



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**Efecto de la adición de Concentrado proteico de
suero de leche al 35% en el desarrollo de un yogurt
bebible bajo en calorías.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTAN

Ibáñez Ramírez Itzel Nayeli

Martínez Hurtado Zaira Istar

ASESOR: Dra. Sara Esther Valdés Martínez

COASESOR: Dra. Carolina Moreno Ramos

Cuautitlán, Izcalli, Estado de México, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNAM- Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©.

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTÁZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Efecto de la adición de Concentrado Proteico de suero de leche al 35% en el desarrollo de un yogurt bebible bajo en calorías.

Que presenta la pasante: Itzel Nayeli Ibáñez Ramírez

Con número de cuenta: 303023847 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 06 de Febrero de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
VOCAL	I.A. Patricia Muñoz Aguilar	
SECRETARIO	M. en C. María Guadalupe Amaya León	
1er. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	
2do. SUPLENTE	Dra. María Elena Pahua Ramos	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**



**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Efecto de la adición de Concentrado Proteico de suero de leche al 35% en el desarrollo de un yogurt bebible bajo en calorías.

Que presenta la pasante: **Zaira Istar Martínez Hurtado**
Con número de cuenta: **408073565** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 06 de Febrero de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
VOCAL	I.A. Patricia Muñoz Aguilar	
SECRETARIO	M. en C. María Guadalupe Amaya León	
1er. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	
2do. SUPLENTE	Dra. María Elena Pahua Ramos	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

DEDICATORIAS

A mis padres, por estar siempre presentes. Ustedes dieron cimientos de la persona que soy ahora. Les doy gracias por sus palabras de aliento, regaños, críticas y ejemplo que han inculcado en mi durante muchos años.

A mis suegros y cuñadas, por el apoyo infinito, les agradezco por regalarme varios años de su vida para poder lograr terminar mis estudios y por el amor que me han brindado, considerándolos ahora, como mi segunda familia.

A mi esposo, por su apoyo incondicional hasta la actualidad. Nunca me dejo caer, fue la persona que más soporte me dio en esta etapa de mi vida. Siempre se lo agradeceré y nunca olvidare tanto que ha hecho por mí.

A mi hija por ser mi mayor motivación para crecer en todos los aspectos. La carrera logró desarrollarme como persona, pero ella multiplico mi aprendizaje, logrando superar retos que nunca imaginé. Hija esto es por ti y para ti. Te amo.

A Itzel por acompañarme en esta experiencia, aprendimos juntas que, aun siendo mamás, esposas, estudiantes y mujeres de familia, pudimos superarnos y lograr concluir este proyecto de vida.

A la FESC-UNAM por la educación, los profesores, las aulas, los laboratorios, la biblioteca, las experiencias vividas, las amistades que se formaron. Gracias por la excelencia académica.

A mis asesoras Dra. Sara y Dra. Caro por el apoyo que siempre hubo, paciencia, aprendizaje y pasión transmitida por su profesión. A la M. Amaya por su soporte en la tesis. Mi gusto por la microbiología fue gracias a usted. Las quiero mucho.

Zaira Istar Martínez Hurtado

“La perseverancia no es una carrera larga; es una serie de carreras, una tras otra.”

Walter Elliot.

DEDICATORIAS

A mi madre, a la que sin duda dedico este trabajo, debido a que siempre ha sido mi apoyo incondicional, mi soporte, mi guía, mi amiga, y mi mejor crítico, gracias, no me cansare de agradecer por tanto y espero retribuir a todo lo que me has brindado, espero estar a la altura de toda tu grandeza, te amo mama.

A mi padre, porque ha creído en mí, gracias por que el apoyo que me dio en múltiples aspectos de mi vida me han hecho ser la persona que soy, y sé que siempre contare con el, en las buenas, en las malas y en las peores, sé que me ama y yo lo amo, y ese respaldo me llevo a tener confianza y certeza en las cosas que hago, gracias papa.

A mis hermanas, que siempre han estado ahí, que han sido mi gran fortaleza, que son mis confidentes, mis amigas, mi soporte, a esas mujercitas a las que agradezco la tranquilidad que me brindo el dejar en las mejores manos a una de las cosas que más amo en este mundo, gracias por todo, gracias siempre, las amo.

A mi esposo, gracias por los sacrificios hechos y el toque de humor que le imprimes a las cosas, gracias por estar ahí en todo este camino recorrido, gracias por ser necio y aferrado, ha sido un camino largo y empedrado, pero sin duda inicio contigo y ahora que ha concluido, estas a mi lado, gracias por esa bonita familia que formamos, que fue mi inspiración para no desistir y que ahora lo sigue siendo para lo que se viene.

A mis hijas, a Camila porque te toco compartir este camino tan largo conmigo mi amor, pero espero poder demostrarte que no hay pretextos, que si quieres puedes hacer las cosas, todo está en la determinación, espero que ahora puedas vivir los frutos de lo que cosecho mama para ti, sabes que te amo y este trabajo también te lo dedico a ti, por que fuiste la personita que me inspiro y me dio luz cuando el camino se hizo oscuro, te amo mi vida, a Victoria, llegaste cuando este andar estaba por concluir bebe, pero sin duda eres una lucecita que me dio la última bocanada de energía para finalizar, eres mi destellito de felicidad.

Hijas espero poder ser un ejemplo para ustedes, las amo y deseo que sean mujeres fuertes, inteligentes y capaces de hacer las cosas que se propongan, que nada las detenga en el camino que deseen tomar, yo estaré ahí siempre para apoyarlas y darles todo mi amor.

Por ultimo agradezco a todas las personas especiales que conocí en esta maravillosa universidad que me ha dado tanto, que si no fuera por esa brecha del destino mis hijas no estarían aquí, a mis amigas Gabriela, Yesica y Tete por hacer los momentos más llevaderos, por las risas, la nostalgia, los pleitos, por la amistad y el placer de haber compartido tanto, a mi compañera de tesis Zaira, por seguir esta constante lucha de concluir esto juntas.

A la Dra. Sara por sus atenciones, por el conocimiento que comparte y por su paciencia y cariño, a la Dra. Caro por la generosidad de regalarnos su tiempo.

Itzel Nayeli Ibáñez Ramírez

ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 Definiciones	2
1.2 Yogurt	4
1.2.1 Clasificación del yogurt	4
1.2.2 Proceso de elaboración del yogurt	5
1.2.3 Cultivos iniciadores	10
1.2.3.1 Cultivos liofilizados	11
1.2.4 Composición Química del yogurt	11
1.2.5 Propiedades Fisicoquímicas	12
1.2.6 Características Microbiológicas	12
1.2.6.1 Patógenos en el yogurt	13
1.2.7 Viscosidad	14
1.2.8 Valor nutritivo del yogurt	16
1.2.8.1 Lactosa	16
1.2.8.1.1 Proceso de reducción de lactosa	16
1.2.8.1.1.1 Mecanismo de Acción de la Enzima	17
1.2.9 Proteínas	18
1.2.10 Beneficios del yogurt a la salud	19
1.2.11 Defectos comunes en el yogurt	19
1.2.12 Vida de anaquel	21
1.2.12.1 Estimación de vida de anaquel	21
1.2.12.2 Objetivo de la evaluación de vida de anaquel	22
1.2.12.3 Vida de anaquel del yogurt	22
1.2.13 Producción y consumo del yogurt	22
1.3 Prebiótico	23

1.4 Inulina	23
1.4.1 Tipos de Inulina	25
1.5 Aditivos	26
1.5.1 Edulcorantes	26
1.5.2 Colorantes	27
1.5.3 Saborizantes	27
1.6 Suero de Leche	29
1.6.1 Tipos de Suero de Leche y su Composición Química	29
1.6.2 Aprovechamiento del suero de leche	31
1.6.3 Productos derivados del suero de leche	33
1.6.4 Aislados de proteína de suero de leche	35
1.6.5 Concentrado de proteína de suero de leche	35
1.6.6 Concentrado de proteína de suero de leche 35% (WPC 35%)	37
1.6.7 Proteínas del suero de leche y su influencia en la fortificación del yogurt.	38
1.7 Estudio de Mercado	39
1.7.1 Clasificación de un estudio de mercado	40
1.7.2 Tipos de estudio de Mercado	40
1.7.3 Etapas en la realización de un estudio de mercado	41
1.7.4 Metodología de recopilación de información	42
1.7.5 Elaboración de una encuesta de mercado	42
1.8 Evaluación Sensorial	43
1.8.1 Análisis sensorial para un yogurt	44
CAPÍTULO 2 DESARROLLO EXPERIMENTAL	45
2.1 Objetivos	46
2.1.1 Objetivo General	46
2.1.2 Objetivo Particulares	46
2.2 Cuadro Metodológico	48
2.3 Descripción del cuadro metodológico	49
2.3.1. Actividades preliminares	49

2.3.1.1 Evaluaciones al WPC 35%	49
2.3.1.2 Estudio de mercado	50
2.3.1.3 Elaboración de formulación base del yogurt	50
2.3.1.4 Desarrollo de formulaciones	51
2.3.1.4.1 Descripción del diagrama de proceso	53
2.3.2 Objetivos	55
2.3.2.1 Evaluaciones a las formulaciones propuestas	55
2.3.2.2 Análisis microbiológico	55
2.3.2.3 Prueba de Estabilidad	55
2.3.2.4 Análisis Sensorial de preferencia	56
2.3.3 Evaluaciones al producto desarrollado	56
2.3.3.1 Análisis Químico Proximal y Fisicoquímica	56
2.3.3.2 Análisis del proceso de reducción de lactosa	57
2.3.3.3 Determinación del aporte calórico	57
2.3.3.4 Evaluación de la viscosidad	58
2.3.3.5 Análisis sensorial de aceptación	58
2.3.3.6 Análisis de vida de anaquel	59
CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
3.1 Evaluaciones al WPC 35%	62
3.1.1 Análisis Microbiológico del WPC 35 %	62
3.1.2 Análisis Químico Proximal del WPC 35%	62
3.2 Análisis de Estudio de Mercado	65
3.3 Formulación Control	72
3.4 Evaluación de Formulaciones propuestas	72
3.4.1 Análisis microbiológico	73
3.4.2 Evaluación hedónica sensorial de preferencia	75
3.4.3 Prueba de estabilidad	77
3.5 Evaluaciones al producto desarrollado	79
3.5.1 Análisis químico proximal del producto desarrollado en comparación con un producto comercial	80

3.5.2	Análisis fisicoquímico	83
3.5.3	Deslactosado mediante la técnica de Fehling	83
3.5.4	Determinación del aporte calórico	84
3.5.5	Evaluación de la viscosidad en comparación con un producto comercial	84
3.5.6	Análisis sensorial de aceptación	86
3.5.7	Evaluación de vida de anaquel	89
3.5.7.1	Evaluación cinética de <i>L. bulgaricus</i> y <i>S. thermophilus</i>	89
3.5.7.2	Evaluación de pH y acidez	91
	CONCLUSIONES	93
	RECOMENDACIONES	96
	ANEXOS	97
	BIBLIOGRAFIA	101

Índice de Tablas

Tabla	Descripción	Página
1	Composición nutricional del yogurt natural entero	12
2	Especificaciones fisicoquímicas del yogurt	12
3	Defectos comunes en el proceso del yogurt	20
4	Principales colorantes utilizados en la industria mexicana	27
5	Composición química del suero de leche	30
6	Tecnologías de membrana y sus aplicaciones en el aprovechamiento de suero de leche.	33
7	Características de los productos derivados del suero de leche.	34
8	Composición química del WPC a diferentes porcentajes de proteína	35
9	Propiedades funcionales de las proteínas del suero de leche y de la leche	36
10	Comparativo de las proteínas del suero de leche y caseínas	37
11	Composición del concentrado de suero de leche al 35%	38
12	Principales objetivos para la realización de un estudio de mercado	39
13	Análisis microbiológico del WPC 35%	49
14	Técnicas para el Análisis químico proximal del WPC 35%	50
15	Formulación control de yogurt	51
16	Formulación de yogurt a 4 niveles de variación de WPC 35%	51
17	Análisis microbiológico a las formulaciones establecidas	55
18	Análisis químico proximal del producto desarrollado	57
19	Análisis fisicoquímico del producto desarrollado	57
20	Métodos de conteo de bacterias acidolácticas	59
21	Análisis microbiológico del WPC 35%	62
22	Análisis químico proximal WPC 35%	63
23	Formulación control en la elaboración de yogurt natural	72
24	Formulación de yogurt a 4 niveles de variación del WPC 35%	73

25	Análisis microbiológico de las formulaciones establecidas	74
26	Datos estadísticos para las formulaciones establecidas	77
27	Análisis químico proximal del yogurt desarrollado y del yogurt comercial	80
28	Análisis fisicoquímico del yogurt desarrollado	83
29	Determinación del porcentaje de lactosa antes y después de la adición de la enzima <i>B-galactosidasa</i>	83
30	Determinación de calorías a 50 g del producto desarrollado	84
31	Datos estadísticos para el yogurt desarrollado	87
32	Datos estadísticos para el yogurt comercial	87
33	Evaluación sensorial de aceptación del producto desarrollado	88

Índice de Figuras

Figura	Descripción	Página
1	Método de elaboración del Yogurt	6
2	Porcentaje de ácido láctico a diferentes temperaturas contra el tiempo de incubación	8
3	Bioquímica de la Fermentación del Yogurt	9
4	Curvas de flujo del yogurt	15
5	Degradación de lactosa	18
6	Estructura Química de la Inulina	24
7	Métodos de aprovechamiento del suero de leche y sus aplicaciones	31
8	Desarrollo de un estudio de mercado.	41
9	Diagrama de proceso de elaboración del producto desarrollado	52
10	Frecuencia de Consumo	64
11	Preferencia de tipo de yogurt.	65
12	Preferencia de Sabor.	66
13	Preferencia de presentación.	67
14	Factores de compra.	68
15	Preferencia de marca	70
16	Tendencia de posible compra	71
17	Escala promedio de agrado de las 4 formulaciones de yogurt con diferente concentración de WPC 35%	75
18	Pruebas de estabilidad a formulaciones propuestas	78
19	Comparativo de la viscosidad del yogurt adicionado con WPC 35% y el yogurt comercial	85
20	Evaluación sensorial de aceptación del yogurt desarrollado y el yogurt comercial.	88
21	Cinética de crecimiento de <i>L. bulgaricus</i> . y <i>S. thermophilus</i>	90
22	Relación pH-Acidez en la vida de anaquel del yogurt	91

RESUMEN

Actualmente las tendencias hacia el consumo de productos más equilibrados nutricionalmente hablando, se ha ido incrementando, exigiendo de la industria alimenticia la implementación y/o reformulación de productos cada vez más versátiles, que cumplan con las exigencias de consumo. Debido a esto, el proyecto que a continuación se presenta tiene como objetivo desarrollar un yogurt con variaciones en su composición para lograr diseñar un producto con alto aporte proteico, bajo en calorías y adicionado con fibra dietética, evaluando el efecto de la adición de concentrado proteico de suero de leche de tipo dulce, al 35% (WPC 35%) a la formulación, comparando las características tanto organolépticas como de composición química, con un producto comercial que asemeje las cualidades del yogurt desarrollado.

Para lograr diseñar un producto con las características descritas anteriormente, fue necesario elaborar una formulación base de yogurt para posteriormente sustituir los sólidos lácteos de la leche en polvo con el WPC 35% a diferentes niveles de concentración que van del 25%, 50%, 75% y 100%, dichas formulaciones fueron también modificadas con la finalidad de reemplazar el azúcar al 100% por inulina de agave en una concentración fija del 3%, debido a que proyectos previos realizados en el Taller sometidas a un análisis microbiológico para garantizar la inocuidad de los productos resultantes debido a que estos fueron sometidos a un análisis hedónico sensorial, en el cual participaron 100 jueces no entrenados, los cuales representaron una población con un rango de edad que va de los 18 a los 60 años, todos residentes del municipio de Cuautitlán Izcalli, en una proporción equivalente de género, la evaluación sensorial se realizó con el objetivo de seleccionar la formulación que haya adquirido mejores puntajes en cuanto a atributos como sabor, color, aroma, olor y consistencia característicos del yogurt. La formulación que obtuvo los mejores puntajes fue la que tuvo el 75% de nivel de sustitución, el seguimiento que se le dio a dicha formulación fue el siguiente, se evaluó mediante un análisis químico proximal, análisis sensorial de preferencia y análisis de viscosidad con fines comparativos frente a un producto comercial que sea similar en cuanto a las características del producto desarrollado, esto con el objetivo de determinar la competitividad y diferencias entre ambos productos, también se examinó la viabilidad de las bacterias acidolácticas que se incorporaron a la formulación seleccionada, las cuales fueron

Streptococcus thermophilus y *Lactobacillus bulgaricus* en una concentración de $1 \cdot 10^7$ UFC/ml y se realizó un monitoreo de pH y acidez para poder establecer la vida de anaquel, esto sin fines comparativos.

INTRODUCCIÓN

Diversas investigaciones han demostrado que el yogurt presenta 2 principales defectos estructurales de producto terminado, los cuales son la sinéresis y las variaciones en la viscosidad (Keogh y Kennedy, 1998). Los yogurts comerciales incluyen proteínas de leche en su formulación, con la intención de aminorar estos defectos y a su vez fortificar estos productos, la proteína de la leche en polvo descremada (caseína) es usada principalmente en elaboración de yogurt (Puvanenthian, 2002), ya que aumenta la viscosidad mejorando la textura del producto terminado (Mistry y Hassen, 1992), pero actualmente se han encontrado otras alternativas de proteínas lácteas, que ofrecen además propiedades funcionales de tipo gelificantes, estabilizantes, dispersantes, de solubilidad, retención de agua entre otras, al producto terminado, tal como la proteína de suero de leche que se obtiene como un subproducto de la elaboración de queso, al momento de precipitar la caseína.

Se ha demostrado que al sustituir parcial o completamente la leche descremada en polvo por proteínas de suero de leche, se obtiene un gel más estable, y se da la percepción de grasa al sabor del producto terminado, añadiendo el hecho de que estas proteínas tienen un valor biológico más elevado que la caseína, que es la proteína mayoritaria en la leche en polvo, creando así un producto con valor agregado, ya que se logra disminuir la cantidad de grasa, sin afectar el sabor, y se añaden proteínas de mayor calidad.

Aunado a esto, se sabe que actualmente 7 de cada 10 adultos sufren de obesidad en México, y 4 de 10 adolescentes (Ensanut, 2016), en contraste se sabe que el país presenta también un alto índice en desnutrición infantil teniendo cerca del 13.6% del total de la población (UNICEF, 2012), datos alarmantes y contrastantes, que hacen ver como una alternativa ante la industria alimentaria, la incorporación de nuevos productos que ofrezcan opciones nutritivas y saludables más equilibradas.

Por lo que se consideró en el presente proyecto, desarrollar un yogurt, el cual ha sido considerado ya por sí mismo, una opción nutritiva, balanceada y disponible en la dieta de los mexicanos, el cual fue modificado de tal modo que, se sustituye la proteína de la leche en polvo (Caseína), por proteína de suero de leche (Alfa-lactoalbúmina y Beta-lactoglobulina en su mayoría) que a diferencia tiene un valor biológico más elevado, debido a que contienen en

su composición aminoácidos esenciales que no están disponibles en la caseína, posee propiedades funcionales que favorecen las características estructurales finales del yogurt. Se eliminó la adición de azúcar para disminuir el aporte calórico, sustituyéndolo por sucralosa, e inulina de agave como agente de relleno, la cual aporta dulzor y adiciona fibra a la formulación final, teniendo así, un producto con modificaciones en su composición, que posee valor agregado, sin dejar de igualar las características organolépticas y texturales de un yogurt regular.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Definiciones

Alimento y bebida no alcohólica con modificaciones en su composición: Productos a los que se les han introducido cambios por adición, disminución o eliminación de uno o más de sus componentes, tales como hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales; como parte de la dieta habitual. (NOM-086-SSA1-1994)

Alimento funcional: Aquel que demuestra satisfactoriamente, que puede afectar de manera benéfica, una o más funciones en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales, de manera que sea relevante como una mejora, en el estado de salud y bienestar y reduzca el riesgo de enfermedad. (ILSI, 2008)

Leche: La secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluido el calostro (NOM-243-SSA1-2010).

Suero de leche: Líquido obtenido de la coagulación de la caseína de la leche, mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal, vegetal o microbiano, por la adición de ácidos orgánicos o minerales de grado alimentario; acidificación por intercambio iónico hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína. (NOM-243-SSA1-2010)

Concentrado de proteína de suero de leche: La sustancia obtenida por la eliminación de suficiente constituyente no proteico, a partir del suero de leche, para que el producto seco final contenga, no menos del 25% de proteína. (Código de Estados Unidos de Regulaciones Federales)

Yogurt: Es el producto obtenido de la fermentación de leche, estandarizada o no, por medio de la acción de microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subespecie bulgaricus*, y teniendo como resultado la reducción del pH. Aparté de los microorganismos característicos pueden adicionarse otros cultivos alternativos del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. (NOM-181-SCFI-2010)

Producto reducido en grasa: Es aquel cuyo contenido de grasa es al menos un 25% menor en relación al contenido de grasa del alimento original o de su similar NOM-086-SSA1-1994

Producto bajo en calorías: su contenido debe ser menor o igual a 40 calorías/porción. Cuando la porción sea menor o igual a 30 g, su contenido de calorías debe ser menor o igual a 40 cal/50 g de producto. NOM-086-SSA1-1994

1.2 Yogurt

El yogurt es un gel de apariencia viscosa, resultante de la acidificación microbiana de la leche. Intervienen en su fermentación ácido láctica las bacterias *Lactobacillus delbrueckii subespecie bulgaricus* y *Streptococcus subespecie thermophilus*, las cuales deben encontrarse en relación 1:1 para una acción simbiótica efectiva (Salvatierra et al., 2004).

Cuando son realizadas estas fermentaciones se producen metabolitos como el ácido láctico, etanol, bacteriocinas y muchos otros compuestos que conservan la leche y le imparten características organolépticas distintivas al yogurt (Barboza et al., 2004), tales como sensación suave al paladar, viscoso y de sabor propio, con una estructura proteica o gel débil, características que son desarrolladas durante la fermentación de la leche por bacterias ácido lácticas, (Tamime y Robinson, 1991).

Actualmente la leche que se utiliza en la producción de yogurt es adicionada con sólidos de diferente naturaleza. Los sólidos totales pueden variar dependiendo el tipo de yogurt a elaborar y las características deseadas en el producto final, como es: el mejoramiento de la textura, viscosidad o consistencia, y así, aumentar la capacidad de retención de agua.

