, marcado en la NOM-181-SCFI-2010, e incrementar los sólidos totales para mejorar la textura del yogurt natural tipo griego.
- Inoculación: Con base a las recomendaciones del productor se utilizó una concentración de 0.001% del producto (*Streptococcus lactis* y *Lactobacillus thermophilus*) y el inóculo se pesó en una balanza analítica, se inoculó la leche con las bacterias ácido-lácticas (BAL).
- Incubación: Se llevó a incubación a una temperatura de 38°C y 4 horas, este parámetro de tiempo se fijó tomando en cuenta los resultados del estudio realizado previamente midiendo el pH del yogurt para evitar desuerado.
- Enfriamiento: Al término de la incubación, se retiró el yogurt de la incubadora y se sumergió en un recipiente con agua y hielo, para disminuir la temperatura a 15°C, de manera rápida y detener la fermentación.
- Incorporación de esferas y Envasado: Elaborado el yogurt y las esferas de chocolate por separado, se incorporaron estas últimas en el envase de 200g, donde se almacenó finalmente, en una proporción 60% de yogurt y 40% de esferas (120 g de yogurt y 80 g de esferas de chocolate). Para esto se tomó en cuenta el contenido de fruta con el que cuenta un yogurt tipo griego comercial, midiendo en proporción el yogurt natural y aparte la fruta.
- Almacenamiento: El yogurt se almacenó en un refrigerador a 5°C hasta su consumo.

**Actividad Preliminar 3:** Identificación de variación en atributos del yogurt debido a la adición de enzima lactasa, por medio de evaluaciones fisicoquímicas (contenido de azúcares) y evaluaciones sensoriales, para evaluar la efectividad del tratamiento enzimático en la eliminación de la lactosa residual en el yogurt.

### **Prueba fisicoquímica.**

Para conocer el contenido de azúcar residual (lactosa) del yogurt natural tipo griego se realizó la prueba de Lane y Eynon (NOM-155-SCFI-2003), conociendo así el contenido de los azúcares reductores directos. De las 2 muestras realizadas, una sin la adición de la enzima lactasa y la otra adicionando esta misma, por medio de esta prueba se conoció el contenido final del azúcar en ambos productos.

### **Evaluación Sensorial “Prueba Dúo-Trio”**

Se presentaron a los panelistas un set de 3 muestras para su evaluación en la prueba dúo-trío, de las cuales una de ellas estaba marcada como muestra de referencia con la letra “R” y dos muestras codificadas con números aleatorios de las cuales una de ellas era igual a la muestra patrón y la otra era diferente.

Se realizó la prueba a 16 jueces no entrenados, con el objeto de que los jueces identificaran de entre las 2 muestras cual era igual a la referencia, y saber si identificaban diferencias en el sabor por la adición de la enzima lactasa para reducir el contenido final de este azúcar en el yogurt natural tipo griego.

En la figura 7 se muestra el ejemplo de la prueba que se le realizó a los jueces para la identificación de la adición de la enzima lactasa al yogurt natural tipo griego.

Nombre:.....

Edad:..... Sexo: M F

Frente a ti se presentan dos muestras codificadas con los números 294 y 589, y una muestra referencia codificada como "R", pruebe las muestras e indique con una "x" cuál de las dos muestras es igual a la referencia.

294 \_\_\_\_

589 \_\_\_\_

Observaciones:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

GRACIAS!!! 😊

Figura 7 Prueba Dúo-Trio realizada a los jueces para la identificación de la adición de la enzima lactasa.

## 2.3.2 Objetivos Particulares

### Objetivo Particular 1

Para la realización del objetivo particular 1, se plantearon 3 concentraciones de alginato de sodio, las cuales eran de 0.5%, 1.0% y 1.5%. El proceso de elaboración de las esferas de chocolate líquido se indica en la figura 8.

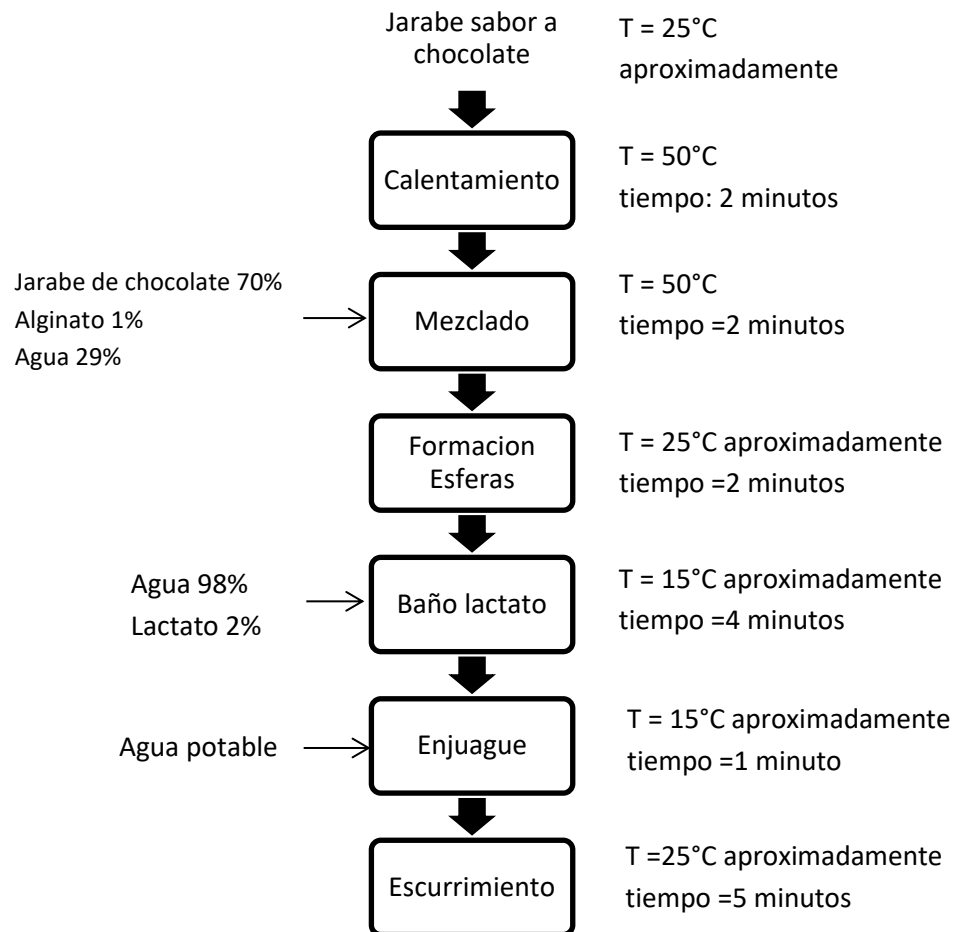


Figura 8. Diagrama de elaboración de esferas de chocolate líquido.