En la elaboración de yogurt con frutas o yogurt sabor a frutas y en algunos casos yogurt natural dulce, se adicionan frutas, saborizantes, azúcares y/o edulcorantes. La finalidad de los azúcares es atenuar la acidez del producto sin embargo la presencia de carbohidratos en la mezcla base puede inhibir el crecimiento de microorganismos en el yogurt (Vélez, 2001).

1.2.1 Clasificación del Yogurt

De acuerdo a la **NOM-181-SCFI-2010** el yogurt podrá clasificarse por sus componentes en:

Yogurt simple o natural, saborizado y/o con fruta; Si cumple con lo establecido en el siguiente numeral:

El yogurt saborizado o con fruta podrá contener hasta 50% (m/m) que es esto de ingredientes no lácteos, a saber: edulcorantes, frutas y verduras, así como jugos, purés, pastas, preparados y conservadores derivados de los mismos, cereales, miel, chocolate, frutos secos, café, especias y

otros alimentos aromatizantes naturales e inocuos y/o sabores. Los ingredientes no lácteos pueden ser añadidos antes o luego de la fermentación.

Existe una gran variedad de yogures que difieren por varios factores, entre ellos el proceso de elaboración, la adición de saborizantes y la forma de presentación (Hernández, 2003).

De acuerdo al Método de producción el yogurt se clasifica en:

- a) Estático o Asentado. Es aquel en el que la incubación o fermentación de la leche se lleva a cabo en el recipiente de venta con lo que el coágulo característico es una masa continúa semisólida.
- b) Batido. Es el que después de fermentada la leche, se rompe el coágulo antes de la refrigeración y es envasado al finalizar el proceso,
- c) Yogurt líquido. Es batido, de viscosidad baja, de 11 % o menos de extracto seco, puede tener preparado de fruta y sustancia saborizadas.

1.2.2 Proceso de elaboración de yogurt.

El proceso de elaboración del yogurt está ilustrado en la Figura 1 y a continuación es explicado cómo se desarrolla en sus diferentes etapas.

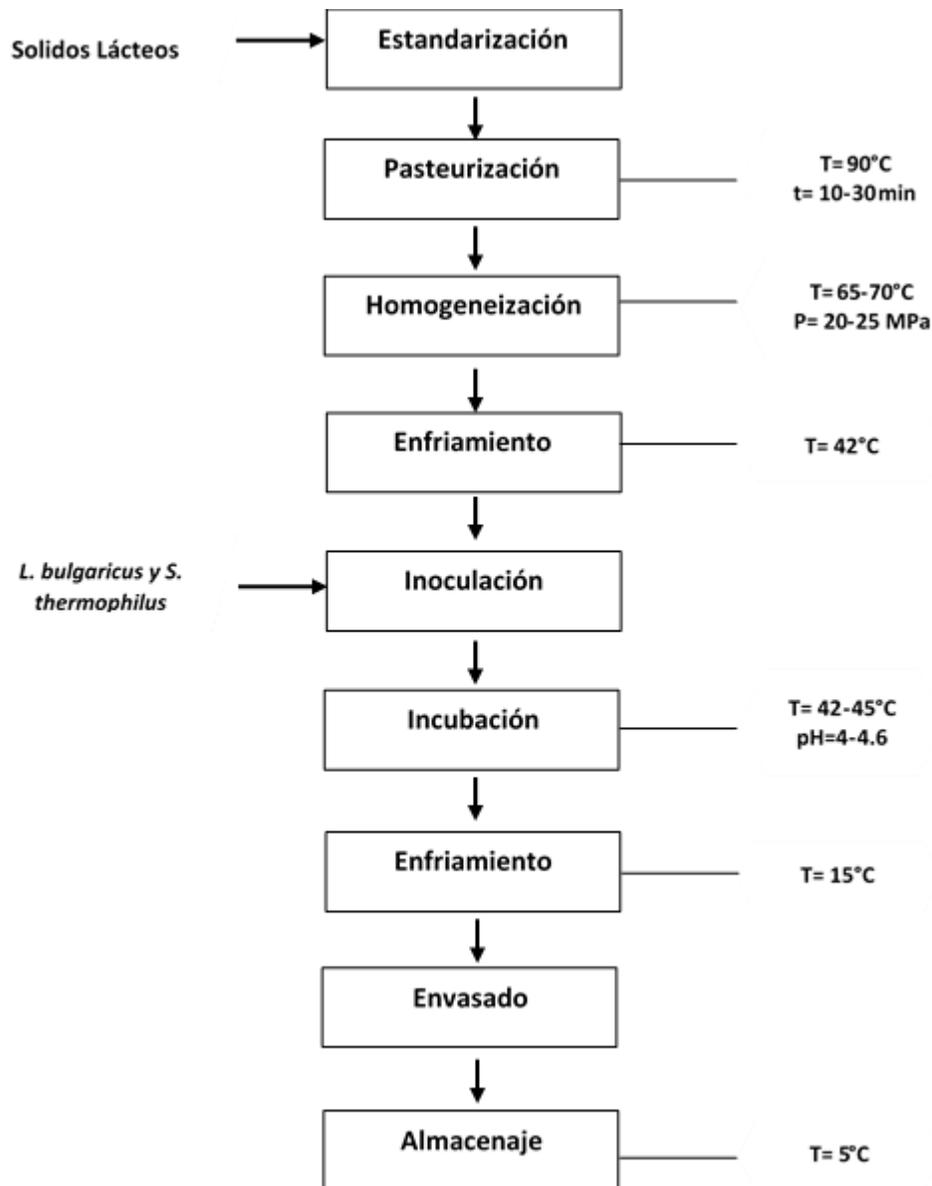


Figura 1 *Método de elaboración del yogurt*

Fuente: Vélez, 2001.

Como tratamiento preliminar se estandariza el extracto seco de la leche, se eliminan las células y contaminantes presentes en esta mediante tratamiento térmico y por último se estandariza el contenido de grasa de la misma.

Los sólidos adicionados en la estandarización proporcionan características deseables en el yogurt. Al añadir estabilizantes, estos son capaces de formar una red mediante enlaces entre los mismos y los distintos componentes de la leche.

Tratamiento térmico: Los efectos del tratamiento térmico se resumen en la destrucción y/o eliminación de microorganismos patógenos y otros microorganismos indeseables, producir factores estimulantes y destruir inhibidores de los cultivos iniciadores del yogurt; favoreciendo cambios deseables en las propiedades fisicoquímicas de los componentes lácteos

Homogeneización: Es un tratamiento físico de la leche mediante el que se dispersan los glóbulos de grasa evitando la concentración y ascensión de la nata en el depósito. Los glóbulos grasos se reducen hasta un tamaño de 1 micrómetro (μm) y su superficie interfacial con el suero aumenta. La homogeneización tiene los siguientes beneficios, aumenta la superficie total de los glóbulos grasos, retrasando la formación de nata, aporta un sabor agradable a la leche, aumenta la digestibilidad de la leche y disminuye la sinéresis. Las características físicas del yogur mejoran debido a la reducción del tamaño del glóbulo graso y el aumento de la adsorción sobre las micelas de caseína, generando un mayor volumen de sustancias en suspensión; se modifica la capacidad de retención de agua de las proteínas disminuyendo la sinéresis y aumentan los fosfolípidos y proteínas presentes en las membranas de los glóbulos grasos, mejorando la capacidad de agua del coágulo.

Con la homogeneización se trata de mejorar la consistencia y el sabor, formando un gel de acidificación y reduciendo la excreción del lactosuero en el yogurt. Para homogeneizar la leche, se aumenta la presión con una bomba de alta presión, y se fuerza su paso por un cabezal con una pérdida de presión (cavitación), aumentando su velocidad (turbulencia). Cuanto menor sea el contenido de grasa y más alta sea la temperatura y presión, mayor será el efecto homogeneizador. Para unas propiedades físicas óptimas del yogur los valores necesarios serían

20 – 25 Megapascales (Mpa) de presión y 65 – 70°C de temperatura. Se puede homogeneizar tanto antes, como durante o incluso, después del tratamiento térmico. (Díaz, 2015) (Tammime et al., 1974).

Inoculación: Previo a la fermentación, el medio es enfriado hasta la temperatura de incubación de los cultivos estárter (*S. thermophilus* y *L. bulgaricus*). Por lo general la fermentación tiene lugar de 40 a 45°C, pero estas condiciones varían dependiendo del microorganismo que se añade.

La Figura 2, muestra la dependencia del porcentaje de ácido láctico con respecto a las diferentes temperaturas de incubación.

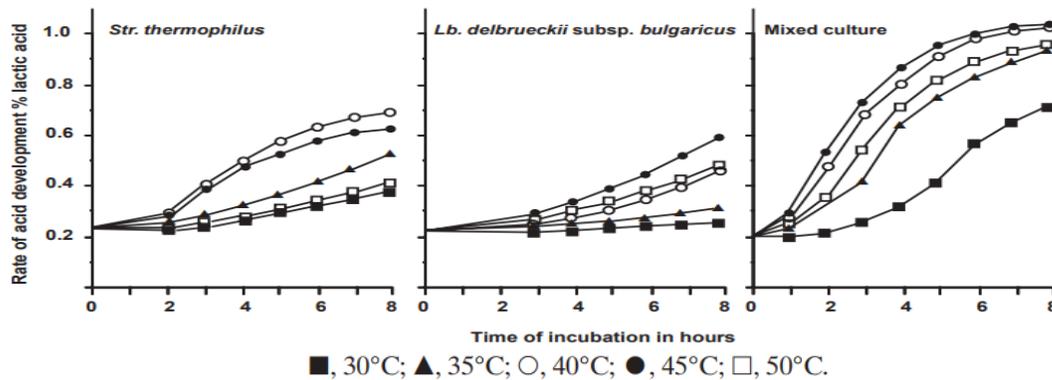


Figura 2 Porcentaje de ácido láctico a diferentes temperaturas contra el tiempo de incubación

Fuente: Tamime, 2006

La temperatura óptima para el crecimiento del ácido láctico es de 40-45°C y disminuye cuando se aumenta la temperatura a 50 °C, de acuerdo a la Figura 2.

Desde el punto de vista bioquímico, la lactosa es hidrolizada dentro de la célula bacteriana por una lactasa, en unidades de glucosa y galactosa. La glucosa es metabolizada por la vía de Embden- Meyerhof hasta ácido pirúvico, el cual se convierte en ácido láctico por la acción de la deshidrogenasa láctica presente en ambos microorganismos (Hernández, 2001).

La Figura 3 representa el proceso bioquímico descrito anteriormente.

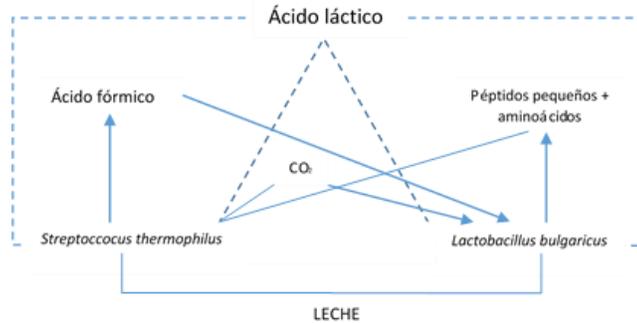


Figura 3 Bioquímica de la fermentación del yogurt

Fuente: Walss, 1999

La Figura 3 muestra que los microorganismos encargados de convertir la leche en yogurt (*S. thermophilus* y *L. bulgaricus*) producen ácido láctico como metabolito principal, estos son capaces de fermentar glucosa, fructosa, galactosa, sacarosa y lactosa.

Los dos utilizan la lactosa como fuente de energía y la transforman en ácido láctico, produciendo otros metabolitos importantes como: el acetaldehído, el diacetilo y la acetoína. También se obtienen ácidos volátiles como el fórmico, el acético, el propiónico, el butírico, el isovalérico y el caprónico, los cuales sinérgicamente con los metabolitos, originan los aromas característicos del yogurt (Hernández, 2003).

La importancia del ácido láctico en la elaboración del yogurt se debe a las siguientes razones: contribuye a la desestabilización de las micelas de caseína mediante el paso de fosfato y del calcio de un estado coloidal (en las micelas) a una forma soluble, que difunde en la fracción acuosa de la leche, lo que determina una progresiva depleción de calcio de las micelas que conducen a la precipitación de la caseína a valores de pH de 4.6 a 4.7, dando lugar a la formación del gel, el ácido láctico proporciona al yogurt su sabor característico pudiendo acentuar el aroma. (Tamime, 1999).

Enfriamiento: El enfriamiento se inicia a un pH de 4,6 o a concentración de ácido láctico del 0,9%. El cual debe realizarse bruscamente para que el yogurt no continúe acidificándose. Hay que alcanzar una temperatura de 15°C. El objetivo de refrigerar el yogurt es para controlar la actividad metabólica de los cultivos starter, ya que los microorganismos tienen poca actividad a bajas temperaturas y, de este modo, se mantiene la acidez final del producto. (Díaz, 2015). El yogurt puede ser comercializado después de 10 horas a 5 °C (Vélez, 2001).

1.2.3 Cultivos Iniciadores

Los cultivos iniciadores consisten en microorganismos alimento-grado, es decir con alto y bajo riesgo microbiológico, grado de deterioro cuando las bacterias encuentran un entorno favorable para formarse y multiplicarse. Estos cultivos crecen en la leche, produciendo atributos característicos del yogurt.

Los cultivos del yogurt contienen bacterias lácticas termófilas *Streptococcus thermophilus* (*ST*) y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*LB*). Sin embargo, una mayoría del yogurt en venta contiene bacterias opcionales, especialmente de origen intestinal, como *Lactobacillus acidophilus*, *bifidobacterium* y otros referidos como probióticos. *ST* y *LB* son bastante compatibles también como simbióticos para el crecimiento en un medio lácteo.

Normalmente los cultivos de yogurt están compuestos por *LB* Y *ST* y son responsables de las características de aroma y sabor de yogurt a través de la producción de acetaldehído, diacetilo y ácido acético durante el proceso de fermentación. El ácido láctico es una sustancia no volátil, contribuye a la acidificación y al refrescante sabor del yogurt. Mientras que los productos volátiles contribuyen a las características de un aroma placentero (Chandan, 2006).

Para que el sabor se desarrolle satisfactoriamente, las dos bacterias deben de encontrarse en un número aproximadamente igual entre ellas se establece un fenómeno de mutua estimulación de crecimiento (protooperación). La proporción entre los dos microorganismos va cambiando. Inicialmente, los *ST* crecen más deprisa debido a que los bacilos sintetizan factores de crecimiento. Después, el desarrollo de los cocos se hace más lento por el efecto del ácido producido. Mientras tanto los *lactobacillus* han empezado a crecer más rápidamente estimulado por los factores de crecimiento (CO_2 y ácido fórmico) producidos por los estreptococos, alcanzando la acidez deseada del yogurt. Si la incubación se prolonga o el yogurt no se refrigera correctamente, los lactobacilos serán las bacterias predominantes (Walstra, 2001).

Los cultivos estándar son los principales responsables de la producción de los compuestos que contribuyen al aroma del yogurt, los cuales pueden ser agrupados en varias categorías:

- Ácidos no volátiles, como el ácido láctico, pirúvico, oxálico.
- Ácido volátiles, como fórmico, acético, propiónico y butírico.
- Compuestos con grupos carbonilo, como acetaldehído, acetona, acetoína, o diacetilo.

- Grupo heterogéneo de sustancias, entre las que se incluyen algunos aminoácidos y/u otros compuestos formados por degradación de las proteínas, la grasa o la lactosa por acción de la temperatura.

1.2.3.1 Cultivos liofilizados

El uso de liofilizado directo establece controlar las relaciones de deformación para optimizar la calidad del yogur. Este proceso combina el cultivo de una sola cepa definido con la mezcla de cepas específicas liofilizadas o granuladas en proporciones precisas. Las ventajas consisten en el control exacto de la viscosidad y sensación de la boca, control exacto de la acidez, intensidad del sabor, control de la acidificación post-procesamiento y mejor protección de múltiples cepas del ataque bacteriófago. Para el proceso de incubación se deben controlar los siguientes parámetros:

Tiempo de incubación: Cuanto más largo es el tiempo de incubación, mayor es el número de *LB* y más posibilidades de post-procesamiento de la acidificación. En consecuencia, debe tenerse precaución para que la *LB* no produzca demasiado ácido láctico para hacer el yogur amargo y demasiado ácido.

Temperatura de incubación: La temperatura óptima de crecimiento para *LB* es 40-50°C y para *ST*, es 35-40°C. La temperatura de incubación para el cultivo de yogur varía de 31°C a 45°C. Sin embargo, la mayor parte de la base de yogur se incuba a 41-43°C (Chandan, 2006).

1.2.4 Composición Química Del Yogurt

La composición química del yogurt cambia de acuerdo al tipo de leche utilizada y según la adición de sustancia aromatizantes o de fruta. La Tabla 1 representa los componentes que contiene un yogurt natural elaborado con leche descremada, para 100 g de producto.

Tabla 1 *Composición nutricional del yogurt natural*

Componentes	100 g de producto
Azúcares (g)	5.5
Lípidos (g)	2.6
Proteína (g)	4
Agua (g)	87.9
Fibra (g)	0
Cenizas (g)	0.7
Energía (Kcal)	61.4

Fuente: Ortega R.M., 2010

1.2.5 Propiedades fisicoquímicas del yogurt

El proceso de elaboración del yogurt debe cumplir con las especificaciones fisicoquímicas descritas en la Tabla 2.

 Tabla 2 *Especificaciones fisicoquímicas del yogurt*

Elemento	Contenido
Proteína Láctea (% m/m)	Mínimo 2,9% 1:2
Grasa Butírica (% m/m)	Máximo 15,0%
Acidez titulable expresada como porcentaje de Ácido Láctico (% m/m)	Mínimo 0,5%
Sólidos Lácteos no grasos	Mínimo 8,25%

Fuente: NOM-181-SCFI-2010

1.2.6 Características Microbiológicas

El yogurt deberá contener como mínimo $1 \cdot 10^7$ UFC/ml de la suma de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus* viables, conforme al método de

prueba de bacterias que fermentan los productos, del numeral 8 de la NMX-703-COFOCALEC-2004.

En caso de contener cultivos alternativos adicionales, éstos deberán estar en valores de 1×10^6 UFC/ml viables de cultivos lácticos, como mínimo.

Los microorganismos deben permanecer viables, activos y abundantes hasta la fecha de caducidad del producto (NOM-181-SCFI-2010).

1.2.6.1 Agentes patógenos del yogurt

Son diversos los agentes patógenos para el ser humano que pueden encontrarse en la leche o en los productos lácteos, tanto químicos como biológicos. Como en la mayoría de los alimentos, los más frecuentes son los agentes biológicos, bacterias principalmente, aunque también existe la posibilidad de encontrar virus o parásitos. Se considera que la aplicación de tratamientos térmicos, como la pasteurización, suele ser una forma eficaz de control de estos peligros cuando provienen de la leche empleada como materia prima. No obstante, malas prácticas de fabricación, principalmente en productos cuyo proceso de elaboración incluye etapas de manipulación o de procesado posteriores al tratamiento térmico (por ejemplo, la leche en polvo), pueden facilitar una contaminación cruzada o la incorporación de patógenos de origen ambiental (Artur, 2004).

La determinación de *Staphylococcus aureus* es de suma importancia, no sólo desde el punto de vista económico, sino en el de salud pública; la Norma NOM-115-SSA1-1994 establece un límite máximo de 1×10^6 UFC/g de alimento para que éste pueda ser consumido. La sensibilidad mínima de detección en el recuento en placa, utilizando el método de extensión de superficie es de: 100 UFC/g de alimento para muestras sólidas ó 10 UFC/ml para alimentos líquidos.

En algunas ocasiones, las leches fermentadas han producido intoxicaciones. El consumo de yogur contaminado con muchas levaduras, produce trastornos digestivos. El pH del yogurt es muy bajo y la gran concentración de ácido láctico evita el crecimiento de microorganismos patógenos. Por ejemplo, *Campylobacter*, desaparece inmediatamente en presencia de ácido láctico, mientras que *Salmonella spp.* sólo se inactiva a concentraciones de por encima del 1% de ácido láctico y pH inferior a 4,55 (Díaz, 2015).

E. coli productora puede crecer a temperaturas que oscilan entre 7 °C y 50 °C, con una temperatura óptima de 37 °C. Algunas pueden proliferar en alimentos ácidos, hasta a un pH de 4,4, la contaminación fecal del agua y de otros alimentos, así como la contaminación cruzada durante la preparación de estos, también es causa de infecciones (Organización Mundial de la Salud, 2017). En el yogurt la determinación de coliformes es utilizada como índice de calidad higiénica, tanto en el natural como aromatizado se ha comprobado la existencia de *E. coli*, resultando inhibida como consecuencia del incremento de acidez. Sin embargo, es posible la presencia de coliformes en yogurt comercial (Jordano, 1984).

1.2.7 Viscosidad

La viscosidad es la resistencia del líquido a fluir o deformarse. Esta propiedad se relaciona con el contenido de lactosa, grasa, estructura de la caseína y los tamaños del glóbulo de grasa. La viscosidad varía con la temperatura, el estado de dispersión y la concentración de los componentes sólidos (López, 2003).

La coagulación por acidificación, mediante cultivos de bacterias lácticas; provoca que la caseína de la leche aumente la viscosidad, es decir los metabolitos que se producen durante la fermentación provocan un descenso del pH, con la correspondiente coagulación láctica, que consiste en la formación de coágulos de caseínas que dan el aspecto viscoso al yogurt, por lo que se obtienen productos más espesos, y se forma una red tridimensional que da origen a un gel, estableciendo un delicado balance en la precipitación, es decir mantiene consistencia a lo largo del tiempo de vida del producto, (Salazar, 2009). En la Figura 4 se observa el comportamiento típico de las curvas de flujo de un yogurt.

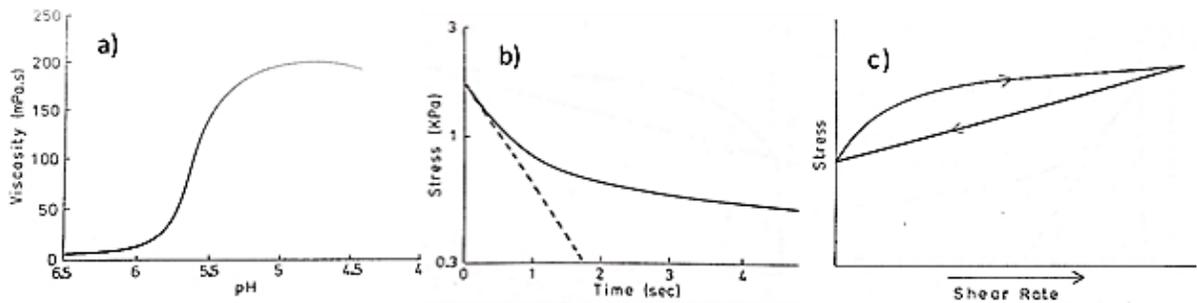


Figura 4 Curvas de flujo del yogurt. a) Viscosidad del yogurt con respecto al pH b) Tixotropía del yogurt c) Curva de relajación.

Fuente: Prentice, 1992

Durante el proceso de desnaturalización de las proteínas de la leche ocurre una caída en el pH, esta reducción provoca cambios en las características fisicoquímicas de las micelas de las proteínas, llegando incluso a la formación de geles (si se alcanza a un determinado pH) debido a una desestabilización del complejo de las caseínas, este proceso de desnaturalización puede ser alterado por numerosos factores tales como: el calentamiento previo de la leche, alteración de la cinética de acidificación, etc. (Walstra et al., 2006).

Cuando el pH de la leche disminuye hasta 4.6 se induce a una coagulación de las caseínas y la viscosidad aumenta drásticamente por debajo de pH de 5.8, que es el punto en el que se inicia la coagulación. Para el momento en que el pH ha alcanzado aproximadamente 5,0 la viscosidad ha alcanzado más o menos una meseta como la forma de malla final, atrapando los glóbulos grasos y el suero residual tal como se muestra en la Figura 4 a).

En la Figura 4 b) se observa que, durante las pruebas de viscosidad aplicada al yogurt, a velocidad de corte constante, el esfuerzo de corte disminuye a medida que transcurre el tiempo, así como también el gráfico muestra que, al reducir la velocidad de corte al flujo en la prueba, la curva no se repite, en cambio, el esfuerzo se expande casi linealmente hacia el origen, obteniendo valores de rendimiento lineal. De esto cabe destacar que el tiempo que tarda la destrucción de la estructura y aún más de su recuperación, es mayor que el tiempo tomado por la medición.

El yogurt en condiciones normales es viscoso, pero al aplicarle agitación o esfuerzo disminuye la viscosidad

En el yogurt agitado ocurre rompimiento de la estructura semisólida y algo de sinéresis, pero se puede inducir el flujo por el rompimiento del coágulo. La viscosidad es sensible al cizallamiento y el yogurt a se puede describir como parcialmente tixotrópico como se muestra en la Figura 4 c), si se aplica velocidad de cizalla constante, finalmente acercándose a un valor constante asintóticamente pudiéndose calcular la viscosidad aparente (Prentice, 1992).

El comportamiento del yogurt se debe en gran medida al gel estructural presente. Por lo que sus propiedades de flujo o viscosas exhiben dependencia del tiempo (Geraghty y Butkr. 1999).

1.2.8 Valor nutritivo del yogurt

1.2.8.1 Lactosa

En el yogurt natural la lactosa es el azúcar dominante, incluso después de la fermentación pose de un 4-5% de lactosa. La razón es que se suele usar extracto seco lácteo, lo cual representa un 7% de lactosa, por lo que el contenido del yogurt difiere un poco al de la leche. No obstante, lo que sí es diferente es el efecto de la lactosa que puede tener en las personas intolerantes a esta azúcar, tendiendo un gran interés por la naturaleza de esta reacción.

La intolerancia a la lactosa es la incapacidad de los seres humanos para metabolizarla, sin embargo, la lactosa presente en el yogurt, no provoca reacción de intolerancia, debido a que los microorganismos del yogurt continúan metabolizando la lactosa tras la ingestión de la misma, por lo que la cantidad de lactosa libre residual que alcanza el intestino es demasiado baja. (Tamime, 2007)

1.2.8.1.1 Proceso de reducción de lactosa en el yogurt.

A pesar de que las bacterias ácido lácticas presentes en el yogurt son las encargadas de degradar y hacer más digerible la lactosa en el tracto intestinal, es posible incorporar enzimas al producto para el aporte de lactosa sea todavía menor.

La enzima que se utiliza de manera más común para llevar a cabo este proceso en la eliminación o reducción de lactosa mediante la utilización de B-galactosidasa es uno de los métodos de deslactosado más valorados en la industria, pero para la optimización de costos, se deben de contar con las condiciones óptimas de pH y temperatura, primordialmente se requiere saber si la enzima que se utiliza es ácida, la cual oscila entre valores de pH 3-5 y temperatura entre 46 y 55°C, o neutra la cual se encuentra entre los valores de pH que oscilan de 6.5 a 7.3 y temperatura de entre 35 y 40°C.

La enzima B-galactosidasa, proviene principalmente de fuentes como, bacterias, levaduras y hongos, a continuación, se describen algunos ejemplos.

Levadura: En general las enzimas provenientes de levaduras se consideran neutras, tal como la *Kluyveromyces lactis* que es la más comercial, y proviene de la levadura de la leche, al asemejarse a las condiciones de la leche, esta enzima tiene sus aplicaciones en productos lácteos y sueros no ácidos.

Hongos: Las enzimas provenientes de hongos se denominan generalmente como ácidas, tal como *Aspergillus Niger*.

Bacterias: Algunos ejemplos de microorganismos que tienen la capacidad de degradar la lactosa, produciendo lactasa, son los *Lactobacillus bulgaricus* en sinergia con *Streptococcus thermophilus*, los cuales están presentes en el yogurt.

1.2.8.1.1.1 Mecanismo de Acción de la Enzima

Para poder accionar es necesario que esté en presencia de agua, es decir lo que se conoce como hidrólisis, para poder romper los enlaces glucosídicos que se forman entre la B-galactosa y la B- glucosa, separando así estos monosacáridos y degradándose de esta manera, a consecuencia de esto su absorción en el tracto digestivo se hace más sencilla. La Figura 5 ilustra el mecanismo de degradación de la lactosa.

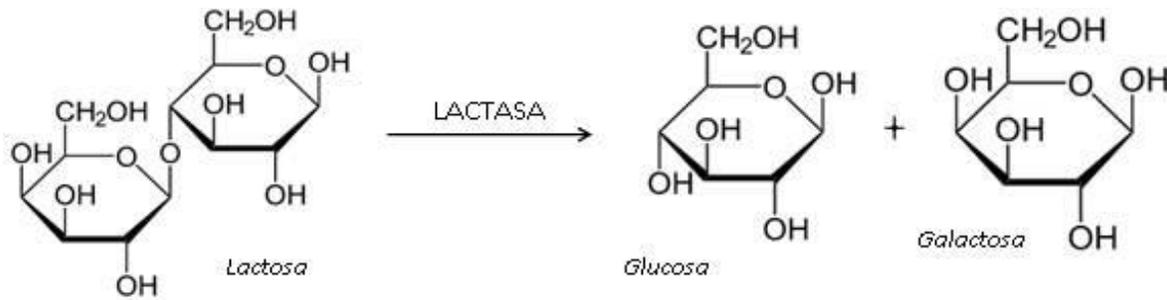


Figura 5 Degradación de lactosa

1.2.9 Proteínas

Las proteínas del yogur son totalmente digeribles, una característica mejorada por el hecho de que un cierto grado de la proteólisis inicial es causada por los propios organismos iniciadores.

El comportamiento de cada de proteína presente en la leche (caseína y proteínas de suero) son completamente distintas. Cuando el pH de la leche la disminuye conlleva primero al hinchamiento de partículas y eventualmente a un encogimiento considerable, a pH de 4.6 se induce la coagulación de las caseínas, a temperaturas por debajo de 6°C , los agregados del yogurt son bastante finos permaneciendo en suspensión. (Zimmermann, 2010)

Después de que la leche ha sido inoculada con el cultivo elegido, el calcio coloidal, que se une a las micelas de caseína, se filtra al suero a medida que la acidificación progresa, y las micelas tienden a desintegrarse en otras pequeñas unidades que se agregan como un coprecipitado. Al principio se forman pequeños agregados y eventualmente se coagulan en una red de cadenas pequeñas a medida que se precipita la caseína.

Durante el proceso de desnaturalización, las proteínas de suero de leche polimerizan o reaccionan con k-caseína incrustándose en el marco del coágulo (Prentice, 1992).

1.2.10 Beneficios del yogurt a la salud

Algunos estudios han mostrado que el yogur se tolera mejor que la leche (Wynckel et al., 1991) debido a que parte de la actividad de la lactasa que proviene de las bacterias del yogur podría participar en la digestión de la lactosa, así como en un retraso del tránsito intestinal (Nordik, 2004) Por lo tanto, las personas intolerantes a la lactosa podrían beneficiarse del consumo de yogur como un alimento rico en calcio (Parra, 2007).

Dado que el yogur contiene menos cantidad de lactosa que la leche y las bacterias que lo fermentan expresan lactasa funcionante, se recomienda la ingesta de yogur para mejorar la digestión de la lactosa en individuos con mal digestión de la misma. En este sentido, parece razonable recomendar la ingesta de yogur para prevenir y disminuir la incidencia y duración de las enfermedades infecciosas gastrointestinales en niños (Moreno, 2013).

A corto plazo, el consumo diario de leches fermentadas mejora el balance de calcio, lo que revela una absorción más eficiente, en mujeres posmenopáusicas (Van Den, 2000).

Teniendo en cuenta que el consumo de yogur y otras leches fermentadas presenta algunas ventajas sobre el consumo de otros productos lácteos se recomienda incluir el yogur dentro del consumo diario y variado de lácteos.

1.2.11 Defectos comunes en el yogurt

El yogurt es un producto rico nutricionalmente y con características propias que lo conforman, sin embargo, puede tener defectos debido a su composición, reacciones químicas, físicas, microbiológicas entre otras que ocurren durante el proceso de elaboración y en el tiempo de vida del producto. La Tabla 3 describe los defectos y las posibles causas de la alteración, así como su posible solución y/o modo de evitarlo.

Tabla 3 Defectos comunes del proceso de yogurt

Defecto	Posible causa	Solución o modo de evitarlo
Sinéresis	Bajo contenido de grasa. Alto contenido en minerales. Tratamiento térmico u Homogeneización insuficiente. Temperatura de incubación alta. Acidez insuficiente. Presencia de enzimas contaminantes capaces de coagular las proteínas.	Ajustar la composición de la mezcla base. Mezclar con leche con bajo contenido en sales. Ajustar las condiciones de elaboración. Añadir estabilizantes. Utilizar estárter del tipo viscoso
Baja viscosidad	Tratamiento térmico u homogeneización deficientes. Temperatura de incubación demasiado baja. Inoculación insuficiente. Agitación excesiva.	Ajustar las condiciones de tratamiento. Elevar la temperatura a 42°C o prolongar tiempo de incubación. Aumentar el inóculo a 2% (v/v)aprox. Añadir un estabilizante
Presencia de burbujas en el coágulo	Condiciones de almacenamiento deficientes. Contaminación con levaduras. Contaminación con coliformes. Aireación excesiva de la mezcla base	Comprobar la temperatura de la refrigeración. Eliminar la fuente de contaminación. Higiene deficiente de su almacenamiento o cultivo estárter contaminado. Controlar agitación.
Coágulo Granuloso	Mezcla defectuosa de la leche en polvo. Agitación previa a la refrigeración. Temperatura de incubación elevada. Tasa de inoculación demasiado baja	Ajustar las condiciones de procesado Refrigeración correcta Reducir la temperatura de incubación a 42 °C. Aumentar el inóculo a 2% (v/v)aprox.
Problemas de aroma y sabor	Insípido. Amargo. Acido. Rancio.	Reducir el inóculo a 2% (v/v) aprox. Prolongar el tiempo de incubación. Cambiar de cultivo estárter. Controlar temperatura de almacenamiento. Cuidar la calidad de la leche utilizada.

Fuente: Tamime, 2007

1.2.12 Vida de anaquel

Se define como el tiempo en el cual el producto alimenticio debe permanecer seguro para el consumo manteniendo características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales propias de cada alimento (Institute of Food Technologists, 1979). Su determinación culmina cuando el producto presenta irregularidades en cualquiera de sus propiedades organolépticas (Hough et al, 2007), los principales factores que afectan la vida de anaquel son, formulación, proceso, empaque y condiciones de almacenamiento, a continuación, se detallan.

Formulación: Viene dada por la calidad de las materias primas empleadas en la elaboración del producto, las cuales determinan el contenido de humedad, actividad de agua (Aw), pH, acidez, preservativos antimicrobianos, antioxidantes, actividad microbiológica, composición química entre otras, del producto final.

Proceso: Se valoran aspectos como seguir las Buenas Prácticas de Manufactura, para evitar contaminación cruzada con el alimento.

Empaque: Existen diversos factores asociados con esta variable, como la radiación, permeabilidad, presencia de oxígeno, y humedad relativa, los cuales pueden controlarse al seleccionar empaques que cumplan con las características específicas de preservación propias de cada producto.

Almacenamiento: Controlar variables del ambiente favorable para la preservación del producto, como humedad, temperatura, presión etc. (Labuza, 2000).

1.2.12.1 Estimación de la vida de anaquel

Existen diversas metodologías y criterios para determinar la vida de anaquel de un producto, a continuación se presentan algunas de ellas son determinación directa a condiciones normales, pruebas de envejecimiento acelerado denominadas también ASLT, por sus siglas en inglés Accelerated Shelf Life Test, se aplican en condiciones de abuso donde se aceleran las condiciones de deterioro del producto, estudio bibliográfico (basado en comparativas de datos específicos, tendencias de comportamiento, similitud de estudios, etc., y modelos matemáticos predictivos

en base a la cinética de reacción. (Orden de reacción, Ecuación de Arrhenus, Grafica vida útil /Factor Q_{10}).

1.2.12.2 Objetivo de la evaluación de vida de anaquel.

Existen diversos criterios para los cuales es prescindible el comportamiento de la vida de anaquel, como el desarrollo de nuevos productos, reformulaciones, cambios o modificaciones en la planta de producción, o con fines de investigación. Previamente a realizarse esta evaluación es necesario establecer los criterios de inicio y término de vida de anaquel en los cuales estará basada la determinación.

1.2.12.3 Vida de anaquel del yogurt

Debido a su alta acidez y presencia de metabolitos microbianos, los cuales tienen propiedades bacteriostáticas e inhiben el crecimiento de microorganismos de descomposición, el yogurt tiene una vida de anaquel de hasta 30 días en condiciones de refrigeración sin estimar el uso de conservadores (Charalambous, 1993), para que este producto pueda ser considerado yogurt debe tener como mínimo 10^7 UFC/g en su periodo de anaquel y debe de poseer una acidez mínima de 0.5 (NOM-181-SCFI-2010), y estar oscilando en un pH de 3.7 a 4.6.

1.2.13 Producción y Consumo del Yogurt

El consumo per cápita de yogurt en Norteamérica se ha duplicado entre 2011 y 2013, y se espera que el consumo en el hogar aumente en los próximos seis años. Impulsado por el aumento de la innovación de productos y la ampliación de los canales de distribución, se espera que el mercado del yogurt crezca a una tasa compuesta de crecimiento anual del 8,2% a partir de 2013 a 2019. Nuevos productos con formatos convenientes tales como tubos, pequeños recipientes y empaques flexibles para bebés y niños han contribuido al aumento del consumo, lo que actualmente se conoce como la portabilidad alimenticia, que se refiere a recipientes o alimentos diseñados para ser fácilmente consumidos en cualquier parte .

El mercado nacional de lácteos se compone de diversos segmentos de mercado entre los que destacan los siguientes: Yogurts: las principales empresas son Danone de México y Sigma Alimentos con su marca Yoplait, entre ambas empresas se estima una participación de mercado superior al 60%, seguidas por Lala, Alpura y Nestlé de México con un 15% de participación en este mercado. (Secretaría de Economía, 2012)

http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf

1.3 Prebiótico

Algunos componentes presentes de la fibra son denominados prebióticos, definidos como ingredientes alimenticios no digeribles de los alimentos que afectan de manera positiva al huésped, estimulando de forma selectiva el crecimiento y/o la actividad metabólica de un número limitado de cepas de bacterias formadoras de colonias. Estos compuestos se caracterizan por ser moléculas de gran tamaño que no pueden ser digeridas por las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal alto, alcanzando el intestino grueso donde son degradados por la microflora bacteriana, principalmente por las Bifidobacterias y Lactobacilos, generando de esta forma una biomasa bacteriana saludable y un pH óptimo (Ashwell M, 2005).

Los principales factores responsables de que un polisacárido pueda ejercer un efecto prebiótico son la estructura química, la composición, el grado de polimerización, su estructura lineal o ramificada, así como la solubilidad en agua (Marquéz et al., 2013)

1.4 Inulina

La inulina es una fibra dietética soluble extraída de vegetales, constituida por polímeros de fructosa unida por enlaces β (2, 1) (Roberfroid, 2005). Representado en la Figura 6.

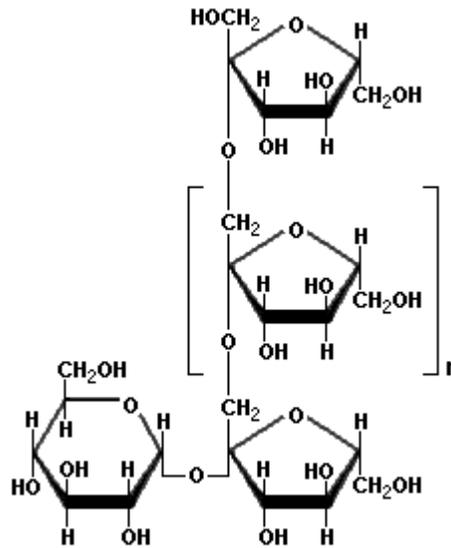


Figura 6 Estructura Química de la Inulina

Fuente: <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohidratos1.html>

Debido a la presencia del enlace glucosídico β (2,1), la inulina es resistente a la hidrólisis por las enzimas digestivas del intestino delgado, siendo rápidamente fermentada por las bacterias del colon, por lo que se considera un carbohidrato no digerible, estando hoy clasificada como fibra alimentaria soluble (Clemens, 2001). La inulina puede ser utilizada en alimentos como sustituto de grasa; con bajo valor calórico y es reconocido como GRAS (Generally Recognized As Safe), (Setser, 1992). El organismo no es capaz de digerir estos compuestos ni de asimilarlos, sin embargo, pueden ser utilizados como sustrato energético por las bacterias del intestino grueso, en particular por las del género *Bifidobacterium*.

La adición de la inulina con otros hidrocoloides espesantes puede modificar la viscosidad (incremento o disminución) y las características del flujo del sistema acuoso (Ronkart et al., 2010). En una amplia variedad de productos alimenticios se usa como: espesante, emulsificante, gelificante, sustituto de azúcares y de grasas, humectante, depresor del punto de congelación, etc. En la actualidad, a nivel industrial se extrae de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*) y se utiliza ampliamente como ingrediente en alimentos funcionales. Además, la inulina ha sido usada para enriquecer alimentos de fácil consumo, como productos lácteos y de panificación, ya que es capaz de estimular la proliferación de las bacterias endógenas del intestino (Gibson y Roberfroid, 1995).

1.4.1 Tipos de Inulina

La inulina y sus derivados (oligofructosa, fructooligosacáridos) son generalmente llamados fructanos, que están constituidos básicamente por cadenas de fructosa. (Madrigal & Sangronis, 2007).

Los fructanos son un grupo de oligosacáridos y fructooligosacáridos presentes en la naturaleza los cuales se encuentran acumulados en cantidades de miligramos en una gran variedad de plantas (Praznik et al., 2007) A pesar de sus similitudes, los fructanos son distintos el uno del otro en su origen, estructura y características de fermentación (Anadón, 2010), (Caballero y Castellano, 2016).

Después del almidón, los fructanos son los polisacáridos no estructurales más abundantes que se encuentran en la naturaleza. Actualmente, en la industria alimentaria se emplean principalmente tres especies de plantas para la producción a gran escala de fructanos, que pueden ser, de agave (Agave tequilana Azul), alcachofa de Jerusalén y la achicoria (Carabin & Flan, 1999). La achicoria y la alcachofa contienen fructanos tipo inulina, siendo predominantemente no ramificados. Mientras que, los fructanos de agave poseen una estructura de tipo mixta que les provee la característica de ser ramificados (Robcrfroid & Delzenne, 1998). Los fructanos lineales tienden a formar geles, los ramificados en medio acuoso, desarrollan disoluciones de baja viscosidad, similar a los azúcares simples (Martínez- Padilla, 2016) y adicionalmente se ha demostrado que presentan propiedades de superficie las cuales son de utilidad al desarrollar sistemas dispersos alimenticios (Sosa H., 2016).

En general, la solubilidad en medio acuoso de los fructanos está determinada por las características estructurales de los mismos: los fructanos lineales resultan menos solubles, mientras que los más ramificados son los de mayor grado de solubilidad (Lopez y Uriaz, 2007), (Espinoza-Andrews y Uríaz- Silvas, 2012), reportaron que los fructanos de agave mostraron una mayor capacidad de absorción de agua en comparación con los fructanos de achicoria, ya que las cadenas ramificadas y la presencia de restos de fructosa contienen una mayor cantidad de grupos hidroxilo disponibles para retenerla.

El efecto de fructanos de agave y de la achicoria en la ingesta de alimentos y el aumento de peso ha demostrado ser dependiente también del grado de polimerización, así como de la estructura de los fructanos. De hecho, los fructanos de agave tienen un efecto significativo sobre la reducción de peso y el aumento de la secreción de péptidos implicados en la regulación del apetito, mientras que la inulina de achicoria no ha demostrado tales efectos (García & López, 2014).

1.5 Aditivos

Los aditivos se encuentran en letra pequeña en las etiquetas de los alimentos en conserva e industriales, mediante esto el fabricante puede garantizar calidad, sirven para la concentración, el aspecto atractivo, el aroma y sabor de los alimentos. (Elmadfa, 2011)

1.5.1 Edulcorantes

La sensación de dulzor que provocan ciertos alimentos se debe a un gran número de compuestos de estructuras químicas muy diferentes; una manera de clasificarlos es con base en su potencia y valor nutritivo:

1. Edulcorantes nutritivos de poder edulcorante semejante a la sacarosa.

a) Mono y Oligosacáridos: sacarosa, fructosa, glucosa, lactosa, isoglucosa, miel de abeja, azúcar invertido, jarabe de maíz, etcétera.

b) polioles: sorbitol, xilitol, jarabe de glucosa hidrogenado, maltitol, manitol, etcétera.

2. Edulcorantes de mayor poder edulcorante que la sacarosa.

a) Sintéticos: Acesulfamo K, aspartamo, ciclamatos, sacarina, sucralosa, alitamo, dulcina.

b) Origen vegetal: glucósidos: glicirricina, dihidrochalconas, esteviósido y proteínas (taumatina, monelina y miraculina).

La sucralosa es un derivado clorado que se sintetiza a partir de la sacarosa y es 500-600 veces más dulce que el disacárido; es muy hidrosoluble (250 g/L), estable a pH 3-7 y resiste las altas temperaturas de la panificación. Su sabor dulce es muy semejante al de la sacarosa y sin resabio amargo.