A continuación, se describe brevemente el diagrama de proceso de las esferas de sabor chocolate.



- Calentamiento: El chocolate se sometió a un proceso de calentamiento para que su densidad disminuyera y fuese más fácil mezclarlo con el agua y el alginato de sodio.
- Mezclado: En un vaso de precipitado de capacidad de 50 ml se vertió el chocolate líquido caliente, posteriormente se agregó alginato de sodio poco a poco para que no se formaran grumos y por último se le agregó agua para que el alginato de sodio se pudiera disolver completamente en el chocolate.
- Formación de las esferas: Para este proceso se utilizó una jeringa de 10 mL con la cual después de varios intentos se observó que fue con la que se formaban con mejor aspecto las esferas de chocolate.
- Baño con lactato: Se vertían gotas de chocolate lentamente en el lactato de calcio, el cual ya estaba disuelto en agua, se dejaban inmersas un periodo de 2 minutos, en este tiempo se observó que las esferas obtenidas con un diámetro de 7 mm, se formaban correctamente y no se rompía fácilmente la capa de gel que rodeaba al chocolate.
- Enjuague: Las esferas se dejaban reposar durante 1 minuto en un recipiente con agua para remover el exceso de lactato y que no siguiera gelificando.
- Escurrimiento: Con ayuda de una coladera se retiraban las esferas hasta que toda el agua sobrante escurriera (aproximadamente minuto y medio).

## Objetivo Particular 2

Para el cumplimiento del objetivo particular 2 se realizaron los análisis microbiológicos que la NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba, obliga a realizar en un yogurt, en la tabla 5 se mencionan los microorganismos a evaluar y los límites permitidos de cada uno de ellos en el yogurt.

**Tabla 5. Límites microbiológicos permitidos en el Yogurt.**

<b>Microorganismo</b>	<b>Permitido</b>
Coliformes Totales	10 UFC/g Máximo
<i>Salmonella spp</i>	Ausente en 25ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	<10 UFC/g Máximo
<i>Lactobacillus</i>	10 <sup>6</sup> UFC/g en suma Mínima
<i>Streptococcus</i>	10 <sup>10</sup> UFC/g en suma Mínima

NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, formula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Pág. 9.  
 Fuente: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5160755&fecha=27/09/2010)

contaminación, en otras palabras se llevó a cabo el uso de las Buenas Prácticas de Manufactura, como lo fueron la limpieza y desinfección de las áreas donde se manipuló la materia prima, lavado y sanitización de los utensilios con los que se elaboró el yogurt, el uso de bata, cofia, cubre bocas y guantes para el manejo de las materias primas y el producto, y en todo momento se mantuvo el área de trabajo sanitizada.

### Objetivo Particular 3

En la tabla 6 se mencionan los métodos de prueba que se aplicaron para el estudio del análisis químico proximal del yogurt natural tipo griego, con esferas de chocolate líquido. Todas las pruebas se realizaron por triplicado, para tener datos confiables.

**Tabla 6. Métodos de prueba para análisis proximal.**

<b>Componente</b>	<b>Método de prueba</b>	<b>Fuente</b>
<b>Cenizas</b>	Método General	NOM-155-SCFI-2003
<b>Proteínas</b>	Micro Kjeldahl	
<b>Carbohidratos</b>	Lane y Eynon	
<b>Grasa</b>	Werner Smith	NOM-086-SSA1-1994
<b>Humedad</b>	Estufa	NOM-181-SCFI-2010

## **Objetivo Particular 4**

### **Aceptación del producto**

Para conocer el nivel de agrado o desagrado que provoca el producto elaborado con consumidores se utilizó una escala no estructurada (también llamada escala hedónica) sin mayores descriptores que los extremos de la escala, en los cuales se puntualiza la característica de agrado. Esta escala debe contar con un indicador de punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de inferencia a la muestra (Watts, et al 1992).

La población elegida para la evaluación debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto del estudio. Estas personas no conocían la problemática del estudio, solamente recibieron las instrucciones a seguir para el desarrollo de la prueba y responder a ella.

La prueba se realizó con 100 jueces consumidores no entrenados, presentándoles una escala hedónica de 5 puntos. La muestra se proporcionó a cada juez codificada debidamente.

En la figura 9 se puede observar el cuestionario realizado a los jueces.

Nombre:.....

Edad:..... Sexo: M F

Frente a ti se presenta una muestra codificada con el número 194, pruebe la muestra e indique con una "x" el nivel de agrado de acuerdo con la escala que se presenta a continuación.

Me gusta mucho: \_\_\_\_

Me gusta: \_\_\_\_

Me es indiferente: \_\_\_\_

Me disgusta: \_\_\_\_

Me disgusta mucho: \_\_\_\_

Selecciona de acuerdo a tu preferencia.

¿Cada cuánto consume Yogurt?

1 vez a la semana    3 veces a la semana    Diario

¿Qué tamaño de presentación le gustaría encontrar en el mercado?

150ml                      200ml                      300ml

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un Yogurt con esferas sabor chocolate?

\$7.00                      \$9.00                      \$11.00

GRACIAS!!! 😊

Figura 9. Encuesta realizada para conocer aceptación del producto.

### Perfil del Producto.

Se realizó una prueba del perfil del producto con base en sus atributos, comparándolos con un yogurt natural tipo griego comercial, los cuales fueron olor, color, sabor, cremosidad, textura, y acidez, la prueba se realizó con un panel de 16 jueces no entrenados. Buscando un resultado donde el yogurt elaborado iguale o sobrepase los atributos del yogurt comercial.

Con base en los resultados obtenidos de este análisis, se encontró que se logró elaborar un yogurt tipo griego con características similares a las de un producto comercial.

En la figura 10 se muestra la prueba realizada al panel de jueces.

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_ Sexo: M F

**INSTRUCCIONES**

Frente a usted se presentan 2 muestras codificadas como 694 y 867, indique con una "X" de diferente color en la escala del 0 al 10, según sea el nivel de agrado del atributo a evaluar.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COLOR											
OLOR											
SABOR											
CREMOSIDAD											
DULZOR											
TEXTURA											
ACIDEZ											

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

\_\_\_\_\_

Figura 10. Evaluación realizada para el perfil del producto.