1.5.2 Colorantes

El color de los alimentos es muy importante para el consumidor, ya que, siendo el primer contacto que tiene con ellos, es determinante para la aceptación o el rechazo de los mismos. De acuerdo con las regulaciones de México, existen 51 colorantes, naturales y sintéticos, que están permitidos para uso en alimentos, de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4 Principales colorantes utilizados en la industria mexicana.

Colorante	Otro nombre	Color index	F.D.A	C.E.E.
Tartracina	Amarillo 5	19140	FD&C Yeliow 5	E 102
Amarillo Sunset	Amarillo 6	15985	FD&C Yeliow 6	E 110
	Amarillo Ocaso			
Rojo Punzo 4R	Rojo 6	16255	-----	E 124
	Rojo Cochinilla		FD&C Red 40	-----
Rojo 40	Rojo Allura	16035		
Carmoisina	Azorrubina	14720	FD&C Red 3	E 122
	Rojo 5			
Eritrosina	Rojo 14	45430	-----	E 127
	Rojo 3			
Azul Brillante FCF	Azul I	42090	FD&C Blue 1	E 133
Azul Indigotina	Azul 2	73015	FD&C Blue 2	E 132
	Índigo Carmín			

Fuente: (Badui, 2006)

1.5.3 Saborizantes

La industria alimentaria se ha desarrollado en función de la industrialización mundial. El aumento demográfico y los cambios en las costumbres de la sociedad, debido a ello ha sido imprescindible producir saborizantes a escala industrial. Los primeros fueron elaborados por los propios productores de la industria alimentaria. En la actualidad, los saborizantes destinados a los más diversos productos alimenticios, son elaborados por una industria especializada. Esta

industria tiene un gran número de materiales que son usados para la producción de saborizantes, tales como: los provenientes de varias plantas y animales, productos de fermentación o biotecnológicos y compuestos obtenidos por síntesis química (Reineccius, 2006). Tradicionalmente, los aceites esenciales de frutas cítricas han sido usados como materias primas para la industria de saborizantes, por su composición química que aporta el olor y sabor básicos de los cítricos, aunque carecen de los compuestos químicos presentes en los jugos y que son responsables de la nota frutal (Wright. 1999).

Existen alimentos en los que se necesita el saborizante en forma sólida ya sea porque todos los ingredientes son secos o porque requiere aumentar la vida de anaquel del producto (Sharma y Tiwari. 2001).

Los saborizantes se pueden clasificar de diferentes maneras. Una de ellas es la que refiere a su presentación: líquidos, emulsiones, pastas y sólidos (en polvo) (Wright, 2002). Otra clasificación es atendiendo a las características de sus componentes (Cheetham, 2002).

a) Saborizantes naturales. Pueden aislarse de las frutas y plantas mediante procesos de destilación, maceración, concentración y extracciones con disolventes, que sean capaces recuperar todos los componentes volátiles que definen el olor y sabor del material del que proceden. Un ejemplo concreto lo constituyen los aceites esenciales.

b) Saborizantes similares a los naturales. Son los que se obtienen de mezclas de compuestos sintéticos, en la proporción en que encuentran en la fruta, especias, hierbas o plantas naturales de la cual se quiere imitar su sabor.

c) Saborizantes artificiales. Son creados por la imaginación del saborista, su olor y sabor completos no existen en ningún elemento de la naturaleza.

1.6 Suero de Leche

El lactosuero o suero de leche es un líquido claro, de color amarillo verdoso translúcido, o incluso, a veces, un poco azulado, pero el color, así como sus características fisicoquímicas depende de la calidad, el tipo de leche utilizada en su obtención y el método de fabricación (Gómez et al.,1999), (Madureira et al.,2007).

En 1995 el Codex-Alimentarius lo define como el fluido que se separa de la cuajada después de la coagulación de la leche, nata, leche desnatada o suero de mantequilla en la fabricación del queso, la caseína o productos similares.

Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como suero de leche, el cual retiene cerca de 55% del total de ingredientes de la leche como lactosa, solubles, lípidos y sales minerales (Aider et al., 2008), (Fernández et al., 2009), y aproximadamente el 20 % de las proteínas (lactoglobulinas y lactoalbúminas) la exclusión al drenaje es la principal causa de que todavía sea considerado como un desecho, y son precisamente estos nutrientes los que al ser desechados a los cuerpos de agua, generan un elevado nivel de contaminación, debido a la alta demanda de oxígeno que se genera, por lo tanto se hace imperativo su aprovechamiento desde el punto de vista alimenticio como por protección ambiental. Considerando sus componentes, por su valor nutricional, farmacológico y tecnológico, adquiere una riqueza potencial en sus aplicaciones dentro de la industria láctea, esto motivo de cambiar su denominación como “desecho” a ser considerado como un subproducto (Castillo et al., 1996), (Chinappi & Sánchez, 2000) de ahí la importancia que genera ampliar la gama de aplicaciones industriales, logrando reducir la contaminación ambiental y recuperando el valor monetario.

1.6.1 Tipos de Suero de Leche y su Composición Química.

Dependiendo del método por el cual se obtenga la coagulación de la caseína, se tendrá un tipo de suero de leche, que puede ser, dulce (coagulación enzimática), con características propias como pH cercano a el de la leche, mayor contenido de sólidos totales, proteínas, lactosa, y

lípidos, pero menos calcio y fósforo, esto debido a la proteólisis producida por el cuajo, y suero ácido (coagulación ácida o producida por bacterias acidolácticas) con pH cercano al 4.5 y una alta concentración de minerales (Schmidt et al.,1994). La Tabla 5 muestra la variación de componentes dependiendo el tipo de suero.

Tabla 5 *Composición química del suero de leche.*

Parámetro	Suero Dulce (%)	Suero Ácido (%)
Acidez (Expresada como ácido láctico)	0.07 a 0.12	>.12
Cenizas	0.53 min	0.53 min
Grasa	0.10 max.	0.10 max.
Lactosa	4.7 min.	4.7 max.
Proteína	0.72 min	0.72 min.
pH	6.4 a 6.7	<6.4

Fuente: PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012

La principal diferencia entre ellos es la concentración de calcio, el suero dulce prácticamente no contiene calcio (0.6 a 0.7%), ya que la mayor parte queda retenida en la cuajada como paracaseinato cálcico, en comparación con el suero ácido (1.8 a 1.9%) debido a que el ácido láctico secuestra el calcio del complejo de paracaseinato cálcico, produciendo así lactato cálcico, y el contenido de lactosa.

La composición del suero de leche es variada ya que depende principalmente de factores como:

- Tipo de Queso
- Tratamiento térmico de la cuajada
- Método de coagulación (ácida o enzimática)
- Cuajo empleado (microbiano, quimosina, o mezclas como quimosina y pepsina)

1.6.2 Aprovechamiento del suero de leche.

Debido a la necesidad de aprovechar los diversos nutrientes del suero de leche, se han implementado diversas técnicas para su fraccionamiento siendo una de las principales las que se engloban en la Figura 7.

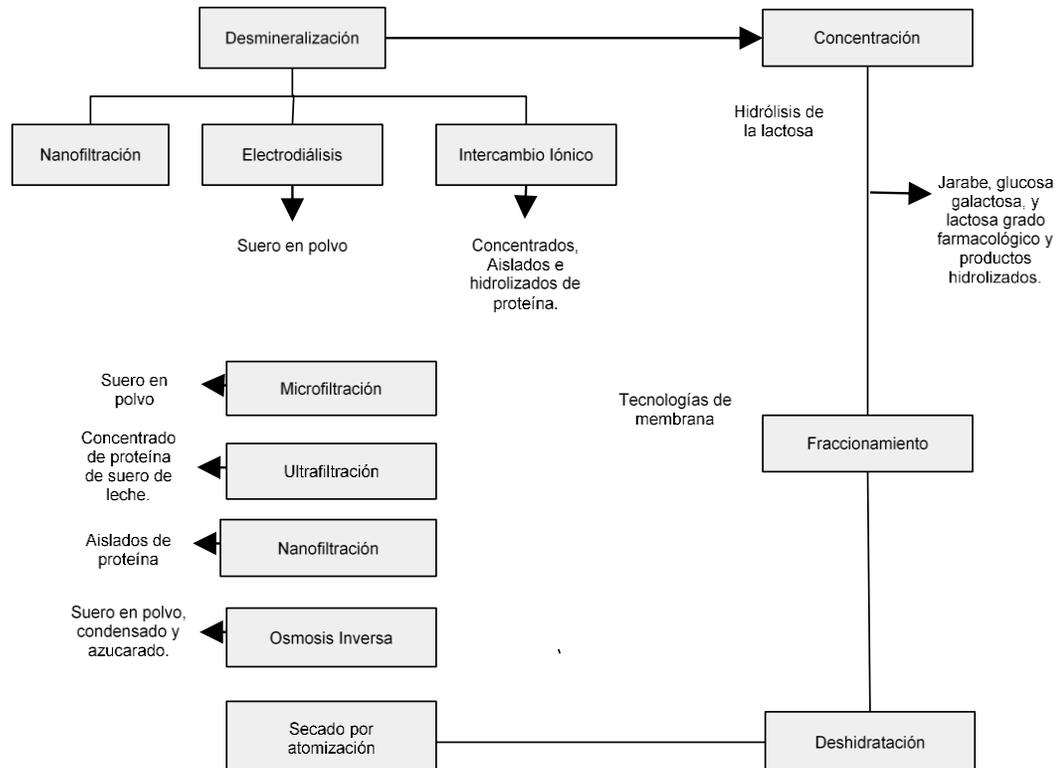


Figura 7 Métodos de aprovechamiento del suero de leche y sus aplicaciones.

Todas las operaciones descritas con anterioridad en la Figura 7, reducen el suero de leche a polvo, lo que permite obtener en un volumen reducido, un producto nutritivo de gran interés. Otra ventaja es que la industria láctea puede procesar el suero de leche en las mismas instalaciones donde se transforma la leche en polvo, y como consecuencia obtener una reducción en costos, previo a la transformación del suero de leche en polvo, se requiere la separación de los finos de caseína, posteriormente la separación de la grasa del líquido y finalmente se lleva a cabo una pasteurización.

La desmineralización tiene como objetivo reducir el contenido mineral en más de un 90%, el intercambio iónico es una de las técnicas más efectivas debido a que resultan productos altos en proteínas (90-92%), y muy bajos en grasa y lactosa, se basa en el uso de resinas especiales con carga iónica inversa a la de las proteínas para poder separarlas (Acero et al., 2006), una de las desventajas es que se pierden bioactivos del suero importantes como lactoferrina, lactoperoxidasa, y lisozima.

La etapa de concentración permite controlar la cristalización de la lactosa en forma de - monohidratada, llevando a cabo una hidrólisis ya sea de tipo enzimática o ácida (Beltrán y Acosta, 2012) (Carminatti et al., 2003) para obtener polvos no higroscópicos, generalmente se lleva a cabo en evaporadores de múltiple efecto.

Las tecnologías de membranas consisten en la separación de las proteínas y la lactosa del suero de leche, a través de una membrana, mediante la aplicación de una diferencia de presiones entre las 2 fases fluidas (Flores-Cadena , 2014), recuperando mediante las 2 salidas estos componentes, a su vez separando la lactosa de las sales minerales , completando el fraccionamiento y recuperando 3 productos reusables e importantes en la industria, una de sus ventajas es que mantiene la calidad nutricional y sensorial debido a las bajas temperaturas de operación, requiere de poco espacio y poseen amplia flexibilidad de proceso, dentro de las principales desventajas se encuentran el deterioro y la suciedad progresiva de las membranas, por lo cual requiere ser remplazado con periodicidad (Etzel, 2004), (Marshall y Harper, 1988).

Las tecnologías de membrana más destacables en el fraccionamiento del suero de leche son la microfiltración (MF), la cual reduce la población de bacterias y el contenido graso del lactosuero, esta eliminación de grasas es indispensable, debido a que este componente constituye uno de los agentes de saturación que puede contribuir en la disminución del flujo en el proceso con membranas, lo que puede ocasionar la obtención de productos con sabores alterados durante el almacenamiento (Souza et al., 2008), la ultrafiltración (UF), que concentra las proteínas del suero, nanofiltración la cual desaliniza el suero permitiendo obtener de igual manera concentrados proteicos (Muñi et al., 2005), (Riquelme, 2010), permitiendo pasar materiales de bajo peso molecular, como agua, iones y lactosa, mientras retiene materiales de

peso molecular elevado como proteínas (Zadow, 2003), ósmosis inversa (OI), logra la recuperación de proteínas, lactosa y concentrados de enzimas.

La Tabla 6 relaciona algunas técnicas de fraccionamiento de suero de leche en relación a sus aplicaciones industriales.

Tabla 6 *Tecnologías de membrana y sus aplicaciones en el aprovechamiento de suero de leche*

Tecnología	Retenido	Permeado	Aplicaciones
Microfiltración (MF)	Materia grasa, microorganismos, y coloides.	Agua, iones, lactosa, péptidos, proteínas de suero, y caseína.	Depuración microbiana de leche y suero lácteo. Enriquecimiento de la leche con micelas de caseína.
Ultrafiltración (UF)	Proteínas de suero y caseínas.	Agua, iones, lactosa y péptidos.	Concentrado de proteínas. Estandarización de la leche en proteína.
Nanofiltración (NF)	Iones divalentes Lactosa Iones polivalentes Péptidos	Agua, iones monovalentes y urea.	Preconcentración y desmineralización del suero.
Ósmosis Inversa (OI)	Iones Sólidos en suspensión Péptidos Proteínas	Agua.	Preconcentración y obtención de agua a partir del suero[1] .

Fuente: PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012

Existen procesos que se recomienda sean combinados para mejorar el aprovechamiento de los componentes del suero de leche.

1.6.3 Productos derivados del suero de leche

Como se describió con anterioridad, dependiendo del método de aprovechamiento surgen diversos productos del suero de leche, cada uno de estos con características singulares, la

Tabla 7 ilustra algunos de los componentes de diversos productos derivados del suero de leche.

Tabla 7 *Características de los productos derivados del suero de leche*

Parámetro (%)	Suero dulce	Suero ácido	Suero reducido en lactosa	Suero reducido en minerales	Suero reducido en proteínas
Acidez (Expresada como ácido láctico)	<0.15	>0.30	-----	-----	-----
pH (Solución al 10%)	>6	≤ 5.1	-----	6.2 a 7	6.5
Proteínas	11 – 14	11 - 14	18 - 24	11 – 15	8 máx.
Grasa	1-1.5	1 - 1.5	1 - 4	0.5 - 0.8	1.5 min
Lactosa	65 min.	61 - 70	<58	70 – 80	73- 80
Cenizas	8.5max.	10 - 12	11 - 22	1-7	11 máx.
Humedad	4 máx.	4 máx.	4 máx.	4 máx.	4 máx.

Fuente: PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012

Diversas investigaciones sugieren que se obtiene un mayor aprovechamiento del suero de leche cuando, se logran concentrar sus componentes, ampliando así su uso en la industria, dando lugar a productos que se benefician de las propiedades funcionales de las proteínas del suero de leche, las cuales son el constituyente más usado debido a sus efectos benéficos en la salud, su versatilidad al ser usadas como ingrediente en alimentos fisiológicamente funcionales (Morr y Ha, 1993), por tal motivo se ha incrementado el uso de proteínas de suero de leche en aplicaciones industriales. Existen diversos productos en el mercado que concentran las proteínas en diversos rangos, los cuales son conocidos como concentrados proteicos de suero de leche, que son comercialmente conocidos como (WPC), por sus siglas en inglés, whey protein concentrate, dependiendo del porcentaje de concentración proteica y proteína de suero de leche aislada (WPI) whey protein isolate.

1.6.4 Aislados de proteína de suero de leche

Se caracterizan por su alto grado de pureza, partiendo de contenidos proteicos altos a partir del 90%, sus aplicaciones se derivan en productos más específicos tales como, suplementos nutricionales, bebidas deportivas, medicinales y fórmulas infantiles (Lucena et al, 2007), sus propiedades se asocian a características funcionales tales como hidratación, gelificación y formación de espuma, debido a que las proteínas que se encuentran en mayor proporción lactoalbumina y lactoglobulina al estar más concentradas crean enlaces de agua más fuertes, lo que aumenta la capacidad de retención de agua.

1.6.5 Concentrados de proteína de suero de leche

Los concentrados de suero de leche son clasificados dependiendo la concentración proteica en su composición variando el rango de 34% hasta 80%, a continuación, la Tabla 8, se describen los componentes químicos de los diversos concentrados proteicos y así como los aislados.

Tabla 8 *Composición química del WPC a diferentes porcentajes de proteína*

Concentrado Proteico (%)	35	50	65	80
Humedad	4.6	4.3	4.2	4
Proteína cruda	36.2	52.1	63.0	81.0
Proteína real	29.7	40.9	59.4	75.0
Lactosa	46.5	30.9	21.1	3.5
Grasa	2.1	3.7	5.6	7.2
Cenizas	7.8	6.4	3.9	3.1

Fuente: Adaptación de Kinsella, 1982 a Mangino, 1994

Los concentrados proteicos poseen diversas aplicaciones comerciales debido a que las proteínas que en su mayoría se encuentran son altamente funcionales en aplicaciones tanto alimenticias como de grado farmacológico (Jaros et al ., 2008), las cuales son lactoalbúmina (20%) y

lactoglobulina (50%) distribuidas de esta manera en el suero de leche, las cuales son proteínas globulares compactas de baja peso molecular, que contienen aminoácidos esenciales en su composición, poseen una estructura intramolecular que encierra los grupos hidrofóbicos como resultado de la formación de puentes bisulfuro entre los grupos sulfhidrilo de las cisteínas, y deja en la parte externa los grupos hidrofílicos, que le confiere excelentes propiedades activas de superficie (Mangino,1992), que se traduce en propiedades funcionales como las que a continuación ilustra la Tabla 9.

Tabla 9 *Propiedades funcionales de las proteínas del suero de leche y de la leche*

Propiedades	Caseínas	Proteínas de Suero de Leche
Hidratación	Muy alta CRA*, con formación de alta concentración	CRA incrementándose con desnaturalización de proteína
Solubilidad	Insoluble a PI**	Insoluble a pH 5 si es termodesnaturalizado
Gelificación	No gelificación térmica excepto en presencia de calcio. Gelificación micela por quimosina	Gelificación térmica desde 70°C influencia de pH y sales
Viscosidad	Soluciones muy viscosas a pH básico y neutral. Viscosidad más baja a PI	Soluciones no muy viscosas excepto si son termodesnaturalizadas
Propiedades emulsificantes	Excelentes propiedades emulsificantes especialmente a pH básico y neutral. Baja estabilidad espumante	Buenas propiedades emulsificantes excepto a pH 4-5, si es termodesnaturalizada
Retención de sabores	Buena retención de sabores	Retención variable con la termodesnaturalización
Propiedades de espumado	Baja estabilidad espumante	Excelente estabilidad espumante

Nota: *CRA: Capacidad de retención de agua, **PI: Punto Isoeléctrico

Fuente: Hui 1993

En la Tabla 10, se realiza una comparativa de las funcionalidades proteicas del suero de leche y la leche, debido a que el WPC, es usado ampliamente para sustituir la leche en polvo de diversos productos alimenticios como, yogurt, queso procesado, bebidas (Foegeding y Luck, 2002), salsas, fideos, galletas, helados, pasteles (Muñí et al.,2005), derivados lácteos, panadería y cárnicos.

Tabla 10 *Comparativa de las proteínas del suero de leche y caseínas*

CASEINAS	PROTEINAS DE SUERO DE LECHE
Conforman el 70 % del contenido proteico	Representan el 20 % del contenido proteico
Se clasifican en alfa, beta y omega.	Se clasifican en albúminas y globulinas <ul style="list-style-type: none"> • α-lactoalbuminas y • β-lactoglobulinas
Se encuentran en la leche a través de micelas.	Se encuentran como proteasas y peptonas.
Principal aminoácido, Serina, que se esterifica por grupos fosfatos, dando lugar a las fosfoproteínas, y prolina la cual dificulta la formación de estructuras secundarias.	Amplio perfil de aminoácidos azufrados como Cisteína y Metionina y de cadena ramificada como Lisina y Triptófano.
Estructura en su mayor parte hidrofóbica.	Estructura hidrofílica en su mayor parte.

Fuente Miller, 2009

1.6. 6 Concentrado de proteína de suero de leche al 35% (WPC 35%)

El WPC 35%, es el más usado a nivel comercial debido a que se ha demostrado su alta efectividad y compatibilidad al momento de sustituirlo por proteínas de leche (Hugunin, 2003), además de tener la ventaja de simular el sabor de la leche y ser ligeramente dulce. A continuación, se muestra una tabla proximal de sus componentes químicos.

Tabla 11 *Composición del concentrado de suero de leche al 35%*

Componente	(%)
α - Lactoglobulina	50-55
β - Lactoalbumina	20-25
Inmunoglobulinas	10-15
Albuminas	5-10
Enzimas (Lactoferrina y Lactoperoxidasa)	> 5

Fuente : Sgarbieri et al., 2000

Como se observa en la Tabla 11, el WPC 35%, está compuesto primordialmente de α - lactoglobulina y β -lactoalbúmina , de estas proteínas se derivan sus usos en diversos alimentos, debido a que mejoran la estructura y le proporcionan valor agregado al alimento.

1.6.7 Proteínas del suero de leche y su influencia en la fortificación del yogurt.

Diversos estudios demuestran que las proteínas del suero de leche y sus péptidos bioactivos, poseen una importante acción fisiológica inhibitoria sobre determinadas rutas metabólicas, actuando como antimicrobianos y antivirales en el sistema inmunológico, nervioso, cardiovascular y gástrico (Pacheco et al., 2008) (Sgarbieri et al., 2000), además de proporcionar características estructurales a los productos alimenticios como el yogurt (Ibrahim et al., 2005). La incorporación de WPC a la formulación de yogurt como sustituto de leche en polvo, mejora la rigidez del coágulo, y estabiliza el gel sin necesidad de adicionar almidones o espesantes , alargando así la vida de anaquel y mejorando de manera indirecta el sabor, pruebas comparativas confirman que la concentración de ácido láctico, acetaldehído y diacetilo que son compuestos asociados al buen sabor del yogurt, son iguales o mayores incluso en las muestras en las que el WPC, ha reemplazado parcialmente los sólidos que brinda la leche descremada (Huginin, 2003). Al contrastar la adición de suero de leche y WPC, se demostró que el WPC logra igualar los valores de pH y acidez titulable de un yogurt estándar, debido a que el suero de leche incrementa los monosacáridos disponibles y acelera el proceso de fermentación al hidrolizar la lactosa (Parra, 2010), otras de las ventajas de su implementación es que el tipo de proteínas que posee tiene el mismo valor PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score) que

la proteína de la leche (Smithers, 2015), y posee mejor absorción gástrica que la caseína en el intestino delgado (Dangin et al., 2002).