### 3 RESULTADOS Y ANALISIS

#### 3.1 Resultados actividades preliminares

##### 3.1.1 Tiempo de incubación de yogurt con respecto a pH

Para establecer el tiempo de incubación del yogurt natural tipo griego se realizaron diferentes pruebas midiendo el tiempo con respecto a la disminución del pH, con el objeto de establecer el mejor y más eficiente proceso de elaboración del mismo, se tomaron en cuenta diferentes factores, como por ejemplo utilizar leche comercial deslactosada Alpura y leche comercial entera Alpura, sometiendo a las 2 leches a un proceso de calentamiento previo al proceso y los resultados se muestran la figura 11.

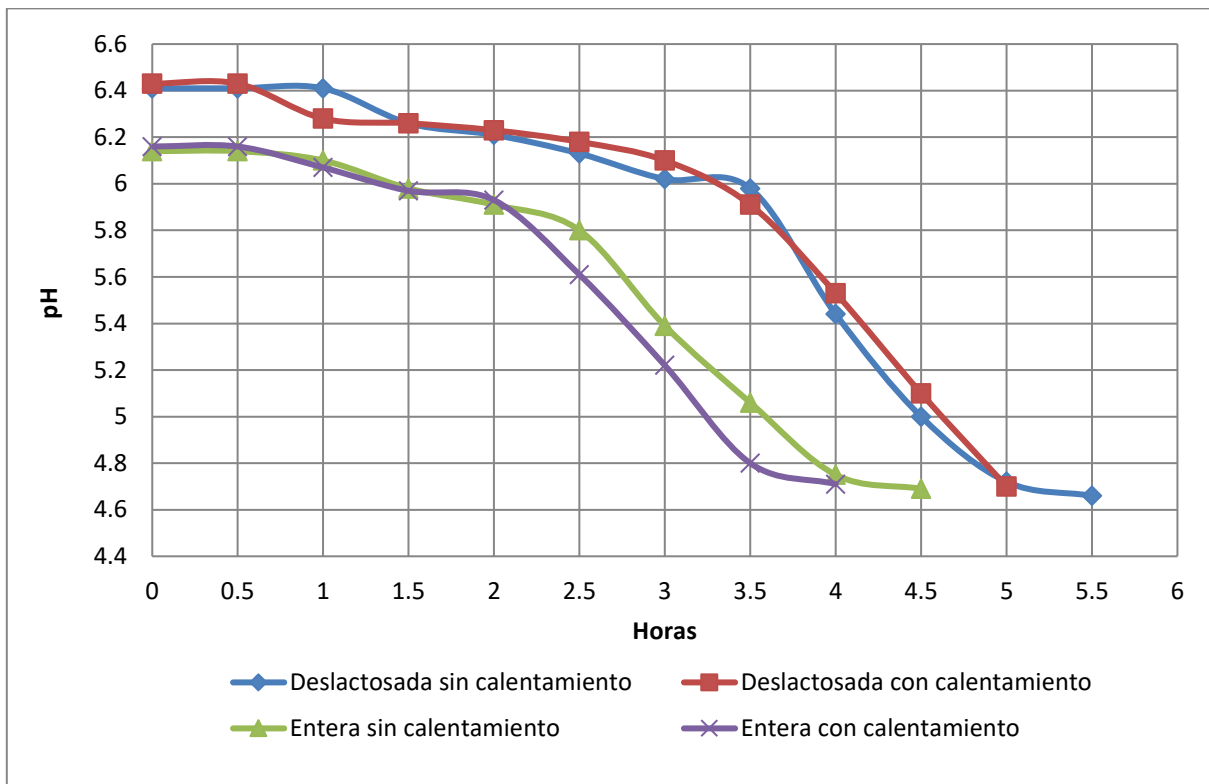


Figura 11. Evolución del proceso de incubación de yogurt natural tipo griego, pH vs tiempo.

Como se observa en la figura 11 el tiempo que tardó la leche en alcanzar el pH de 4.7, utilizando leche deslactosada con el proceso de calentamiento fue de 5 horas y sin el proceso de calentamiento fue de 5.5 horas, para alcanzar un pH de 4.7.

Con el uso de leche entera comercial Alpura se observa que el tiempo de incubación sin el proceso de calentamiento es de 4 horas, pero con el proceso de calentamiento disminuyo a 3.5 horas, para alcanzar un pH final de 4.7.

Se puede observar que el pH inicial en el caso de la leche deslactosada fue de 6.4 a diferencia que, al utilizar leche entera, el pH inicial fue más bajo, menor a 6.2.

Al emplear leche entera se observa que tardó 2 horas en que comenzara a disminuir el pH de manera continua y en el caso de la leche deslactosada tardo 3.5 horas para comenzar a disminuir el pH continuamente.

Posteriormente se planteó utilizar enzima lactasa para hidrolizar este azúcar presente en la leche entera, por lo que se realizó la comparación del tiempo de incubación, utilizando esta enzima en la leche entera y sin agregarla. En ambos casos, tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio y descritos en los párrafos 2 anteriores, se realizó el calentamiento previo al proceso de elaboración del yogurt natural tipo griego. Los resultados encontrados, se muestran en la figura 12.

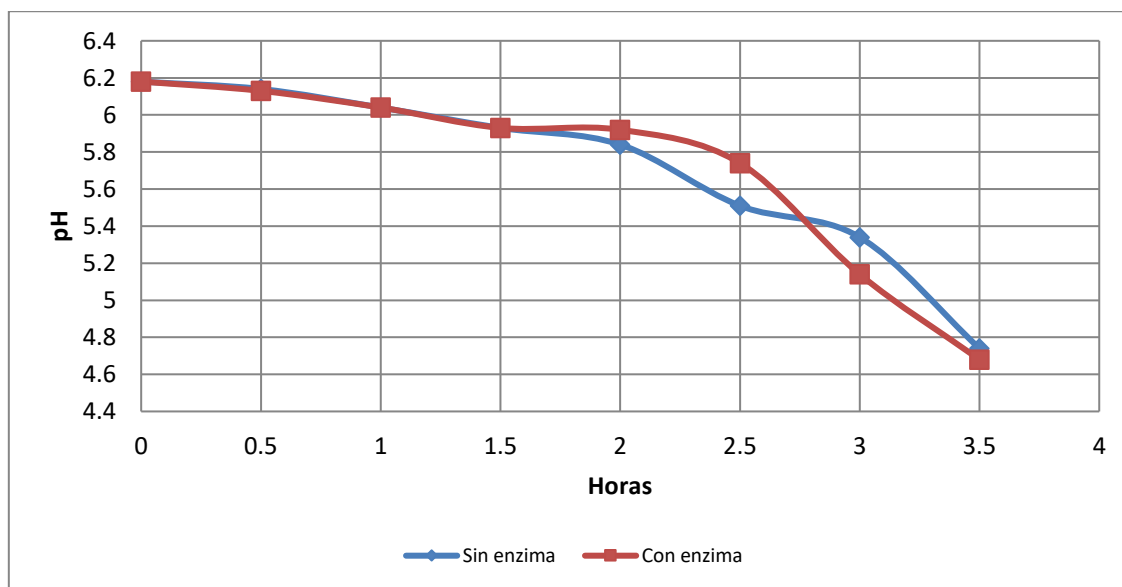


Figura 12. Tiempo de incubación del yogurt natural tipo griego con leche entera usando enzima lactasa.

Como se puede observar en la figura anterior, el tiempo que tardan en llegar al pH establecido, es el mismo si se usa o no la enzima lactasa, en ambos casos el proceso tardo 3.5 horas. De esta prueba se puede concluir que el tiempo de incubación no se vio afectado con el uso de esta enzima, pudiendo así ahorrar recursos en el proceso de elaboración de yogurt natural tipo griego.

Ambos procesos partieron con un pH inicial de 6.2, pero en el caso del yogurt natural tipo griego adicionado con la enzima, a las 2.5 horas comenzó a disminuir el pH continuamente, y en el caso del yogurt natural tipo griego sin la enzima no es tan notable la disminución, sino hasta haber transcurrido 3 horas.

### 3.1.2 Formulación final del yogurt natural tipo griego.

Posteriormente de elegir el tipo de leche con la cual se realizó el yogurt natural tipo griego, y las concentraciones de cada uno de los elementos que lo componen se estableció una formulación, la cual se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Formulación de Yogurt natural tipo griego.**

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Leche entera	93
Leche en polvo	6
Sucralosa	0.1
Cepa activa	0.001

El uso de la sucralosa fue para darle al yogurt obtenido un sabor más dulce y agradable para el consumidor equivalente al dulzor de los yogurts comerciales.

### 3.1.3 Contenido final de azúcares reductores directos y totales en el yogurt natural tipo griego.

#### 3.1.3.1 Resultado Prueba fisicoquímica

Para esta prueba se aplicó la técnica de Lane y Eynon, para conocer el contenido residual de lactosa al final del proceso, con la elaboración de yogurt adicionando enzima lactasa y yogurt sin esta enzima, y los resultados finales de esta prueba se muestran en la tabla 8.

**Tabla 8. Contenido residual de azúcar del Yogurt con y sin enzima lactasa.**

<b>Yogurt</b>	<b>Contenido final (%)</b>
Con enzima	1.1
Sin enzima	1.2

--



Como se puede observar en la tabla anterior no existen diferencias de importancia en el contenido de lactosa final residual en el yogurt, en ambos casos se llegó al mismo contenido de lactosa residual, lo que no justifica la adición de esta ya que es un costo adicional en el proceso.

### 3.1.3.2 Resultado prueba Dúo-trío

Para evaluar si los consumidores eran capaces de detectar diferencias entre los productos obtenidos con adición de lactasa y sin adición, se realizó una prueba Dúo-trío con 16 jueces, empleando como referencia al yogurt con la enzima con el código 589 y el yogurt sin enzima con el código 294, teniendo como resultado que la mayoría de los jueces no identificaron diferencias organolépticas sensibles entre las 2 muestras, como se muestra en la figura 13.

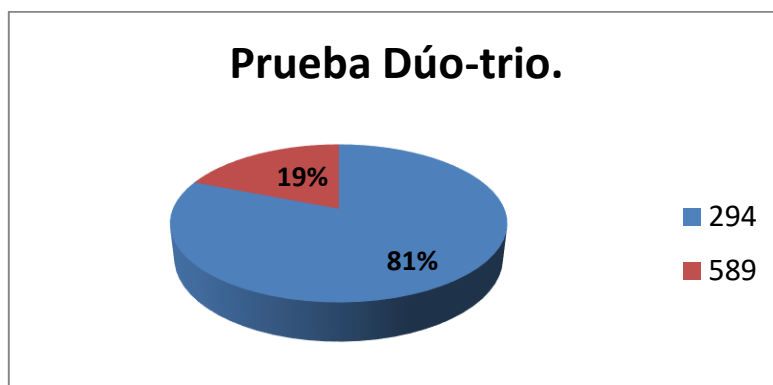


Figura 13. Prueba Dúo-trío para identificación de enzima lactasa.

Como se observa en la figura anterior el 81% de los jueces no lograron identificar diferencias entre los productos obtenidos con y sin adición de enzima lactasa. Para garantizar este resultado se realizó un análisis estadístico de Ji cuadrada el cual arrojó como resultado que no había una diferencia significativa.

Los resultados obtenidos, sugieren que al no haber detectado diferencias entre el Yogurt con lactasa, o sin lactasa, reforzado por el análisis estadístico que demostró que no existen diferencias significativas entre las muestras, aunado a que la lactosa residual en ambos productos es de 1.1% y 1.2%, el adicionar lactasa en el proceso, para hidrolizar lactosa del Yogurt únicamente conducirá a un incremento en el costo del producto, las enzimas propias de las cepas empleadas tienen el mismo efecto que el tratamiento enzimático.

## 3.2 Resultados de Objetivos Particulares

Para el desarrollo del presente proyecto se cubrieron Objetivos Particulares planteados al inicio, enseguida se muestran los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

### 3.2.3 Resultados Objetivo Particular 1

Después de realizar la esferificación inversa, la esferificación normal, y distintas formulaciones para las esferas de chocolate, en un proceso de prueba y error se determinó la esferificación normal y la formulación con la cual las esferas de chocolate líquido, el gel que cubría al chocolate líquido fuese lo suficientemente resistente al manejo de las mismas, donde las esferas tuvieran buena apariencia y no se aglomeraran y el chocolate dentro no se gelificara, se llegó a la formulación que se muestra a continuación en la tabla 9.