Al adicionar concentrados de suero de leche a partir del 34% se mejora la textura y consistencia del yogurt, debido a que al fortificar la leche con WPC en la formulación, la Beta-lactoglobulina, excede ampliamente la concentración de Kappa-caseína, como resultado de esto se forman complejos de proteínas con Alfa-lactoalbumina, lo que da una mejor cohesividad al gel y por lo tanto mejora su estabilidad.

De la misma manera al reemplazar los sólidos lácteos por WPC ya sea de manera parcial o total se logra igualar o mejorar los valores de viscosidad, gracias a los fosfatos añadidos que se encuentran en el concentrado de suero de leche y sus interacciones con los iones de calcio.

1.7 Estudio de Mercado

Un estudio de mercado es la primera etapa en la realización de un proyecto, debido a que este define el medio con el que se llevará a cabo, se define como la planificación, recopilación, análisis y comunicación de manera sistemática y descriptiva de datos relevantes para la situación de mercado específica que enfrenta una organización o proyecto (Kotler et al ., 2003), es de gran utilidad debido a que te da datos certeros de la viabilidad del proyecto, tendencias de consumo, áreas de oportunidad, etc.

La Tabla 12 explica algunos de los objetivos primordiales en la realización de un estudio de mercado.

Tabla 12 *Principales objetivos para la realización de un estudio de mercado*

<p>Visión actualizada de tu sector de actividad (conocer la oferta) Comprensión de características del medio interno y externo Identificación de oportunidades de negocio, o alternativas en caso de no resultar viable Evaluación y supervisión del funcionamiento del proyecto Información para enfrentar las condiciones del mercado Posibles efectos en factores económicos, culturales, demográficos, etc.</p>

Fuente: Taylor y Kinnear, 2000

1.7.1 Clasificación de un estudio de mercado

A continuación, se detallan aspectos que tipifican los análisis para la realización de un estudio de mercado.

Cualitativo: Analizan la información desde un enfoque motivacional, por medio de varias técnicas basadas en la psicología y antropología, de las que destacan, sesiones de grupo y entrevistas a profundidad.

Cuantitativo: Investigaciones basadas en datos estadísticos que reflejan cifras absolutas y relativas del mercado, se asocia con métodos de muestreo, proyecciones de tendencia y otras evaluaciones de estadística descriptiva.

Observación Registrar conductas y patrones de comportamiento de determinado público de forma natural o artificial a manera de espectador, ya sea de una situación común en un ambiente normal, o en un medio creado.

Exploratorios Permiten indagar en aspectos de mercado que facilitan su comprensión, sirven como punto de partida, para conocer, familiarizarse o sensibilizarse sobre un mercado, su segmentación, tipo de consumidores o problemas específicos.

Fuente: AMA (Asociación americana de mercadotecnia), (Ibarra, 1998).

1.7.2 Tipos de estudio de Mercado

El tipo de estudio que se realice podrá variar en función a los objetivos que se desean elaborar como:

Lanzamiento de una nueva línea de actividad, que se basa en analizar la aceptación de un producto o servicio en el mercado.

Entrada de un nuevo mercado en el cual se tipifican las diferencias sociales, políticas y económicas para desarrollar una ampliación en el mercado por adaptación.

Evaluación de causas de ascenso o descenso en ventas la cual lanza un diagnostico cuantitativo de tendencias de ventas.

Impacto de una campaña publicitaria para medir y predecir el impacto de una campaña publicitaria.

1.7.3 Etapas en la realización de un estudio de mercado.

La Figura 8 demuestra los principales aspectos a considerar para realizar un estudio de mercado.

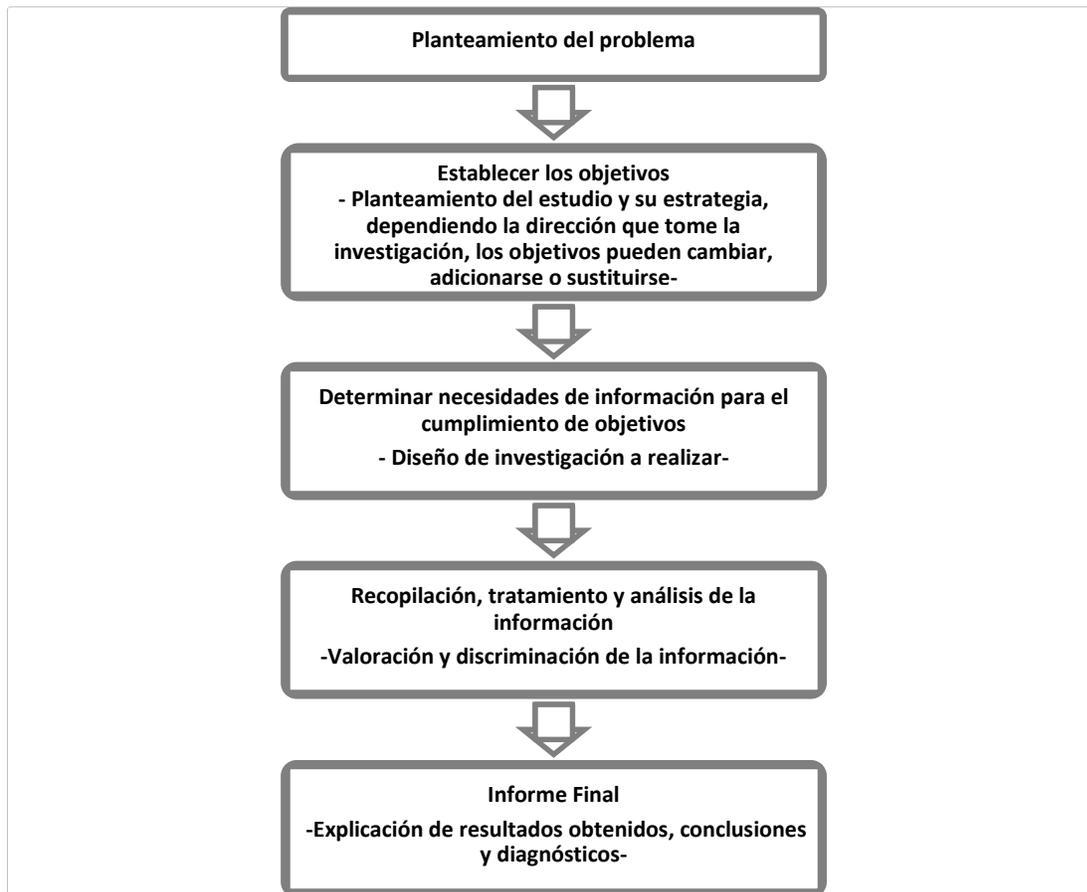


Figura 8 Desarrollo *de un estudio de mercado*.

Fuente: (Secretaría de Economía, 2011)

1.7.4 Metodología de recopilación de información

Una de las etapas más críticas en la realización de una investigación de mercado, es la compilación de información, debido a que esta puede ser por diversas fuentes:

Fuente primaria: Recabación de datos por las personas que dirigen el proyecto.

Cuando la recopilación de datos se da por fuente primaria, existen diversos métodos de investigación para la obtención de dicha información, los cuales son, encuesta, medios electrónicos y telefónicos.

Fuente secundaria: Información almacenada por el proyecto o la empresa (Interna), u obtención de datos por instituciones abocadas a la recopilación de reportes, estadísticas, encuestas etc. (Externa).

1.7.5 Elaboración de una encuesta de mercado.

Para fines prácticos se describirá únicamente los procedimientos que se deberán llevar a cabo para la realización de una encuesta como fuente de información primaria de tipo cuantitativo/ cualitativo.

Antes de realizar la construcción de una encuesta, se deben de estudiar los objetivos que impulsaron la realización de dicha encuesta (Alcaraz, 2001), las preguntas realizadas deberán ser congruentes, claras, que no impliquen cálculos complicados, y breves (Fernández, 2000).

Debe tomarse en cuenta el establecimiento de filtros necesarios para direccionar al público, la información que se distribuirá, los objetivos de la investigación en cada pregunta que se realice, y si es necesario datos de clasificación que puedan discriminar de mejor manera la información como: estilo de vida, edad, sexo, género, escolaridad etc.

Es importante determinar los propósitos de las preguntas, las cuales brindarán información clave para la estructura de un análisis de mercado, los cuales se detallan a continuación, como tipos de preguntas.

Dicotómicas: Estas solo generan dos respuestas posibles, por lo tanto, permiten identificar claramente la opinión del entrevistador.

Opción múltiple: Identificar preferencias, niveles de consumo, usos y actitudes.

Ponderativas: El entrevistado emite un juicio de valor, lo que es útil para determinar sus tendencias.

Filtro: Identificar si el encuestado es o no parte del segmento del mercado al que nos dirigimos.

Evaluación: Verificar la autenticidad de otras respuestas.

Abiertas: Expresa la libre opinión del entrevistado, el único problema con este tipo de preguntas es que son difíciles de tabular (Fernández, 2000), (López, 2004).

1.8 Evaluación Sensorial

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. (Lawless y Heymann, 2010), también definido como el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos (Anzaldúa- Morales, 1994).

Las técnicas para el análisis sensorial pueden ser discriminativas, afectivas o descriptivas, cada tipo de prueba cumple con fines específicos.

Pruebas Discriminativas pueden ser utilizadas para demostrar que dos pruebas son lo suficientemente parecidas como para utilizarlas indistintamente, como ejemplo de estas son la prueba triangular, la prueba de comparación de pares y la prueba dúo-trío. Generalmente este tipo de pruebas se requiere de 25 a 50 panelistas (Drake, 2008).

Pruebas afectivas son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción del juez evaluador (Anzaldúa- Morales, 1994), las pruebas buscan que los consumidores expresen su reacción ante el producto, indicando si les gusta o si les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, si lo prefieren entre otros productos o si son el único camino para

conocer su potencial de comercialización. Este tipo de pruebas comprenden las pruebas de preferencia y de nivel de agrado.

La prueba de preferencia implica la presencia de 2 o más muestras que deben ordenarse de la favorita a la que menos agrada. Esta prueba es de elección forzada, lo que quiere decir que aun si a los consumidores no les agrada ninguna de las muestras debe ordenarlas.

La prueba de nivel de agrado consiste en escalas hedónicas de 5 a 9 puntos siendo más usadas las de 9 puntos que desde me disgusta extremadamente hasta me gusta extremadamente. Por la subjetividad de la prueba es necesario un gran número de participantes, al menos 50, para su confiabilidad (Drake, 2008),(Cruz et al, 2010).

Pruebas Descriptivas definen las propiedades del alimento y las mide de la manera más objetivamente posible (Anzaldúa-Morales, 1994). El análisis sensorial descriptivo, es un método sensorial por el cual los atributos de un alimento o producto son identificados y cuantificados, con seres humanos que han sido entrenados (Keane, 1992), (Brown, 2008). Entre las metodologías están, método de perfil del sabor, de la textura y el análisis cuantitativo descriptivo QDA. Las escalas utilizadas van de izquierda a derecha, con intensidades crecientes, débil a fuerte, así los valores sirven para obtener información sobre las diferencias y similitudes entre los productos en estudio.

1.8.1 Análisis sensorial del yogurt.

La característica más importante para los consumidores es el sabor, color y sensación en la boca, la última está relacionada con la reología, influenciada por la suavidad y cremosidad siendo estas dependientes de la viscosidad. Se puede dar por hecho que cualquier aspereza o bultos en el yogurt es el resultado de fallas en la fabricación; se sabe que este último es causado por un tratamiento térmico inadecuado de la leche. La evaluación de las propiedades reológicas solo ocupan un lugar menor en la evaluación sensorial de yogurt. Se ha observado que los puntajes sensoriales más altos se dan si la cantidad de sinéresis es baja (Prentice, 1992).

CAPÍTULO 2

DESARROLLO EXPERIMENTAL

CAPÍTULO 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un yogurt bebible, evaluando el efecto de la adición de WPC 35%, con la finalidad de obtener un producto con alto aporte proteico, y buenas características organolépticas en comparación con un producto comercial.

2.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

OBJETIVO PARTICULAR 1

Garantizar la inocuidad sanitaria de las formulaciones establecidas con 4 niveles de concentración (25%, 50%, 75%, 100%) mediante un análisis microbiológico fundamentado en la normatividad mexicana vigente para comprobar que cumple con las especificaciones. (Coliformes Totales, *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus*, Mohos y Levaduras)

OBJETIVO PARTICULAR 2

Evaluar el efecto de la adición de WPC 35 %, en las formulaciones establecidas, con 4 niveles de concentración (25%, 50%, 75%, 100%), mediante el uso de pruebas hedónicas de preferencia para seleccionar el producto con mayor aceptación, y de manera simultánea evaluar la estabilidad de cada formulación propuesta.

OBJETIVO PARTICULAR 3

Determinar la Composición Química del producto desarrollado mediante un Análisis Químico Proximal para establecer comparativa con un yogurt comercial, comprobar que cumpla con los lineamientos normativos vigentes y establecidos para productos con modificaciones en su composición (Carbohidratos, Cenizas, Grasa, Fibra Dietética, Humedad, y Proteína) y evaluar calorías para especificidad del producto.

OBJETIVO PARTICULAR 4

Identificar la influencia del WPC 35% en el producto desarrollado mediante la determinación de la viscosidad del yogurt con el objeto de comparación con un producto comercial.

OBJETIVO PARTICULAR 5

Delimitar la competitividad del yogurt desarrollado mediante un Análisis sensorial de aceptación con respecto a un producto comercial.

OBJETIVO PARTICULAR 6

Analizar la vida útil del producto que tuvo mayor aceptación por medio del monitoreo de pH y la acidez, así como el conteo de bacterias ácido lácticas para establecer un periodo máximo de estabilidad en anaquel.

2.3 Descripción del cuadro metodológico

2.3.1 Actividades preliminares

2.3.1.1 Evaluaciones al WPC 35%

Como actividades previas al primer objetivo es importante conocer la calidad referente a las buenas prácticas de manufactura evaluando los siguientes organismos patógenos en el WPC 35% descrito en la Tabla 13.

Tabla 13 *Análisis microbiológico del WPC 35%*

Microorganismo	Método	Referencia
Coliformes Totales	Recuento En Placa (Agar Rojo-Violeta-Billis)	NOM-113-SSA1-1994
<i>Salmonella Spp</i>	Recuento En Placa (Agar Salmonella Shigela)	NOM-114-SSA1-1994
Mohos Y Levaduras	Recuento En Placa (Agar Dextrosa-Papa)	NOM-111-SSA1-1994

Se determinaron los componentes químicos más representativos del WPC 35%, para establecer datos comparativos con los estipulados por el proveedor en la ficha técnica adquirida.

De acuerdo a las características físicas y químicas del producto se eligieron los métodos para determinar su composición, en base a técnicas oficiales mostradas en la Tabla 14.

Tabla 14 *Técnicas para el análisis químico proximal del WPC 35%*

Componente	Método	Referencia
Lactosa	Fehling	NOM-155-SCFI-2012
Proteína	Micro-Kjeldahl	NOM-155-SCFI-2012
Grasa	Soxhlet	AOAC 31-4-02-2000
Cenizas	Método De Incineración Directa	AOAC 945-46-1990
Humedad	Estufa 70°C	AOAC 925-23-1990

2.3.1.2 Estudio de mercado

Se realizó un estudio de mercado de tipo cuantitativo/cualitativo, de fuentes primarias, basándonos en un formato de recopilación de información de tipo encuesta a nivel personal, con el objetivo de analizar las tendencias de preferencias y consumo de yogurt delimitando así la viabilidad de diseñar un nuevo producto en la industria alimenticia, la evaluación se aplicó en una población de 100 personas con un amplio rango de edad, que va desde los 18 hasta los 60 años, dentro de una localidad común, los datos recabados se analizaron de manera gráfica. El formato de la encuesta se muestra en el anexo 1.

2.3.1.3 Elaboración de formulación base del yogurt

La formulación mostrada en la Tabla 15 se estableció con la finalidad de conocer el proceso de elaboración de yogurt y sus diversas condiciones críticas, como tiempos y temperaturas de las cepas, así como para tener una base en el diseño del producto.

Tabla 15 *Formulación control de yogurt*

Ingredientes	Porcentaje
Leche Líquida (Entera, Semidescremada, Descremada)	86.5%
Leche Descremada En Polvo	6.5%
Azúcar	7%
Cultivos Lácticos	0.00348%

2.3.1.4 Desarrollo de formulaciones

Basándonos en la actividad preliminar 2.3.3, se diseñaron 4 niveles de concentración distintos para adicionar el WPC 35%, para sustituir los sólidos de la leche en la formulación del yogurt, la Tabla 16 ilustra las formulaciones propuestas.

 Tabla 16 *Formulación de yogurt a 4 niveles de variación de WPC 35%*

Componente (%)	Formulación 25%	Formulación 50%	Formulación 75%	Formulación 100%
Leche Líquida	89.2	89.2	89.2	89.197
Leche en Polvo	4.88	3.25	1.62	—
WPC 35	1.62	3.25	4.88	6.5
Inulina de Agave	3	3	3	3
Cultivos Lácticos	0.003	0.003	0.003	0.003
Sucralosa c/agente de relleno	0.8	0.8	0.8	0.8
Fresa en polvo	0.5	0.5	0.5	0.5

La Figura 9 ilustra las condiciones de proceso que se llevaron a cabo para desarrollar las formulaciones propuestas.

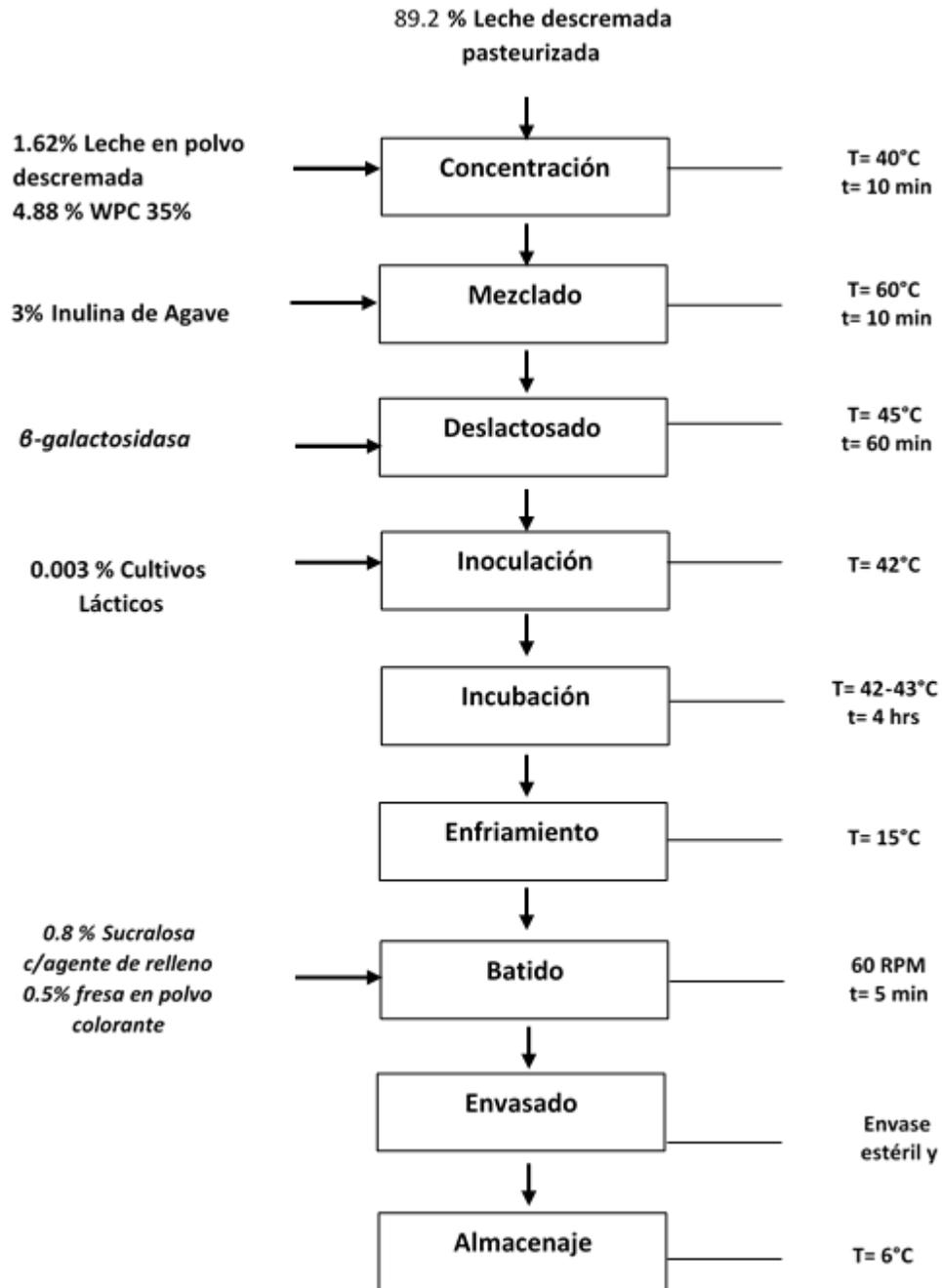


Figura 9 Diagrama de proceso de elaboración del producto desarrollado

2.3.1.4.1. Descripción del diagrama de proceso

Recepción

Se utilizó leche descremada debido a que se requirió que el aporte de grasa fuera el menor debido a las características finales deseadas del producto, se omitieron las pruebas cualitativas ya que la leche utilizada se decidió que fuera de marca comercial.

Incremento de extracto seco

Se incorporó la leche en polvo descremada marca Svelty y el WPC 35% de la marca Renilac S.A de C.V a una temperatura de 40°C, debido a que el WPC es difícil de homogeneizar a temperaturas por debajo de lo estimado, de esta manera se disminuye la aparición de conglomerados en la mezcla y se minimiza el tiempo de mezclado.

Incorporación de aditivos

Se añadió la inulina de agave de marca Ingredion, a 60°C para mejorar su incorporación en la mezcla, esto por recomendaciones del proveedor, y debido a que la inulina de agave forma cristales si se adiciona a temperaturas menores a lo estimado.

Deslactosado

Se adicionó la enzima β -galactosidasa procedente de la levadura de la leche *Kluyveromyces lactis* de la marca Godo YNL Mitsubishi, evaluada al 0.005% a una temperatura de 45°C, por 60 minutos, como recomendación del proveedor.

Inoculación

En este proceso se utilizaron cultivos starter de inoculación directa de la marca Dupont-Danisco, a una temperatura de 42°C, acorde a las recomendaciones del proveedor.