**Tabla 9. Formulación para la elaboración de las esferas de chocolate líquido.**

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Jarabe de chocolate	70
Alginato de Sodio	1
Agua	29

Se utilizaron diferentes tipos y marcas de jarabe de chocolate (Hersheys, Hersheys Light, Great Value, Cacao Hersheys soluble) hasta determinar que el jarabe Hersheys Light era con el cual las esferas de chocolate presentaron una apariencia brillante y una forma esférica definida y con estabilidad interna, sin llegar a gelificar el producto dentro. Se eligió el jarabe mencionado debido a su bajo contenido graso, y poca dificultad para la encapsulación. Se probaron diferentes concentraciones de alginato (0.5%, 1%, 1.5%), si se empleaba una concentración baja de alginato, las esferas no contaban con una forma regular y homogénea y la capa de gel formada era demasiado frágil, quebrándose durante su manipulación. Si se añadía alginato a concentraciones altas, después de un lapso, el chocolate líquido que se encontraba dentro de las esferas comenzaba a gelificar.

De igual manera que con las esferas de chocolate, para el baño de lactato se propusieron diferentes concentraciones (1% y 2%), observándose que a una concentración de 1% no se formaban correctamente las esferas de chocolate, ya que la capa de gel que se formaba no tenía la tensión suficiente para mantener una forma esférica deseada, y al elevar la concentración al 2% de lactato, las esferas obtenían

una apariencia consistente y sólida. En la tabla 10 se muestra la formulación empleada en el baño de lactato que se considera es la concentración con la cual se esferifica mejor el chocolate.

**Tabla 10. Formulación para el baño de lactato.**

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Agua	98
Lactato de Calcio	2

### 3.2.4 Resultados Objetivo Particular 2

A continuación, en la tabla 11 se muestra los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas realizadas al yogurt natural tipo griego con las esferas de chocolate líquido.

**Tabla 11. Resultados de pruebas microbiológicas.**

<b>Análisis</b>	<b>Técnica</b>	<b>Resultado</b>	<b>NORMA</b>
<b>Coliformes Totales</b>	Cuenta en placa	Ausente	NOM-243-SSA1-2010
<b><i>Salmonella spp</i></b>	Presencia	Ausente	
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	Cuenta en placa	Ausente	

De los resultados de la tabla 10, se puede observar que la calidad microbiana del producto y su inocuidad son excelentes, ya que no se encontró ningún crecimiento de colonias en los medios utilizados en las pruebas, cumpliendo con los requerimientos en forma adecuada las especificaciones marcadas en la NOM-243-SSA1-2010. Esto garantiza que el yogurt natural tipo griego elaborado en el laboratorio, no presentó ningún peligro para la salud y es apto para consumo. Cada una de las pruebas se realizó por duplicado.

En la tabla 12 se reportan los resultados obtenidos del conteo de las bacterias ácido lácticas (BAL) *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, obteniendo un resultado por encima de lo que la norma NOM-181-SCFI-2010 específica en el Yogurt tipo griego, esto nos habla de que se logró elaborar un yogurt con buenas propiedades probióticas, ya que de acuerdo a la NOM-181-SCFI-2010, un probiótico debe contener

como mínimo  $10^7$  UFC/g de la suma de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* viables.

**Tabla 12. Resultado de presencia de bacterias ácido-lácticas en el Yogurt tipo griego.**

<b>Análisis</b>	<b>Técnica</b>	<b>Resultado</b>	<b>NORMA</b>
<b><i>Streptococcus thermophilus</i></b>	Cuenta en placa	2.56 x $10^{10}$ UFC	NMX-F-703-COFOCALEC-2012
<b><i>Lactobacillus bulgaricus</i></b>	Cuenta en placa	1.4 x $10^9$ UFC	

Como puede observarse de los resultados marcados en la tabla 11, la cuenta de *Streptococcus thermophilus* es de  $2.56 \times 10^{10}$  UFC en el momento del análisis del producto, de acuerdo con lo indicado en la norma NMX-F-703-COFOCALEC-2012 el producto rebasa la concentración de  $10^{10}$  en suma mínima indicada en esta, con lo cual el producto puede considerarse un probiótico.

En el caso de *Lactobacillus bulgaricus* el resultado obtenido después del conteo en placa fue de  $1.4 \times 10^9$  UFC cumpliendo de la misma manera con lo marcado por la norma NMX-F-703-COFOCALEC-2012 la cual es de  $10^6$  UFC en suma mínima.

### 3.2.3. Resultados Objetivo Particular 3

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico proximal del yogurt natural tipo griego, comparados con la composición de un yogurt natural tipo griego comercial, se puede observar diferencia en todos los componentes. Los análisis que se realizaron al producto mostraron un coeficiente de variación menor a 10%, lo que indica que los resultados obtenidos en la experimentación son confiables y de las determinaciones se realizaron por triplicado.

**Tabla 13. Resultados de análisis químico proximal.**

<b>Componente</b>	<b>Experimental (%)</b>	<b>Comercial (%)</b>
<b>Humedad</b>	82.39 ± 0.15	73
<b>Cenizas</b>	0.8±0.01	*NR
<b>Grasa</b>	3.38±0.20	11
<b>Carbohidratos</b>	6.55±0.01	4.1
<b>Proteínas</b>	8.00±0.38	10.2

\*NR. Valor no reportado en la etiqueta nutrimental

De la tabla anterior se observa que la humedad del yogurt elaborado fue de 82% y esta es mayor al 73% de yogurt comercial, Esto puede deberse a la adición de las esferas de chocolate líquido que aportaron humedad al producto terminado.

En valor de las cenizas obtenido experimentalmente fueron de 0.8%, dato que no se puede comparar con el contenido de cenizas de un yogurt tipo griego comercial, ya que no se tiene reportado en la etiqueta de contenido nutrimental.

En cuanto al contenido de grasa, se puede observar que el yogurt elaborado contiene un valor 7.62% menor al del yogurt comercial, debido a esto, se podría considerar un producto bajo en grasa y esto resulta benéfico desde un punto de vista nutrimental. Lo anterior, se mencionó, debido a que para considerar un producto como bajo en grasa, de acuerdo con la NOM-181-SCFI-2010, este debe contener un máximo de 15% y el yogurt natural tipo griego elaborado contenía 8%.

Los carbohidratos del yogurt elaborado son mayores con respecto a contenido de carbohidratos del yogurt comercial, esto se debe a la adición de las esferas de chocolate líquido que contiene de acuerdo con su etiqueta nutrimental posee 32% de azúcares, y al haber adicionado 40% de esferas de chocolate al producto terminado, se incrementó en un 5.5% el contenido de azúcares en este, ya que al ser analizado este parámetro sin esferas de chocolate resultó con un valor de 1% de carbohidratos. De no haber agregado el edulcorante y las esferas de chocolate, el resultado que se hubiera obtenido hubiese sido menor.