Incubación

De esta etapa dependieron aspectos importantes de calidad en el producto final, como textura, formación correcta del gel, sabor, aroma y acidez, por lo tanto el tiempo y la temperatura son variables críticas en el correcto desarrollo del producto, por lo tanto se establecieron a 42°C, en

4 horas, que es el tiempo en el que el pH logra estar en el rango adecuado para una correcta acidificación.

Enfriamiento

Durante esta operación se detiene el desarrollo de los microorganismos, bajando la temperatura de 42°C, a 15°C. Se adiciona la sucralosa marca Cedrosa. considerando que si se adiciona este edulcorante en otra etapa de temperatura más elevada este tiende a potencializar su sabor y como consecuencia resulta un producto final con un dulzor y resabio intensos, por lo tanto, se decidió adicionar la sucralosa, cuando el proceso estuviera en una etapa de temperatura baja y que esta no volviera a incrementarse.

Batido

Este proceso se realizó de manera manual, debido a que las batidoras disponibles en el Taller de Lácteos, rebasaban las revoluciones por minuto, que se sugieren para romper el coágulo, lo que provocaría un exceso de fluidez y se perdería la apariencia que se desea lograr de producto final. En este estudio se elaboró yogurt de tipo bebible, por lo tanto, la viscosidad que se observa resultado de la formación del coágulo, debe disminuirse para que el producto tenga mayor fluidez.

Envasado-Almacenamiento

Se realizó un envasado aséptico, el cual consiste en utilizar herramientas y recipientes previamente esterilizados y que posteriormente se mantuvieran cerrados herméticamente, esto con la intención de disminuir riesgos de contaminación cruzada. Mientras y después de ser envasado el producto se deberá mantener la cadena de frío, respetando así la temperatura de refrigeración la cual es de 6°C.

2.3.2 Objetivos

2.3.2.1 Evaluaciones a las formulaciones propuestas

2.3.2.2 Análisis microbiológico

A continuación, se presenta la Tabla 17 que incluye los métodos para garantizar la calidad microbiológica de las formulaciones propuestas (25, 50, 75, 100%), en base a análisis microbiológicos con el objetivo de posteriormente someterlas a una evaluación sensorial. El análisis fue aplicando métodos de conteo por placa, basado en fuentes oficiales.

Tabla 17 *Análisis microbiológico a las formulaciones establecidas*

Microorganismo	Método	Referencia
Coliformes Totales	Recuento En Placa (Agar Rojo-Violeta-Billis)	NOM-113-SSA1-1994
<i>Salmonella Spp</i>	Recuento En Placa (Agar Salmonella Shigela)	NOM-114-SSA1-1994
<i>Staphylococcus Aureus</i>	Recuento En Placa (Agar Baird Parker)	NOM-115-SSA1-1994
Mohos Y Levaduras	Recuento En Placa (Agar Dextrosa-Papa)	NOM-111-SSA1-1994

2.3.2.3 Prueba de Estabilidad

Se realizó una prueba en la que se evaluó la separación de las fases de las 4 formulaciones desarrolladas, por medio de una centrífuga marca Beckman de 115 volts modelo 349702, que agilizo el proceso, estableciendo 15 días de prueba con intervalos de 7 en cada evaluación, sometiendo las muestras a una velocidad de 300 rpm, durante 15 minutos a una temperatura de 25°C, posteriormente se compararon los porcentajes de estabilidad con un producto de marca comercial Yoplait MR. en su presentación como yogurt tipo griego triple proteína, para evaluar la viabilidad de las formulaciones evaluadas.

2.3.2.4 Análisis sensorial de preferencia

Se realizó una evaluación sensorial de 4 muestras de yogur bebible sabor natural con diferentes concentraciones de WPC 35% (25, 50, 75, 100%) para los atributos que describen sensorialmente el yogurt, tales como sabor, color, olor, y consistencia para detectar el grado de aceptación de las formulaciones de yogurt elaboradas.

Se contó con un panel de 100 jueces no entrenados, a los cuales se les aplicó una prueba afectiva con escala hedónica de cinco puntos. La escala de calificación que se utilizó fue de 6 (me disgusta mucho) a 10 (me gusta mucho), en el Anexo 2 se muestra la encuesta realizada.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante la prueba de ANOVA comparando cada atributo (sabor, color, aroma, y consistencia) y mediante la F de Fisher crítica se determinó la diferencia significativa entre las 4 muestras.

2.3.3 Evaluaciones al producto desarrollado

2.3.3.1 Análisis Químico Proximal y Fisicoquímico

Se determinó la composición química del producto que se seleccionó en base a los puntajes más altos obtenidos en la evaluación sensorial. El análisis químico proximal se determinó con el objetivo de conocer la composición del producto desarrollado y establecer los comparativos con respecto a un producto comercial.

De acuerdo a las características físicas y químicas del producto, se seleccionaron las siguientes técnicas para la determinación química del yogurt, con base en técnicas oficiales mexicanas mostradas en la Tabla 18.

Tabla 18 *Análisis químico proximal del producto desarrollado*

Componente	Método	Referencia
Lactosa	Fehling	NOM-155-SCFI-2012
Proteína	Micro-Kjeldahl	NOM-155-SCFI-2012
Grasa	Roese-Gottlieb	NOM-086-SSA1-1994
Cenizas	Método De Incineración Directa	AOAC 945-46-1990
Fibra	Método Gravimétrico Enzimático	NOM-086-SSA1-1994
Humedad	Estufa 80°C Con Arena	AOAC 925-23-1990

En la Tabla 19 se ilustran las técnicas que se elaboraron para controlar las características fisicoquímicas del yogurt.

 Tabla 19 *Análisis Fisicoquímico del producto desarrollado*

Componente	Método	Referencia
Acidez	Titulación	NOM-185-SSA1-2002
pH	Potenciómetro	NMX-F-317-NORMEX-2013

2.3.3.2 Análisis del proceso de reducción de lactosa

El producto desarrollado presenta un porcentaje de lactosa inicial alto en comparación con un yogurt convencional, más del 50%, por lo que se realizó una reducción de lactosa a partir de la enzima β -galactosidasa, la cual proviene de levadura de leche *Kluyveromyces lactis*, a una temperatura de 45°C, por 60 minutos (recomendaciones del fabricante). El grado de reducción de lactosa se midió por medio de la técnica de Fehling, antes y después de la aplicación de la enzima.

2.3.3.3 Determinación del aporte calórico

Para la determinación de calorías para una porción de 100 g se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Calorías/100 g} = (4 \text{ cal} \times \text{g Proteína} + 4 \text{ cal} \times \text{g Carbohidratos} + 9 \text{ cal} \times \text{g de Grasa})$$

Fuente: (Peña et al., 1988)

De acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994 un producto bajo en calorías es cuando su contenido debe ser menor o igual a 40 calorías/porción. Cuando la porción sea menor o igual a 30 g, su contenido de calorías debe ser menor o igual a 40 calorías/50 g de producto.

Con base en la especificación de la norma, la fórmula para el cálculo que determinó las calorías del yogurt seleccionado para una porción de 50 g de producto fue de la siguiente manera:

$$\text{Calorías/50 g} = (4 \text{ cal} \times \text{g Proteína} + 4 \text{ cal} \times \text{g Carbohidratos} + 9 \text{ cal} \times \text{g de Grasa}) / 2$$

2.3.3.4 Evaluación de la viscosidad

La prueba citada a continuación se realizó en el Laboratorio de Propiedades Reológicas y Funcionales en Alimentos (LAPRYFAL), de la FESC-1, con la colaboración de la Dra. Laura Patricia Martínez Padilla.

Se evaluó la viscosidad del producto desarrollado y se realizó una comparativa de un producto comercial con características similares, se empleó un yogurt de marca Yoplait MR en su presentación como yogurt bebible, triple proteína estilo griego. El yogur al ser un material tixotrópico requirió ser analizado a una velocidad de cizalla de 100 s^{-1} , por periodos de 10 segundos, esto se realizó en un viscosímetro de cilindros concéntricos de marca Anton Paar (MCI9, con el sistema Z2, analizando el fluido con un baño de temperatura de 20°C , se obtuvieron 50 lecturas cada 10 segundos, y no se aplicó acondicionamiento previo a las muestras.

2.3.3.5 Análisis sensorial de aceptación

Se realizó una evaluación sensorial con 2 muestras diferentes que fueron la de yogur bebible sabor fresa adicionado con WPC 35% y la del yogurt comercial y se analizaron los atributos que describen sensorialmente el yogurt, tales como sabor, color, olor, y consistencia para detectar el grado de aceptación de los yogures elaborados.

Se contó con un panel de 100 jueces no entrenados, considerando a todos consumidores regulares del producto, que van de los 18 a los 60 años, se seleccionó este amplio rango de edad, debido a que uno de los objetivos del proyecto es que el producto sea de consumo general, siendo 50% de la población del género masculino y femenino respectivamente, a los cuales se les aplicó una prueba afectiva con escala hedónica de cinco puntos. La escala a trabajar es de 6 (me disgusta mucho) a 10 (me gusta mucho).

2.3.3.6 Análisis de vida de anaquel

El cumplimiento del siguiente objetivo se llevó a cabo en el área destinada a análisis microbiológicos del Taller de Lácteos, con el apoyo y supervisión de la Mta. Guadalupe Amaya. Se analizó una muestra de yogurt líquido sabor fresa, en un periodo de 40 días, simulando las condiciones de punto de venta, las cuales son temperatura 6°C, con los siguientes intervalos de tiempo para realizar la interpretación.

- Día 1-15 intervalo cada 5
- Día 15-30 intervalo de 4
- Día 30-40 intervalo de 2

La evaluación se basó en un análisis de cinética de bacterias acidolácticas en diluciones que van de 10^6 hasta 10^8 , que a continuación se representa en la Tabla 20.

Tabla 20 *Métodos de conteo de bacterias acidolácticas*

MICROORGANISMO	MÉTODO	REFERENCIA
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Recuento en placa (M17)	NMX-703-COFOCALEC-2004.
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Recuento en placa (MRS)	NMX-703-COFOCALEC-2004.

También se llevó a cabo un seguimiento a los valores de pH determinados en forma directa con un potenciómetro de marca Conductronic pH 120, y acidez por medio de una titulación alcalimétrica con NaOH con una normalidad de .095, usando fenolftaleína como indicador, expresando el resultado en porcentaje de ácido láctico, como a continuación se indica. (NOM-155-SCFI-2012)

$$\frac{V*N}{M} * 100$$

Dónde:

N= Normalidad

V=Mililitros de solución de NaOH gastados en la titulación

M= Volumen de la muestra en ml

0.09meq= Miliequivalentes de ácido láctico

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluaciones al WPC 35%

3.1.1 Análisis Microbiológico del WPC 35 %

La Tabla 21, ilustra los resultados obtenidos de la determinación de la carga microbiana, del concentrado de proteína de suero de leche (WPC 35%) en función a los parámetros emitidos por la NOM-243-SSAI-2010, de Coliformes Totales, *Salmonella spp*, Hongos y Levaduras.

Tabla 21 Análisis microbiológico del WPC 35%

Microorganismo	Resultados (UFC/ml)	Límite Máximo Permitido (UFC/ml) NOM-243-SSAI-2010
Coliformes Totales	<10	≤ 10
<i>Salmonella spp.</i>	Ausente	Ausente EN 25 g o ml
Hongos y Levaduras	<10/<10	≤10 /≤10 UFC/g

La Tabla 21 indica que la materia prima empleada a lo largo del estudio posee una carga microbiana permisible y apta para la elaboración de productos comestibles, lo que representa una disminución en los riesgos de contaminación del producto elaborado.

3.1.2 Análisis Químico Proximal del WPC 35%

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal que se realizó al suero de leche, se compararon con las especificaciones que certifica el proveedor, obteniendo así, coeficientes de variación bajos a nivel experimental, además de observarse una diferencia entre los datos de especificación y los experimentales de casi el 10%.

En la Tabla 22 se indican los valores de referencia indicados por el proveedor del WPC 35% y los valores de los componentes químicos del producto en estudio que se obtuvieron experimentalmente.

Tabla 22 *Análisis químico proximal del WPC 35%*

Componente	Datos Proveedor (%)	Datos experimentales (%)	C. V
Proteína	34.5 - 35.5	31.4 ± 3.1	1.75
Grasa	0.1 - 0.5	0.4	0.01
Lactosa	45.5 - 50.5	35.4 ± 5.1	2.26
Cenizas	6.9	5.6 ± 2.7	1.64
Humedad	3 - 4	3.3 ± 1.7	1.30

C.V.= Coeficiente de Variación

La Tabla 22 muestra que el valor experimental de la proteína fue de 31.4, con desviación estándar de 3.1 contra el valor referencial, este dato es relevante debido a que el proveedor indica un producto con 35% de proteína y experimentalmente resultó ser menor de acuerdo al promedio de las réplicas, pero tomando en cuenta la desviación estándar el porcentaje puede oscilar hasta 28.3 a 34.5. Al agregarse el WPC 35% a la formulación del yogurt, tiene una repercusión en el incremento de proteínas, pero al declararse experimentalmente un valor menor al referencial consecuentemente nuestro producto tendrá menos proteínas y deberá ser tomada en cuenta en la formulación

Con respecto a los valores de grasa hay una diferencia de 0.1%, siendo mínimo el resultado podría considerarse variación experimental.

En el caso de la lactosa hubo 10 % de diferencia, siendo mayor los datos referenciales contra los experimentales. Tomando en cuenta la desviación estándar en los datos experimentales la lactosa oscila de 30.26 a 40.52 declarando que el concentrado proteico tiene menos lactosa que como es indicado en la ficha técnica del producto. Siendo este un valor de interés debido a que se buscó desarrollar un producto con porcentaje de lactosa “igual o menor” a los productos referenciales que actualmente se encuentran en el mercado.

En la determinación de cenizas experimentalmente se obtuvo un 1.35% menor que en la referencia y humedad resultó igual, en contraste al valor de la ficha técnica del producto en estudio referencial.

3.2 Análisis de Estudio de Mercado

A continuación, se muestran las tendencias obtenidas de la encuesta que se observa en el Anexo 1, realizada a 100 consumidores, con un rango de edad de 18 a 60 años, con respecto al consumo de yogurt los resultados obtenidos fueron los que se muestran en la Figura 10; cabe destacar que se engloba el consumo de yogurt a cualquiera que sea la presentación o la cantidad consumida.

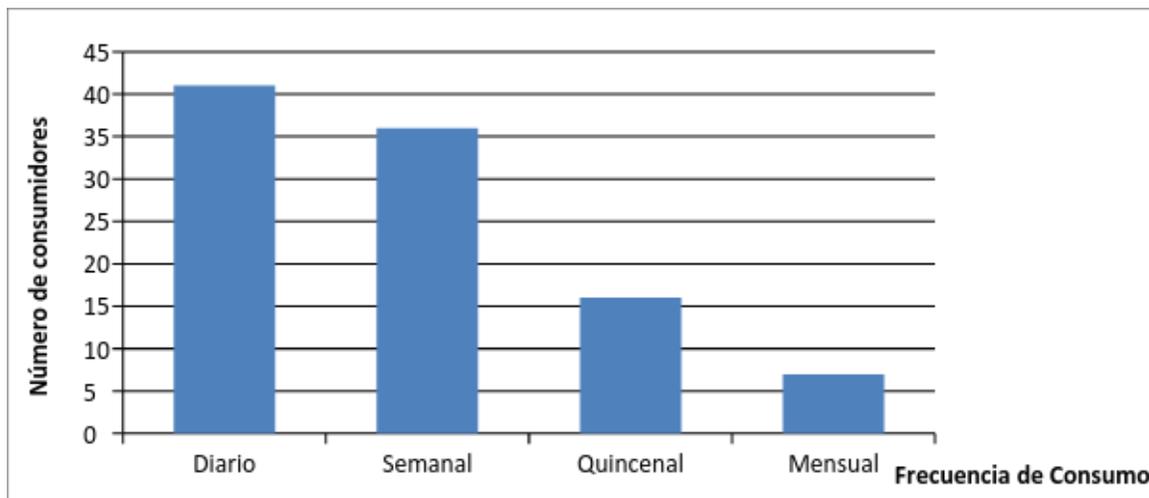


Figura 10 *Frecuencia de Consumo*

El 41% de la población encuestada reportó que consume yogurt de manera diaria y un 36% de forma semanal, lo que significa que es un producto de consumo significativo, datos reportados por la Ensanut en 2012 estiman que el 8.5% de la población mexicana consume yogurt de manera frecuente. Diversas fuentes han estratificado el consumo de yogurt por edad, obteniéndose que en edad preescolar y escolar suman un 29.1% del total de las cifras (Canilec, 2014), sin embargo, numerosas referencias hablan que la segmentación por género estima en un 9.2% el consumo en mujeres en comparación con un 7.6% en hombres (Ensanut 2012). Por lo que se podría decir que es un producto con mayor impacto en mujeres y niños menores de 18 años.

El crecimiento en ventas del yogurt se ha visto influenciado por la incorporación de nuevos productos lácteos, ampliando la variedad de la oferta dirigidos a diferenciar y segmentar mercados. (Secretaría de Economía, 2012)

Se prevee que en los siguientes 5 años la tasa de crecimiento anual siga aumentando en un 5.4% aproximadamente (Tamilow, 2012) por lo que se puede concluir que es un producto que ha estado intensificando su penetración en el mercado mexicano y lo seguirá haciendo, los resultados mostrados reflejan esta tendencia cada vez más común de consumo, por lo que desarrollar un producto que favorezca la diversificación y a la vez resulte más atractivo en el aspecto nutrimental podría tener una aceptación potencial.

Se decidió segmentar los datos obtenidos con respecto al consumo de yogurt en tipo líquido o batido, debido a que es necesario conocer si las diferencias de consumo que presente la población encuestada son relevantes, esto para fines de diseño del producto. La Figura 11 muestra las tendencias obtenidas.

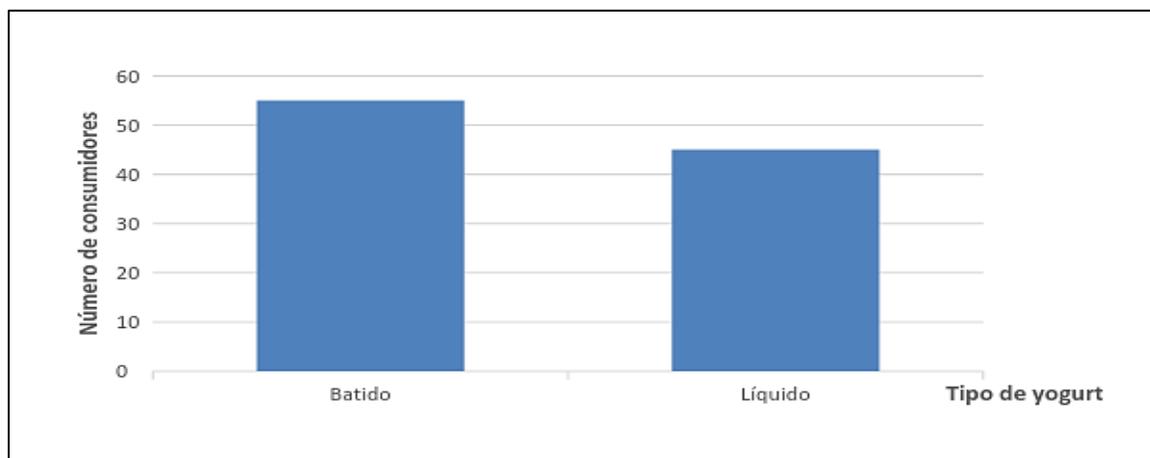


Figura 11 *Preferencia de tipo de yogurt*

Los resultados muestran que para la población encuestada hay una preferencia por el yogurt de tipo batido, siendo el 55% la que lo seleccionó como favorito en comparación con el 45% que se obtiene para el yogurt de tipo líquido, pero el dato obtenido para el consumo de yogurt líquido no es un valor bajo ya que representa casi la mitad de la población encuestada y tiene una diferencia de preferencia del 10%, lo que significa que es de consumo destacable.

Los resultados de una encuesta local de marketing realizada por la Universidad de la Costa en Nayarit (Revista Agronegocios) demostraron que las tendencias se mantienen cerradas con un

56% de preferencias en yogurt líquido y un 44% en batido. Pese a las preferencias mostradas el yogurt líquido o bebible ha sido considerado una buena solución debido a su portabilidad y aceptación a cualquier hora del día (Tamilow, 2012). Por lo tanto, la selección que se realice al momento de diseñar un producto de este tipo no se ve afectada por alguna preferencia predominante en cuanto a tipo de yogurt se refiere ya que ambos tipos demostraron una aceptación favorable.

En relación al sabor de preferencia de los encuestados, los resultados se presentan a continuación en la Figura 12, considerando como marco de referencia los sabores con más popularidad en el mercado.

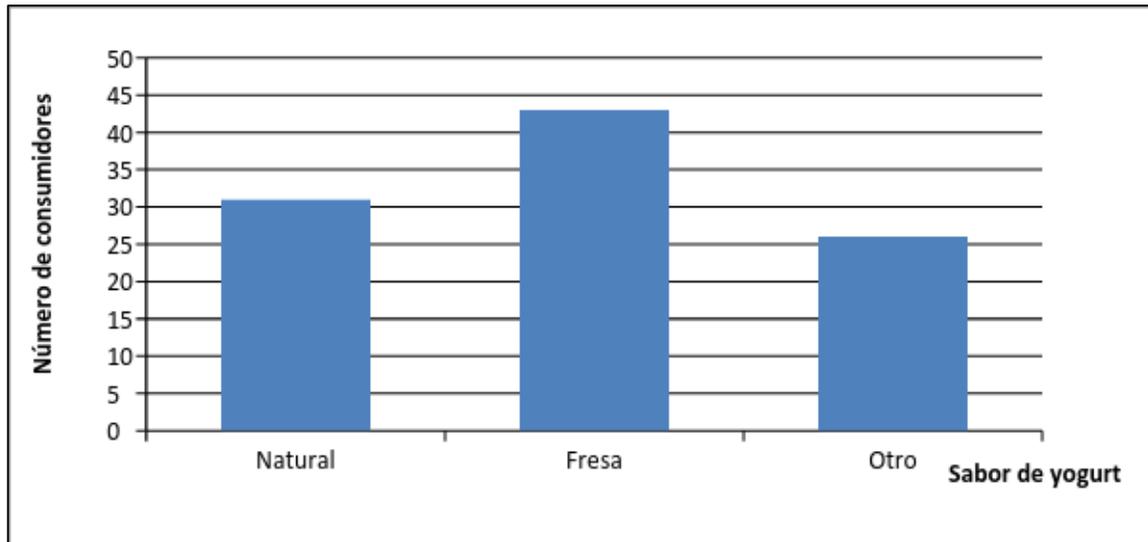


Figura 12 *Preferencia de Sabor*

Los resultados mostrados en la Figura 12, revelan que el 43% de la población tuvo una preferencia por el sabor fresa, según Innova Market Insights los sabores frutales son la primera opción de consumo en Latinoamérica, reflejando casi un 70% de preferencia contra otros sabores, aspecto que se refleja en los resultados obtenidos, como segundo lugar en las tendencias se destaca el sabor natural con un 31% , cabe aclarar que al referirse a sabor natural se habla de la presentación con azúcar añadida. Siendo los yogurts naturales o sin sabor la segunda opción más consumida en Latinoamérica según la misma fuente. Al mostrar la tercera opción que sugiere otro sabor, se observa que representa un 26% lo que abarca una gama de sabores que

llama la atención de los consumidores, representando más de la cuarta parte de la población encuestada la cual expresa su preferencia a sabores como, piña-coco, durazno, ciruela pasa y cereales, este segmento de la población comentó que estarían dispuestos a probar nuevos sabores como Lichi, Frutos rojos, Chocolate, Moras etc., y marcas como Santa Clara ya han lanzado algunos de ellos, teniendo un impacto positivo en sus ventas esto según un reporte elaborado por Euromonitor International en México, en 2015 hecho a Femsas- Santa Clara.

Considerando las nuevas tendencias que actualmente son parte de las exigencias de los consumidores de yogurt, se decidió conocer qué tipo de yogurt es el que tiene mayor aceptación en el consumo de la población encuestada como se aprecia en la Figura 13.

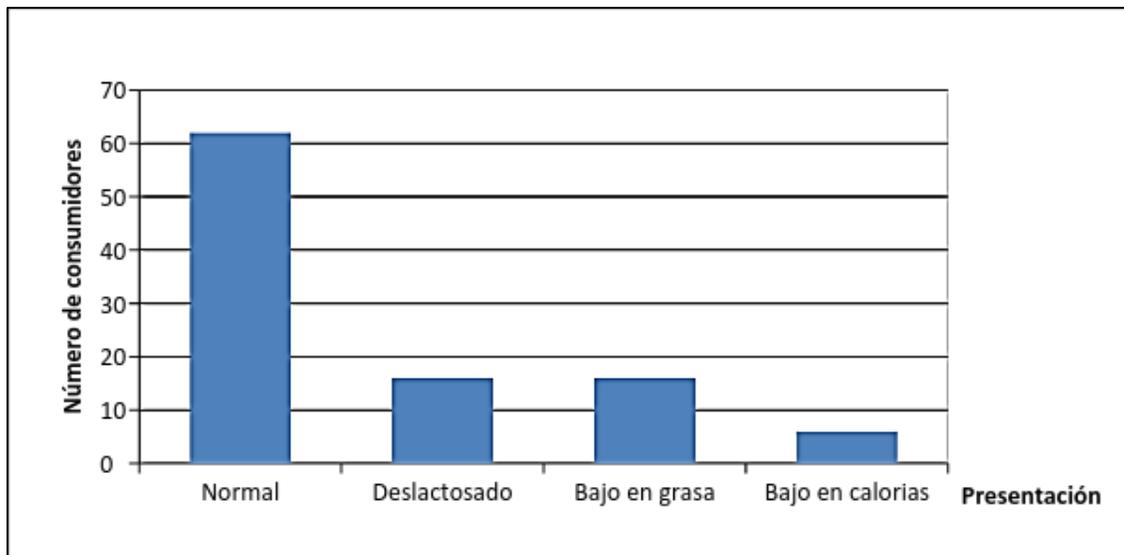


Figura 13 *Preferencia de presentación.*

En cuanto a diseño nutricional se observa una clara tendencia hacia el consumo de un yogurt normal, es decir que no tenga aditivos y que tampoco cuente con la supresión o disminución de algún componente como la grasa, lactosa, etc. El 62% de la población prefiere consumir un yogurt con dichas especificaciones tan solo el 16% prefiere el consumo de un producto deslactosado o bajo en grasa, lo que representa una claro desafío si se pretende elaborar un producto con características que salen del rango de un yogurt de tipo normal ya que existe todavía poco interés hacia estos productos debido también a que muchos de los encuestados expresan que no tienen el mismo sabor y que salen de su rango presupuestal, lo que implica que es evidente el esfuerzo que se tiene que seguir haciendo para poder rediseñar el producto afectando mínimamente sus características organolépticas y al mismo tiempo reducir el impacto

de precio de venta que implica elaborar un yogurt con características nutrimentales más completas. En cuestión a la preferencia de un yogurt bajo en calorías solo un 6% le da importancia a esta característica a la hora de consumirlo, lo que significa que a pesar de los altos índices de obesidad que se tiene a nivel nacional, en el mercado mexicano no existen líneas grandes que manejan este tipo de yogurt, lo que también podría verse como una área de oportunidad al hablar de lanzar una línea de productos con esta característica en común, a nivel internacional se ha recomendado que el contenido de azúcar añadida en este tipo de productos, sea menor al contenido que actualmente se maneja en el país (Ensanut, 2012).

En la Figura 14 se muestran los resultados acerca de los principales factores que atraían a la población encuestada a consumir un yogurt de manera cotidiana.

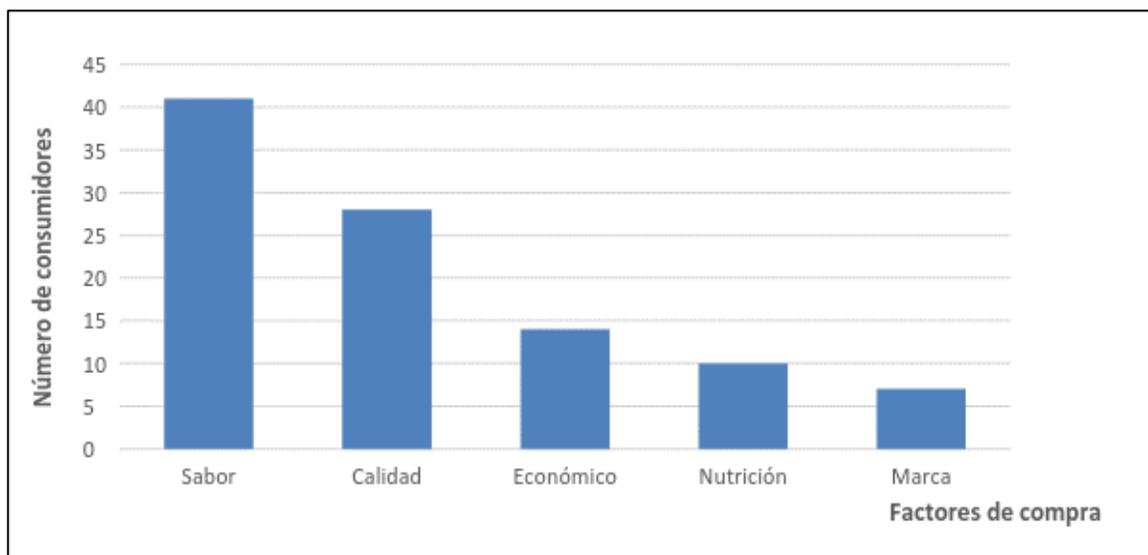


Figura 14 *Factores de compra*

El 41% de la población manifiesta que el sabor es uno de los principales atractivos para que su consumo se mantenga regular, esto representa casi a la mitad de las personas encuestadas, lo que implica como se observa que, la marca no es un factor relevante en comparación con el sabor que se adquiere, ya que la lealtad de los consumidores dependerá del grado de satisfacción con respecto al sabor y a la calidad, que expresa un 28% de preferencia, es decir más de un cuarto de la población encuestada, que al cuestionar qué entendían por calidad, esto fue lo que se resumió, son diversos aspectos que incluyen la textura y olor del yogurt, su prevalencia en

el mercado, y los beneficios que ofreciera en su etiquetado. El aspecto económico abarca un 14% dentro de los factores de interés, por lo que como anteriormente se planteó que es importante considerar disminuir los costos de producción a la hora de elaborar un producto de este tipo, pues el precio ha tenido un impacto a considerar, sin embargo el 86% de los consumidores no les afectaría pagar un poco más por el producto si este sabe bien. El 10% de los encuestados considera que los aspectos nutrimentales son importantes para su elección, en diversas encuestas de mercado a nivel nacional se ha considerado que el 46% de los consumidores de yogurt lo adquieren debido a su sabor y el 38% debido a que tienen la idea de que son productos sanos (Revista Mexicana de Agronegocios, 2013), lo cual es un dato importante ya que la incorporación y aceptación de este producto ha incrementado su crecimiento debido a esta última idea que se tiene asociada al yogurt, así que al adicionarle componentes que lo volverían más atractivo desde el punto de vista de la salud, posiblemente aumentaría su consumo, lo que es viable debido a que en una comparativa de costos, al adicionar WPC al yogurt, como primera etapa se adquiere una materia prima a bajo costo, esto considerando que el WPC, no este procesado, es decir se encuentre en estado líquido, así como sale directo de la quesería, incluso si se habla de una planta de productos lácteos, es posible entonces que el costo sea nulo, como segunda etapa, se requieren de las mismas instalaciones de proceso para la obtención de un concentrado proteico que las necesarias para la obtención de leche en polvo, puesto que se pueden añadir membranas de ultrafiltración en la parte final del proceso de secado por atomización de la leche en polvo (Twiford, 2004) (Vaillant, et al 2004) y por último se añade la enzima B-galactosidasa la cual es necesaria para igualar los niveles de lactosa del producto en comparación con un producto comercial. Por lo tanto los únicos costos de producción que se ven añadidos son la obtención de la membrana para concentrar la proteína de suero de leche, y la adición de la enzima, los cuales resultan no impactar de manera significativa el costo del producto final si se considera que la materia prima se adquirió a un costo nulo o bajo. Y por último el factor que involucra la marca, lo que representa tan solo el 6% de la población en la adquisición del producto, lo cual refleja, como ya se comentó, la falta de lealtad del consumidor, hoy en día existen tantas marcas que se asemejan en sabor y calidad que muchos de los encuestados fácilmente intercambian estas con regularidad, la competencia ha ido aumentando así que también se han notado cambios de

precios en diversas presentaciones e incorporación de nuevas texturas y sabores, para ofrecer al consumidor un mayor rango de productos a elegir.

La Figura 15 representa las preferencias de la población enfocándose en las características de la marca, esta evaluación se hizo con la finalidad de conocer mejor las posibles competencias y similitudes que tendría el producto desarrollado.

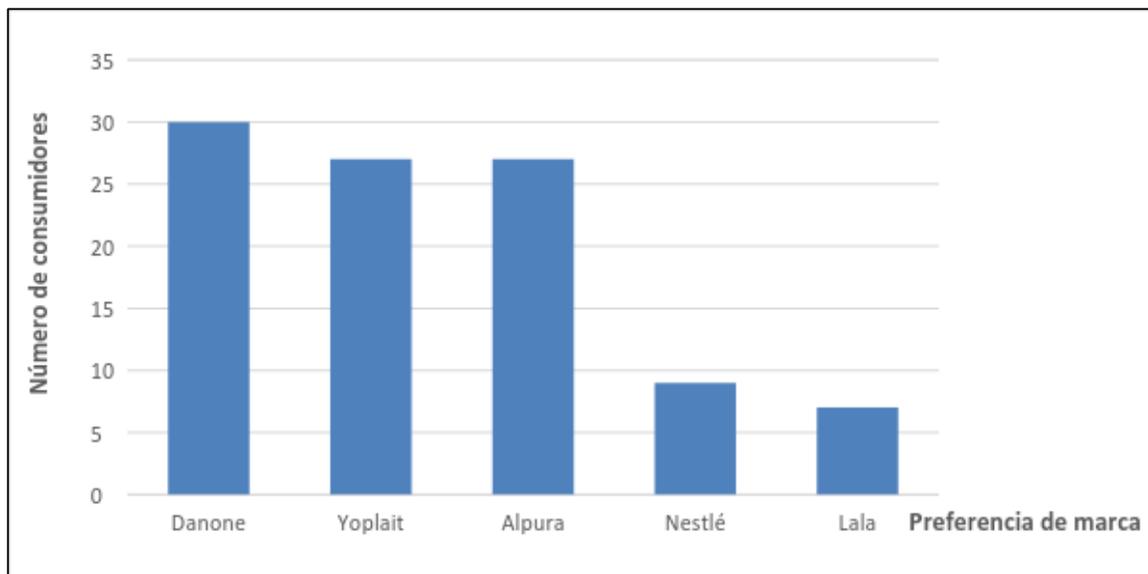


Figura 15 *Preferencia de marca*

La mayoría de los consumidores eligieron marcas como Danone_{MR} debido a la disponibilidad en el mercado tanto de costos como de presentaciones y precio, las personas encuestadas comentan la importancia de que el producto se encuentre prácticamente en cualquier punto de venta, Alpura_{MR} obtuvo una puntuación del 27% junto con Yoplait_{MR} lo que las posiciona en el segundo lugar, en los últimos años este par de marcas han tenido un incremento en sus presentaciones y en el año 2014 Yoplait_{MR} lanzó una presentación de yogurt tipo griego con triple proteína, el cual ha tenido una aceptación positiva en el incremento de las ventas y la identificación de su marca (The market think, 2015), este dato es importante debido a que el producto diseñado cumple con características similares a las anteriores. Nestle_{MR} consiguió el 9% de la puntuación siendo la presentación Svelty_{MR} la más reconocida por el público, y Lala_{MR} en el último lugar de la tendencia con un 7%, cabe destacar que entre más se diversifican las líneas de estos productos se incrementa su consumo, esto se hace evidente en marcas como

Danone y Yoplait_{MR} que en los últimos 10 años han lanzado productos con diversas mezclas de sabor en el caso de Dan up, y nuevas presentaciones como el tipo griego con modificaciones en su aporte nutrimental, esto se hace evidente en el caso de Nestle_{MR} que no ha tenido nuevos lanzamientos.

Por último, se evaluó la posibilidad de compra del producto desarrollado en el presente estudio, es decir un producto con triple proteína que fuera bajo en grasa y calorías y que además tuviera adición de fibra dietética, los resultados obtenidos se reportan en la Figura 16.

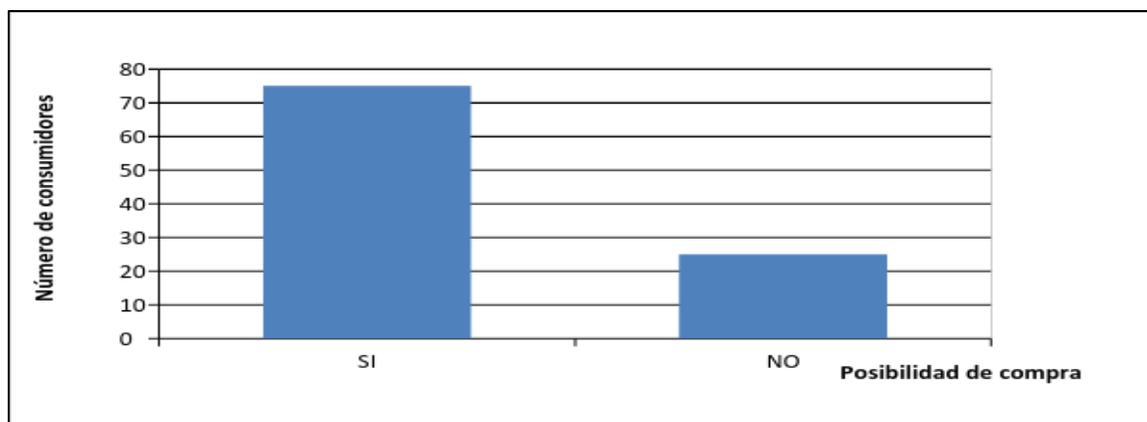


Figura 16 *Tendencia de posible compra*

El 75% de la población lo compraría debido a que por sus características tendría cosas que buscan en un producto que generalmente consumen en el desayuno o la cena considerándolo de alto valor agregado, se obtuvo un panorama más amplio al cuestionar al 25% restante las razones que los llevaron a no quererlo consumir, y consideraron que debido a las características adicionales no tendría un buen sabor, o la consistencia se vería modificada, otras también comentan que sería un producto que saldría del rango presupuestal, por lo que sobresale que a pesar de que las tendencias indican que se ha ampliado el consumo a productos más equilibrados nutrimentales y de valor agregado, se continúa con la creencia de que las cosas saludables saben mal o no poseen el mismo sabor, lo que abre una oportunidad para perfeccionar y simular el sabor de este producto con uno estándar, ya que el factor del sabor es una limitante de posible venta, así como considerar realizar un ajuste de costos para asemejar el costo de venta con la de productos estándar.

3.3 Formulación Control

La formulación se basa en un producto sin modificaciones en su composición estándar, con referencia a la NOM-181-SCFI-2010.

Se observa en la Tabla 23, la formulación de yogurt que se empleó como base, para la elaboración del producto que se desarrolló en este trabajo, de la cual se realizaron diversas variaciones al porcentaje de azúcar, leche en polvo y leche líquida.

Tabla 23 *Formulación control en la elaboración de yogurt natural*

Ingredientes	Porcentaje
Leche líquida (entera, semidescremada, descremada)	86.5%
Leche descremada en polvo	6.5%
Azúcar	7%
Cultivos lácticos	0.00348%

3.4 Evaluación de formulaciones propuestas

La Tabla 24 presenta la sustitución a 4 niveles de variación de WPC 35% y leche en polvo en la formulación del producto desarrollado.

Tabla 24 *Formulación de yogurt a 4 niveles de variación de WPC 35%*

Componente (%)	Formulación 25%	Formulación 50%	Formulación 75%	Formulación 100%
Leche Líquida	89.197	89.197	89.197	89.197
Leche en Polvo	4.875	3.25	1.625	—
WPC 35	1.625	3.25	4.875	6.5
Inulina de Agave	3	3	3	3
Cultivos Lácticos	0.003	0.003	0.003	0.003
Sucralosa	0.8	0.8	0.8	0.8
Fresa en polvo	0.5	0.5	0.5	0.5

La Tabla 24 expone las 4 variaciones en la formulación que se realizaron en cuanto a la adición de leche en polvo descremada y WPC 35%, notándose que el resto de los componentes como la inulina de agave y la leche descremada se mantienen constantes.

3.4.1 Análisis microbiológico

El motivo de evaluar la calidad sanitaria de las formulaciones que se desarrollaron fue la de garantizar que estos productos son aptos para el consumo humano, y que cumplen con la normatividad vigente NOM-243-SSAI-2010, para poder ser usado en futuras evaluaciones, como la sensorial.

En la Tabla 25 se ilustran los resultados alcanzados del análisis microbiológico de las formulaciones propuestas.

Tabla 25 Análisis *microbiológico de las formulaciones establecidas*

Microorganismo	Resultados (UFC/g)				Límite permitido UFC/g
	Formulación 25%	Formulación 50%	Formulación 75%	Formulación 100%	
Coliformes totales	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	≤ 10
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	≤ 100
Salmonella	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Hongos y Levaduras	7	5	7	9	≤ 10

El conteo realizado para evaluar la existencia de microorganismos de tipo Coliformes totales y *Staphylococcus aureus* resultó ausente en todas las formulaciones que se desarrollaron, por lo tanto, se determinó que se aplican Buenas Prácticas de Manufactura en el desarrollo de estos productos.

La ausencia de *Salmonella* indicó que no se empleó fresa contaminada para la elaboración del yogurt y que se logró reducir la contaminación cruzada en el proceso, la cual es importante controlar mediante la correcta sanitización de equipos y herramientas utilizadas, lo que disminuye el crecimiento de bacterias potencialmente patógenas (Vallejo et al., 2002).

El conteo de hongos y levaduras se encontró por debajo de los límites permisibles en la normatividad lo que garantiza la vida de anaquel de los productos evaluados (Celis y Juárez, 2009). Se ha demostrado que las bacterias acidolácticas que se producen en la fermentación del yogurt tiene efectos inhibidores en la proliferación de microorganismos patógenos como los evaluados en la Tabla 27 (Parra, 2010). Se deduce que las formulaciones propuestas, son aptas para el consumo humano.

3.4.2 Evaluación hedónica sensorial de preferencia.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la evaluación hedónica de preferencia para determinar la formulación con adición de WPC 35% como sustituto de sólidos lácteos, que tuvo mejores puntajes.

En la Figura 17 se observa la preferencia de los consumidores ante un producto con 4 niveles de variación (25%, 50%, 75%, 100%) del WPC 35 %, evaluando las características de sabor, consistencia, color y aroma.

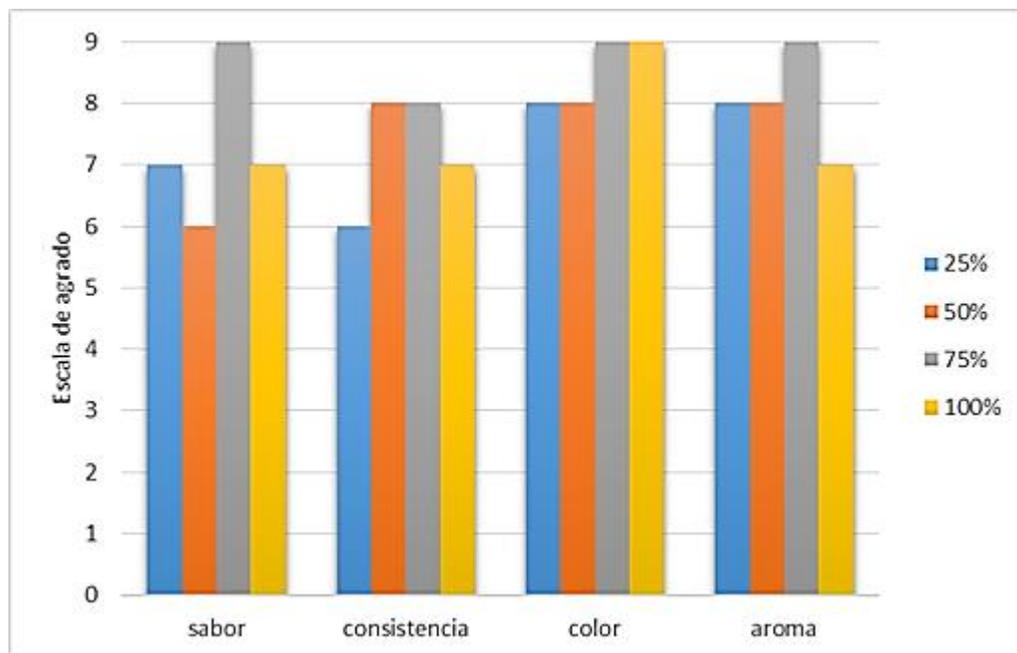


Figura 17 Escala de agrado de las 4 formulaciones de yogurt con diferente concentración de WPC 35%

La Figura 17, presenta los resultados de la media en cada porcentaje de WPC 35% obtenidos de una evaluación sensorial realizada a 100 personas, en el eje “x” se encuentran los factores a evaluar, y en el eje “y” la escala de agrado.