Con respecto al resultado final de la proteína que es de un 8% se puede observar que es menor con respecto al valor del yogurt comercial que cuenta con 10.2%. La NOM-181-SCFI-2010 apunta que el contenido mínimo que un yogur debe obtener es de 2.9% y se está 5.1% por encima de este valor, así que se puede definir al yogurt elaborado como un yogurt con un alto aporte nutrimental. El que contenga menos proteína que el producto comercial, se explica por la adición de las esferas, que, no contienen proteína en su formulación, donde el chocolate líquido empleado en la elaboración de las esferas reporta en etiqueta 0.78 % de proteína y al evaluar el contenido de proteína en el producto, la adición de 40% de esferas redujo proporcionalmente el contenido de proteína en el producto final.

### 3.2.4. Resultados objetivo particular 4

#### 3.2.4.1 Resultados de la Evaluación sensorial

Los resultados de las pruebas sensoriales realizadas al yogurt natural tipo griego indican que el producto elaborado en el laboratorio es de aceptación por el público. Y también logrando la similitud del yogurt natural tipo griego elaborado en el laboratorio con un yogurt natural tipo griego comercial.

##### 3.2.4.1.1 Resultados de la Aceptación del producto.

Los resultados obtenidos en la prueba hedónica realizada con 100 consumidores se pueden observar a continuación en las siguientes gráficas.

En la figura 14 se muestra el nivel de agrado del yogurt natural tipo griego con esferas de chocolate. Se puede observar que el producto es aceptado por la mayoría del público encuestado, ya que con el 63% de gente que le gusta y el 15% de gente que afirma que les gusta mucho, indica una aceptación del producto de un 78% y únicamente un 5% de los encuestados indicaron rechazo por el producto.

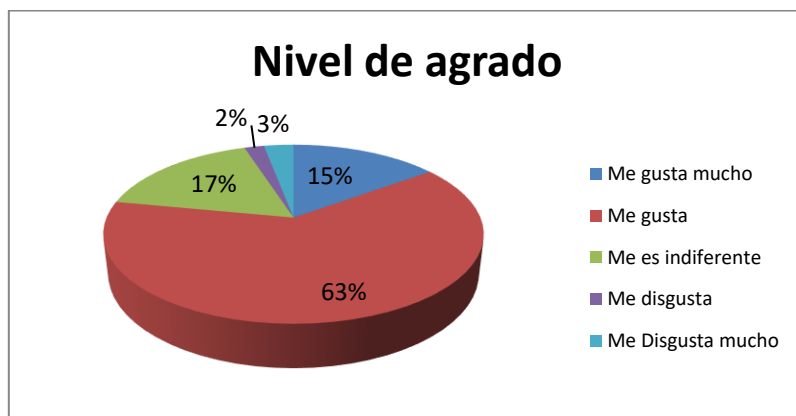


Figura 14. Nivel de agrado del Yogurt.

Lo anterior, muestra que se logró cumplir con el objetivo de desarrollar un producto innovador que fuese aceptado por la mayoría de una población encuestada.

En la figura 15, se muestran los resultados de la frecuencia de consumo por parte de los consumidores.

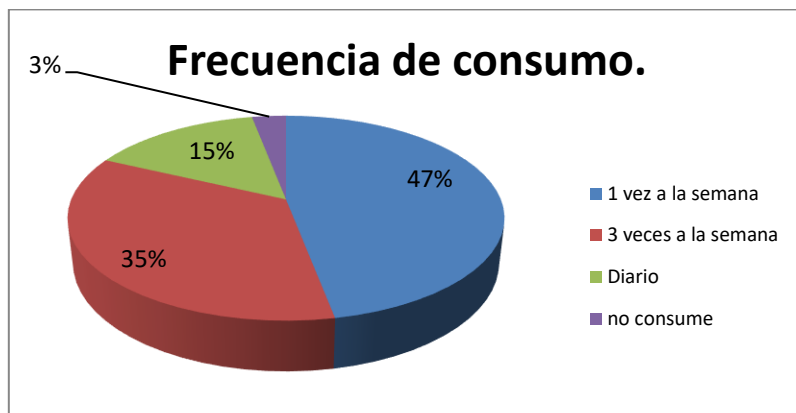


Figura 15. Frecuencia con la que consumen Yogurt.

La figura 15 muestra que un 47% de los encuestados consume yogurt 1 vez a la semana, y un 35% consume 3 veces a la semana, teniendo así el resultado que un 82% consume yogurt mínimo 1 vez a la semana y solo el 3% no consume yogurt, lo cual denota que el producto elaborado en el presente estudio tiene potencial al ser una variante para los consumidores, que lo consumen en general de 1 a 3 veces por semana.

En la figura 16 se indica el tamaño de presentación del yogurt que sería del agrado por los consumidores.

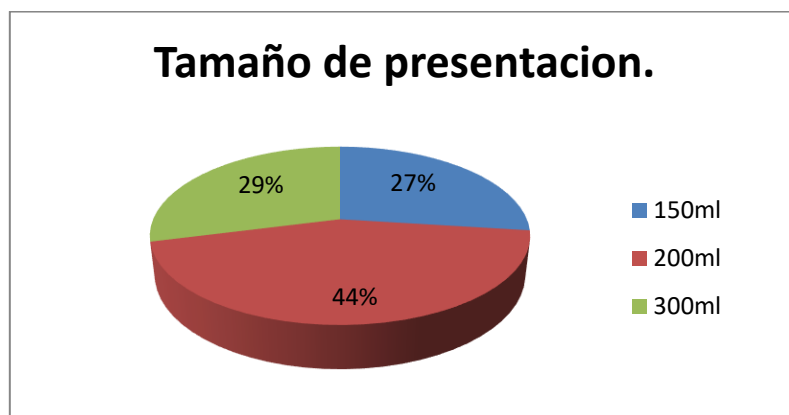


Figura 16. Tamaño de presentación del Yogurt.

Al 44% de los encuestados prefieren una presentación de 200 ml, está siendo una porción que para ellos es suficiente. Solo el 27% de los encuestados indico que prefieren una presentación de 150ml y el 29% una presentación de 300ml argumentando que si hubiera una presentación de mayor volumen la escogerían ya que el yogurt es un alimento muy saludable y con buenas propiedades nutricionales.

La figura 17 muestra el precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar por un yogurt tipo griego con esferas de chocolate.

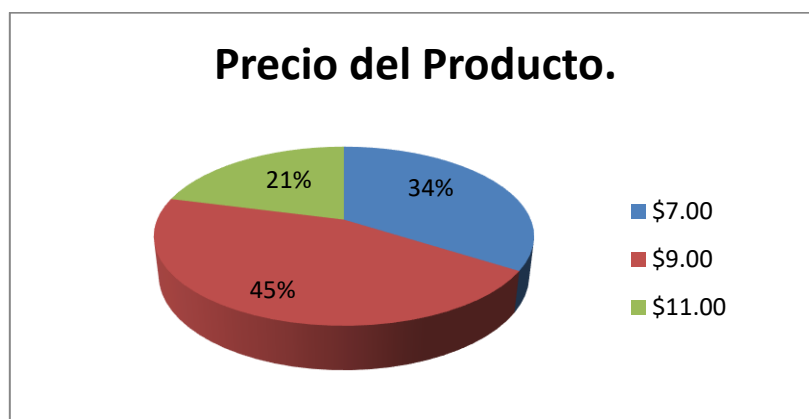


Figura 17. Precio del Yogurt que estaría dispuesto a pagar.

El 45% de los encuestados indicaron que pagarían por el producto \$9.00 por en su presentación de 200ml, el 34% indicó que pagarían \$7.00 por la misma presentación, pero solo el 21% indicó que pagarían \$11.00 para esa misma presentación, este segmento de los encuestados argumentó que por ese precio preferirían una presentación de 300ml.

El consumo y agrado del yogurt natural tipo griego son favorables para su desarrollo gracias a los resultados obtenidos en este análisis.

#### 3.2.4.1.2 Resultados del Perfil del Producto.

El resultado de la prueba de atributos llevada a cabo con 16 jueces no entrenados del producto elaborado con un yogurt tipo griego comercial, para conocer las propiedades sensoriales, obteniendo los siguientes resultados expresados en una gráfica de telaraña.



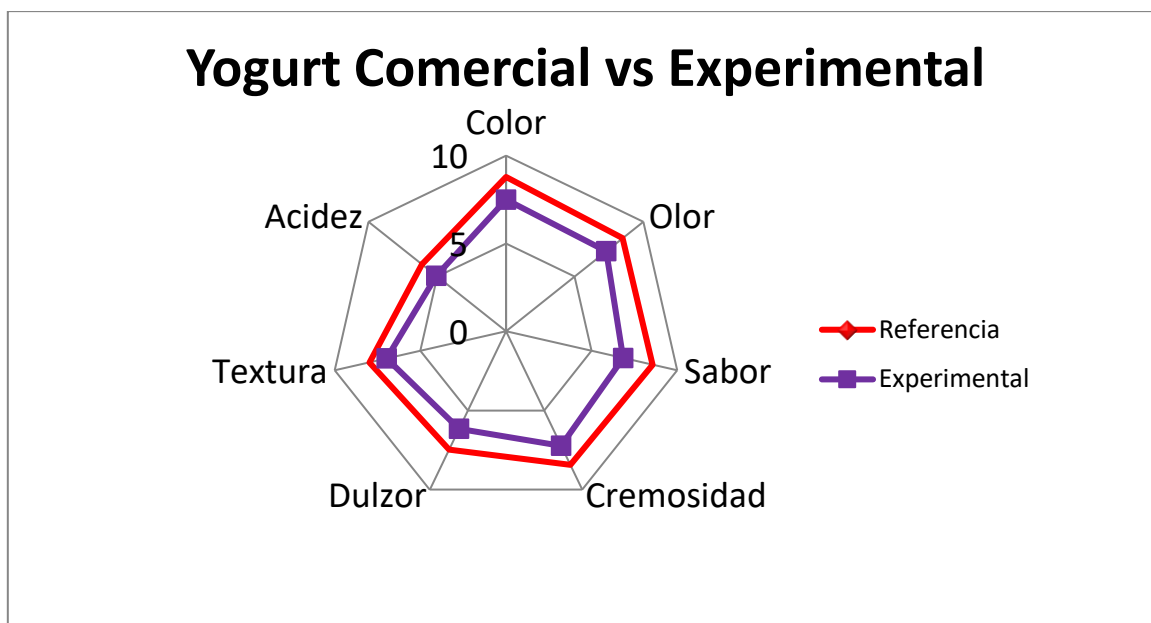


Figura 18. Análisis del perfil de atributos sensoriales del yogurt experimental vs yogurt comercial.

En la figura 18 se observa que ambos yogures siguen el mismo comportamiento, pero el yogurt comercial tuvo mayor aceptación en todos los atributos evaluados, dándonos una idea de cómo poder mejorar el yogurt elaborado, para incrementar su aceptación.

A continuación, en la tabla 14 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado, entre ambas muestras se encontró que no hay diferencia significativa entre ellas, y su desviación estándar es menor a 1, esto nos asegura que los datos son correctos.

**Tabla 14. Resultado Diferencia entre muestras.**

Diferencia entre muestras		
Atributos	Yogurt Experimental	Yogurt Comercial
COLOR	7.5 ± 0.8	8.8 ± 0.7
OLOR	7.3 ± 0.7	8.5 ± 0.9
SABOR	6.8 ± 0.9	8.5 ± 0.6
CREMOSIDAD	7.3 ± 0.7	8.4 ± 0.6
DULZOR	6.3 ± 0.9	7.5 ± 0.8
TEXTURA	7.0 ± 0.8	7.9 ± 0.7
ACIDEZ	5.4 ± 0.6	6.4 ± 1.0

Entre los atributos con menor aceptación en el Yogurt experimental, se encuentran la acidez, el dulzor y el sabor, los cuales están por debajo de un valor de 7, reflejándose de igual manera para el Yogurt comercial, la acidez y el dulzor como los atributos con menor valor por debajo de 8.

Mientras que los atributos mejor evaluados para el Yogurt experimental fueron, el color, el olor y la cremosidad por encima de un valor de 7 y para el Yogurt comercial fueron el color, olor y sabor con un valor igual o mayor de 8.5.

## 4 CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que:

- Para lograr elaboración del yogurt en un periodo de 3 horas, se sometió a la leche a un proceso térmico, antes de adicionarle de manera activa los cultivos de fermentación.
- Después del análisis microbiológico realizado se verificó que el yogurt realizado en el laboratorio es inocuo y apto para el consumo, libre de patógenos y microorganismos no deseados, fue elaborado bajo las Buenas Prácticas de Manufactura.
- El yogurt presenta buenas propiedades probióticas debido al resultado obtenido en la prueba para el conteo de bacterias ácido lácticas, que mostró *Lactobacillus bulgaricus*  $1.4 \times 10^9$  UFC y *Streptococcus thermophilus*  $2.56 \times 10^{10}$  UFC.
- Con base en los parámetros obtenidos en el análisis químico proximal, se aseguró el cumplimiento de las propiedades fisicoquímicas planteadas en la normatividad.
- De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que el yogurt natural tipo griego se puede realizar sin la necesidad de agregarle la enzima lactasa comercial empleada en el presente estudio para reducir el contenido de lactosa en el yogurt teniendo así un ahorro de dinero en el proceso de elaboración del yogurt natural tipo griego.
- El yogurt aumentó en contenido de carbohidratos debido a la adición de las esferas de chocolate. La grasa con respecto a un yogurt comercial no tiene una diferencia notable pero aun así se puede considerar como un producto reducido en grasa. La proteína contenida en el yogurt elaborado es alta con respecto a un yogurt tradicional comercial, con esto se puede sugerir y reportar que un yogurt tipo griego es alto en proteína y que es muy recomendable para un consumo como un alimento con buen aporte proteico.
- Para contrarrestar la acidez percibida en el yogurt, se adicionó sucralosa en baja concentración.

- De acuerdo con la evaluación sensorial realizada a 100 jueces, el yogurt natural tipo griego con esferas de chocolate líquido es aceptado y podría ser consumido en el mercado, la mayoría de los encuestados prefieren el yogurt en una presentación de 200ml a un precio de \$9.00 consumiéndolo mínimo una vez a la semana.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- ARANCETA Bartrina Javier, SERRA Majem Lluís. (2004). Leche, lácteos y salud. Editorial Médica Panamericana.
- BADUI, Salvador. (2006). Química de los alimentos. México: Pearson 2° Edición.
- BELITZ, Hans. GROSCH, Werner. (2012). Química de los alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 3° Edición.
- BALCÁZAR, Elizabeth (2011). Tesis de Posgrado: Elaboración y aplicación gastronómica del yogurt. Ecuador. Facultad de Ciencias de la Hospitalidad. Universidad de Cuenca.
- BROCK, Thomas D. (1991). Biology of microorganisms. UK. Prentice-Hall 6° edición
- CALVO, R. Miguel. (1991). Bioquímica de los alimentos. España. Editorial Acribia.  
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azúcares/alginate.html>
- CASTELLS *Pere*. (2008) La esterificación. Investigación y ciencia. Edición Española de Scientific American.  
<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-futuro-de-la-fsica-459/la-esferificacin-127>.
- FAO, (2001). Food and Agriculture Organization. Mercado de consumo de alginatos.  
<https://www.fao.org/docrep/field/003/AB483S/AB483S04>.
- GLIKSMAN, M. (1983) Food Hydrocolloids Vol 2. New York.
- HERNÁNDEZ, Alicia. (2003). Microbiología industrial. San José Costa Rica. Editorial Euned.
- HURTADO Arnaldo. (2016) Diario El Comercio. Perú.
- JARAMILLO, Z. (2007). Elaboración de yogurt simbiótico. Tesis para la obtención del título de Ingeniería en industrialización de alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de ingeniería.
- MADENE, A., J. Scher, and S. Desobry. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. International Journal of Food Science and Technology. 1-21.
- MANS Claudi (2011). La nueva cocina científica. Investigación y ciencia. Edición Española de Scientific American.  
<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/cristales-gigantes-536/la-nueva-cocina-cientifica-9191>

- MAYO, Baltasar (2010). “Productos lácteos del siglo XXI: conjugando tradición e innovación”. Jornada Anual de ACTA/CL. Valladolid: Editorial Acta/CL.
- MEYER Stephanie B., MEDINA-SOLÓRZANO Ada y J. DAHL Wendy. (2007). De compras para la salud: Yogurt Universidad de florida.
- MONTOYA S. (2009). Lácteos Funcionales: Haciendo más fácil una sana alimentación.
- NOM-155-SCFI-2012 **Norma Oficial Mexicana**, “Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba”
- NOM-086-SSA1-1994 **Norma Oficial Mexicana**, bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
- NOM-181-SCFI-2010 **NORMA Oficial Mexicana**, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.
- NOM-186-SSA1/SCFI-2013 **Norma Oficial Mexicana**, Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba.
- NOM-243-SSA1-2010 **Norma Oficial Mexicana**, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- NMX-F-703-COFOCALEC-2012 **Norma Mexicana**, Sistema producto leche-alimentos-lácteos-leche y producto lácteo (o alimento lácteo)-fermentado o acidificado-denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.
- NAZZARO F., Fratianni R., Coppola, A. (2009). Fermentative ability of alginate-prebiotic encapsulated *Lactobacillus acidophilus* and survival under simulated gastrointestinal conditions. Journal of Funcional Foods. 319-323.
- PARRA, Huertas Ricardo A. (2010). Revisión: Microencapsulación de alimentos. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, Colombia.
- RODRIGUEZ, Juan, M. (2006). Microorganismos y salud: Bacterias lácticas y bifidobacterias probióticas. Madrid España: Editorial Complutense S.A.
- RODRIGUEZ, Virginia A. (2008). Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra. Argentina. Facultad de ciencias agropecuarias.

- RYNNE M. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. *International Dairy Journal*.
- SALOFF-COSTE C. (1994). *Lactic Acid Bacteria*. World Newsletter. Danone. Issue 5.
- SILVIERA, M. Monereo, S. y Molina, B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima. ¿Cerca o lejos? *Revista española de salud pública*.
- SPREER, Edgar. (1991). *Lactología industrial*. Zaragoza, España. Editorial Acribia.
- SCHWADER Ashley. (2017). *Beneficios del Yogurt Griego*.
- Vázquez C., De cos A., López C. (2005). *Alimentación y nutrición; manual teórico-práctico*. España. Ediciones Diaz Santos.
- WATTS, B. Ylimaki, G. Jeffery, L. Elias, L. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Canadá. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo.
- YAÑES J., Salazar, L., Chaires, J., Márquez M., (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Revista Avance y Perspectiva*, 313-319.