Se observa que en cuanto a sabor la formulación con sustitución del 75%, tuvo un calificativo “me gusta”, en cuestión a la consistencia las formulaciones 50 y 75% tuvieron una evaluación

aceptable, ya que al adicionar proteínas séricas a la formulación de yogurt se simula la sensación de grasa en el paladar, lo que hace más sencilla la sustitución parcial o total de grasa, sin que el consumidor lo perciba (Balagtas,2003) (Huffman,1998), sumado a esto la incorporación de inulina de agave la cual también aumenta la estabilidad y consistencia del producto final. En cuestión al color las formulaciones de 75 y 100% obtuvieron una media de 9 lo cual significa que la adición del WPC no altera significativamente el color del yogurt, a pesar de que el concentrado proteico es más opaco y ligeramente amarillo con respecto a la leche en polvo, en cuanto al aroma la formulación con sustitución de 75% tuvo mayor agrado, mientras que la formulación que se sustituye al 100% tuvo el calificativo más bajo de parte de los jueces, lo que significa que el reemplazo total de la proteína de leche (caseína) por las proteínas de suero de leche, influyen de manera negativa en el aroma , debido a que al no existir interacciones con kappa-caseína, la lactoglobulina y lactoalbumina (proteínas características del suero de leche), aumentan la acidez del producto lo que repercute en el aroma.

Tomando en cuenta estos datos se decide que, de las 4 formulaciones elaboradas y evaluadas, la de 75%, mantuvo puntuaciones altas agradando más al consumidor, por lo tanto, fue seleccionada como formulación base para la elaboración del yogurt bebible sabor fresa.

Para el estudio sensorial se evaluó si hubo una diferencia significativa con un α : 0.05 entre los resultados de cada variación de la concentración del WPC 35% (25, 50, 75 y 100%) para los factores descriptivos de sabor, consistencia, color y aroma.

En la Tabla 26 se muestran los valores estadísticos del ANOVA para evaluar si existe o no diferencia significativa en las 4 formulaciones evaluadas.

Tabla 26 *Datos estadísticos para las formulaciones establecidas*

Atributo/Valor Estadístico	F	Probabilidad	F Crítica
Color	0.45	0.72	2.67
Aroma	1.39	0.25	
Sabor	4.14	0.01	
Consistencia	1.39	0.25	

El promedio de color, aroma, sabor y consistencia en cada uno de los grupos es igual o similar con un 95% de confiabilidad. No existe variación entre las medias por lo que la certeza de los jueces en la evaluación fue adecuada.

El valor f en color, consistencia y aroma obtenida en el ANOVA no sobrepasó la F crítica de 2.67, y en probabilidad fue mayor a alfa, definiéndose que “No hay diferencia significativa”.

El promedio de “sabor” es diferente en 1 o más grupos.

En cuanto a la característica de sabor, existe variación entre las medias por lo que podría decirse que la evaluación de los jueces fue difícil determinar o que las muestras eran muy similares en la característica de sabor provocando confusión entre los jueces, el valor f obtenida de 4.14 en el ANOVA sobrepasó la F crítica de 2.67, y en probabilidad fue menor a alfa, definiéndose que “Si hay diferencia significativa”.

3.4.3 Pruebas de estabilidad

La Figura 18 expone las formulaciones propuestas anteriormente a pruebas de estabilidad en función a su porcentaje de separación comparándolas contra el tiempo.

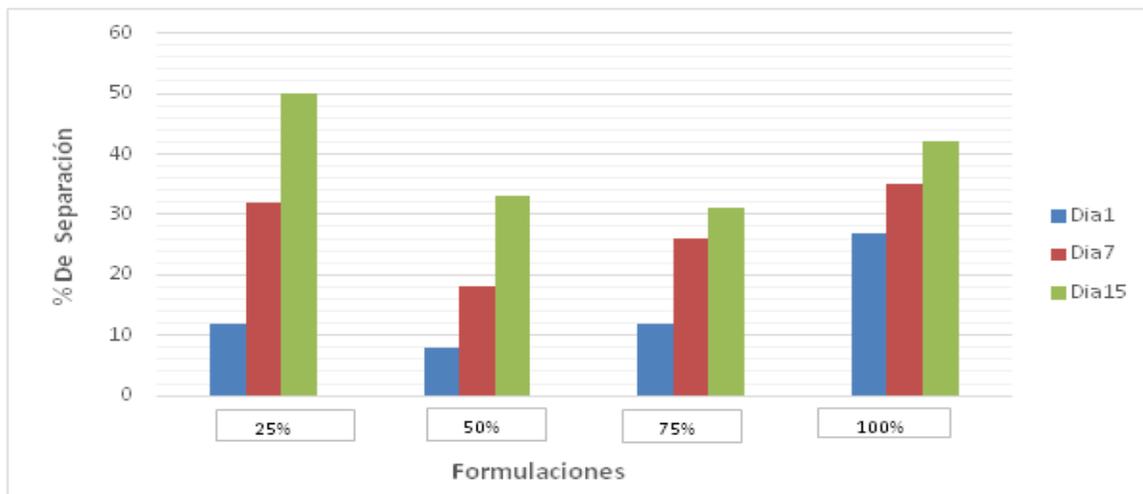


Figura 18 *Pruebas de estabilidad a formulaciones propuestas*

Se demostró que las formulaciones con niveles intermedios de sustitución, son más estables con respecto al tiempo en comparación con los niveles de concentración más bajo y más alto, esto debido a que la interacción del WPC 35%, en relación a la leche en polvo, demuestró mayor sinergia cuando la relación es 3:1 o 2:2, esto debido a la competitividad bioquímica que existe entre ambos componentes, sobre todo con respecto a la relación proteica (López et al., 2006). En la formulación de sustitución al 25% se apreciaron cambios bruscos de separación de fases con respecto al tiempo, y una separación de casi el 50% de su composición al día 15, lo que implicó que al existir mayor cantidad de leche en polvo en la formulación (75%), se vuelve menos estable el producto, esto debido a que la leche en polvo posee proteínas de caseína en su mayoría, así que estas al estar en contacto con las proteínas séricas del WPC 35% tienden a formar agregados los cuales hace que se vea disminuida la capacidad gelificante de la estructura proteica del WPC 35% (Castillo et al., 1996).

En la formulación del 100% no existieron separaciones de fases tan amplias con respecto al tiempo en comparación con la de 25% de variación en la formulación. Se logró sustituir la leche en polvo al 100%, por lo que los comparativos mostraron una ventaja en cuanto a estabilidad sobre las anteriores, sin embargo al hacer el comparativo con un producto comercial este reportó un 32% de separación haciendo la suposición de que llevara 20 días en el anaquel, y al día 15 en la formulación 100% se aprecia un 42% de separación, lo que hace una diferencia del 10%,

que se justifica por el uso de gelificantes y emulsificantes en el producto comercial contra el que se comparó; Suponiendo posteriormente que en el desarrollo de esta formulación se considerará el uso de los aditivos mencionados, buscando que el producto tenga una estabilidad similar a la del producto comercial. El desarrollo del yogurt al 75% reportó la mejor estabilidad al día 15 con un 31% de separación, y una diferencia no tan repentina en la división de las fases con respecto al tiempo, lo que indica que la relación 3:2 en cuanto a WPC 35% y leche en polvo se considera la más beneficiosa para dicha evaluación, reportando incluso mayor estabilidad en comparación con el producto comercial.

3.5 Evaluaciones al producto desarrollado

3.5.1 Análisis químico proximal del producto desarrollado en comparación con un producto comercial.

La finalidad de conocer los datos obtenidos en el Análisis Químico Proximal (AQP), fue detallar acerca de sus componentes, el comparativo químico frente a un producto comercial y el resultado calórico del yogurt bebible sabor fresa para productos modificados de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994.

Se buscó que el producto comercial comparativo fuera nuevo en el mercado, que ofrezca propiedades similares a las desarrolladas en yogurt bebible sabor fresa, las cuales fueron contener un porcentaje alto en proteína y ser bajo en grasa. El análisis químico proximal del producto comercial y del yogurt bebible sabor fresa se indica en la Tabla 27.

Tabla 27 *Análisis químico proximal del yogurt desarrollado y del yogurt comercial.*

Componente	Yogurt Comercial (%)	Yogurt Desarrollado (%)	C.V. Yogurt Desarrollado
Proteína	4.68	4.86 ± 1.61	2.58
Grasa	0.9	1.2 ± 0.45	0.2
Lactosa	6.22	4.41 ± 1.2	1.44
Cenizas	0.17	1.02 ± 0.45	0.2
Fibra	0	5.81 ± 0.95	0.9
Humedad	90	82.7 ± 0.63	0.4

En la Tabla 27 se observa que el aporte proteínico del producto desarrollado fue de 4.86 ± 1.61 encontrándose ligeramente por encima del comercial de 4.68, tomando en cuenta que la relación es de 3:1 en cuanto a proteínas del suero de leche, esto incrementa la calidad y digestibilidad proteica del producto, debido a que las proteínas séricas contienen aminoácidos esenciales como valina, los cuales brindan características nutrimentales más completas en comparación con la caseína y le proporcionan al producto final una etiqueta más limpia, es decir se elimina el uso de estabilizantes y espesantes artificiales como los almidones modificados, féculas de maíz y pectinas, que se ha demostrado que al consumirlos de manera frecuente pueden provocar problemas de obesidad, hipertensión, diabetes y aumentar el riesgo de padecer cáncer (Science News,2010) (Princeton University, 2010).

Al realizar una comparación en cantidad proteica con otras investigaciones en el desarrollo de yogurt (Salvatierra M., Molina A., Gamboa M. y Arias M., 2004) donde trabajaron con leche en polvo y leche descremada, las proteínas oscilaron de 4.7 ± 0.0 a 4.8 ± 0.02 .

(Goncalvéz de Oliveira, 2012), determinó el porcentaje de proteína del yogurt que elaboró y resultó de $5.2 \% \pm 0.2$, dato cercano al porcentaje del Yogurt de fresa desarrollado en el laboratorio de la FESC- Campo 1. En la investigación de Goncalvéz el porcentaje es mayor por composición química, y el utilizo leche de cabra, la diferencia es el tipo de proteínas que se utilizan.

Existe un gran potencial de las proteínas de suero de leche, como fuente de péptidos bioactivos (Peptidos antimicrobiales, antioxidantes, antitromboticos) en la prevención de desórdenes fisiológicos que alteran el funcionamiento normal del organismo (Carrasco, 2010). Por lo que un alimento que contiene concentrado de suero de leche es óptimo para el consumo humano.

Las proteínas de lactosuero son usadas ampliamente en una variedad de alimentos gracias a sus propiedades gelificantes y emulsificantes, siendo la β -lactoglobulina el principal agente gelificante (Akhtar y Dickinson, 2007). Como en el caso de diversas marcas de yogurt comercial que actualmente reportan proteínas séricas en sus ingredientes, tal como lo indica la NOM-051-SCFI/SSAI-2010.

El porcentaje de grasa está 0.3% por arriba del comercial, siendo mínimo este valor, podría considerarse variación experimental. Se utilizó inulina de agave que aporta mayor cremosidad, favorece la textura del producto y sustituye la grasa en las propiedades funcionales del yogurt, como lo realizó también (Goncalvéz, 2012) obteniendo en el yogurt en estudio un porcentaje por debajo de 0.1 % en 100 ml de producto por la sustitución de grasa a través de la inulina, sin afectar sensorialmente el producto, este es el punto más importante a considerar ya que la incorporación de inulina de agave como agente de relleno sustituyendo totalmente el azúcar añadido en la formulación del producto desarrollado y la sinergia que esta crea con los componentes del concentrado de suero de leche, imitan una sensación al consumidor de grasa, tanto de manera sensorial como visualmente, así que se logra reducir el aporte graso sin afectar el sabor y la consistencia.

De acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994 un producto bajo en grasa: es cuando “el contenido de grasa es menor o igual a 3 g/porción”. Cuando la porción sea menor o igual a 30 g su contenido de grasa debe ser menor o igual a 3g/50g en el producto desarrollado.

Se obtuvo 0.6g de grasa/50 g de producto. Dada esta especificación el yogurt sabor fresa adicionado con WPC 35% es bajo en grasa, lo que implica que el producto cumple con el

objetivo de ser nutricionalmente más balanceado, y estar dentro de la actual tendencia en la industria alimenticia de consumir productos que no añadan más grasa a su dieta regular.

La fibra resultante de la composición química del yogurt sabor fresa fue de 5.8% debido a la adición de inulina de agave dietética como efecto de relleno sustituyendo la grasa y al aporte de fresa deshidratada, que fue usada para evitar el uso de otros productos como la mermelada, jarabe o concentrados, evitando aditivos alimentarios para no adicionar calorías al producto terminado. En el producto comercial la fibra se reporta como ausente.

La fibra dietética para que pueda ejercer su efecto prebiótico debe contener a lo menos 1.5 g por porción y el nivel mínimo de ingestión debería ser 3 g por día, con un máximo aconsejado de 30 g al día. (Coussement, 1999). El yogurt desarrollado contiene 5.8 gr en una porción de 100 gr por lo tanto ejerce su efecto prebiótico.

La NOM-086-SSA1-1994, en el apartado 7.17 indica que, los productos adicionados de fibra, son aquellos en los que el contenido de fibra es igual o mayor de 2,5 g/porción en relación al contenido del alimento original o de su similar. Tomando en cuenta lo dicho, el yogurt funcional adicionado con fibra dietética, y bajo en grasa, es una muy buena opción para complementar la dieta diaria.

El contenido de lactosa fue de 4.41 ± 1.44 , en comparación con el aporte de un yogurt comercial el cual es de 6.22%, lo que indica que el producto desarrollado podría ser más atractivo para los consumidores intolerantes a la lactosa, o por lo menos más digerible que el comercial, pero no está perfilado como un producto deslactosado, debido a que el porcentaje de esta azúcar aún se encuentra alto para ser considerado como un alimento deslactosado, aunque en el proceso se añade la enzima galactosidasa, esto se realizó con el objetivo solo de bajar el nivel de lactosa en el producto original, el cual era de casi el doble de lo que se menciona anteriormente.

3.5.2 Análisis fisicoquímico.

La tabla 28 demuestra que la adición de WPC 35% a la formulación del producto desarrollado, no afecta los parámetros fisicoquímicos del yogurt.

Tabla 28 *Análisis fisicoquímico del yogurt desarrollado*

Componente	Producto desarrollado	Referencia
Acidez (% ácido láctico)	0.82 %	Mínimo 0,5%
pH	4.5	≤ 4.5

Se observa que en comparación con lo estipulado en la normatividad mexicana el yogurt desarrollado cumple las especificaciones requeridas y que la influencia del WPC 35%, no altera estos componentes, por el contrario, logra satisfacer los mínimos requeridos.

3.5.3 Deslactosado del producto desarrollado mediante la técnica de Fehling.

La Tabla 29 se muestra el efecto de la adición de la enzima β -galactosidasa, sobre el porcentaje de lactosa final del yogurt.

Tabla 29 *Determinación de porcentaje de lactosa, antes y después de la adición de la enzima β -galactosidasa.*

Formulación Seleccionada	% Lactosa Inicial	% Lactosa Final	% De Lactosa Hidrolizada
75%	8.18± .87	4.41± 1.44	53.9

El porcentaje obtenido, de degradación de lactosa 53.9%, indica la funcionalidad del efecto enzimático sobre la adición del concentrado proteico de suero de leche (WPC 35%), ya que diversos estudios han demostrado que al incrementar la concentración de lactosuero aumenta la biodisponibilidad de lactosa, lo que crea un medio favorable de energía, para que se lleve a cabo la descomposición de esta azúcar en glucosa y galactosa.

La disminución de poco más de la mitad de lactosa del producto no se refiere a que el producto sea deslactosado, ya que por normatividad este yogurt está clasificado en el rango de un producto con aportación regular de lactosa, por lo que es interesante adicionar que una de las desventajas de usar el WPC 35%, es el hecho de que se necesitará de un proceso de reducción de lactosa, y si se desea diseñar un yogurt que tuviera además la característica de ser deslactosado se requerirá que entonces se replanteen las condiciones de uso para la enzima variando probablemente las condiciones de tiempo y temperatura en el proceso de adición o añadiendo un acondicionamiento previo para que la hidrólisis de la lactasa aumente la desnaturalización y con esto decremento el contenido de lactosa original del producto.

3.5.4 Determinación del aporte calórico

La Tabla 30 presenta como fueron determinadas las calorías del producto desarrollado.

Tabla 30 Determinación de calorías a 50 g del producto desarrollado

Componente	Porcentaje	50 g	Valor calórico	Resultado
Proteínas	4.8	2.4	x 4	9.7
CHOS	1.2	0.6	x 4	5.4
Grasa	4.41	2.2	x 9	8.8
Total de calorías				23.9

$$\text{Calorías}/100 \text{ g} = 47.88 \text{ calorías}/100 = \mathbf{23.94/50 \text{ g}}$$

Donde de acuerdo a la especificación de la NOM-086-SSA1-1994 el yogurt sabor fresa adicionado con WPC 35% es bajo en calorías.

3.5.5 Evaluación de la viscosidad en comparación con un producto comercial

Considerando que el comportamiento del yogurt del yogurt es un fluido no newtoniano y

tixotrópico, la prueba comparativa de viscosidad se realiza bajo condiciones de velocidad de cizallamiento constante.

La Figura 19 representa a los fluidos en estudio, mostrando el comportamiento tanto del yogurt adicionado con WPC 35%, como del Yogurt comercial, confirmándose una dependencia al tiempo de cizallamiento (s), donde se observa que la viscosidad disminuye a medida que el tiempo transcurre, a una velocidad de cizalla constante.

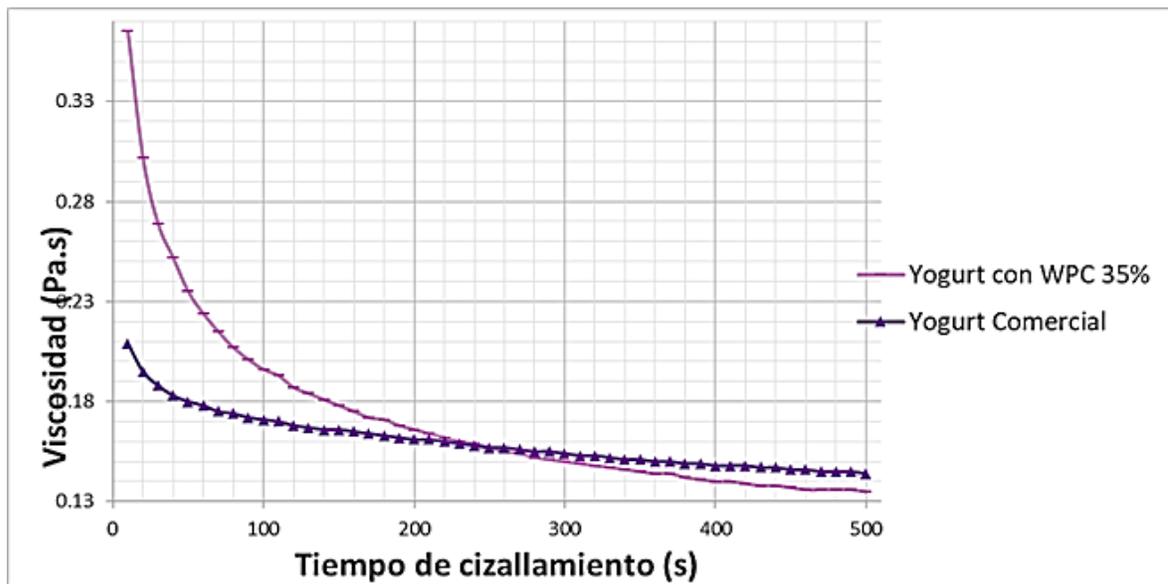


Figura 19 Comparativo de la viscosidad del yogurt adicionado con WPC 35% y el yogurt comercial

En la Figura 19 se observa el yogurt con WPC 35% tiene viscosidad mayor al inicio de la prueba comparado con el yogurt comercial de 0.36 Pa.s y disminuye notoriamente en los primeros 150 s hasta alcanzar una viscosidad de 0.14 Pa.s al término de la prueba. En el caso de “yogurt comercial” el cambio de viscosidad es menos brusco, inicialmente la viscosidad es de 0.21 y finaliza en 0.15 Pa.s aproximadamente. La diferencia entre ambas podría explicarse por la adición de agentes estabilizantes y gelificantes en el producto comercial, lo que hace que el decremento de la viscosidad con respecto al tiempo a una velocidad de cizalla constante, sea menos drástica.

Contrastando los valores, en el reporte de U. S. Dairy food Expert council (2003) donde el yogurt que implementan adicionan 2 % de WPC 34% en su formulación, la viscosidad resulta de 117.0 Centipoise (cp) equivalente a 0.12 Pa.s, mientras que la viscosidad del yogurt desarrollado en el laboratorio del taller de Lácteos de la FESC-1 elaborado con 4.875 % de WPC 35%, fue de 0.35 Pa.s. Tomando en cuenta la diferencia de porcentajes utilizados del WPC 35% y haciendo un cálculo de igualación, por regla de 3 existe una diferencia entre ellas de 0.05 Pa.s aunado a eso, existe influencia en el aumento de viscosidad por la incorporación de inulina de agave como agente de relleno, estabilizador y prebiótico. De igual manera el efecto de la inulina sobre la viscosidad del yogurt, puede explicarse porque ésta fibra tiene una alta capacidad de retención de agua, por lo cual actúa como espesante formando complejos vía puentes de hidrógeno con las proteínas del yogurt (Kip et al., 2006). Al emplear cizallamiento ocurre la disminución de la viscosidad, sin embargo, no difiere de la viscosidad del producto comercial con respecto al tiempo de cizallamiento al final de la prueba entre las muestras.

De acuerdo con los valores en el Análisis estadístico ($p < 0,05$) para cada repetición en las pruebas realizadas al Yogurt con WPC 35% no resultó diferencia significativa entre las muestras determinadas, lo que implica que la reología del yogurt desarrollado con WPC 35% es similar al comercial.

3.5.6 Análisis sensorial de aceptación.

El análisis sensorial comparativo se desarrolló mediante pruebas hedónicas, la finalidad de esta evaluación fue conocer la aceptación del producto desarrollado y las diferencias comparativas entre este y el producto comercial.

Se construyeron tablas que indican las medias de cada producto para determinado factor para así llevar a cabo una comparativa.

A continuación, en la Tabla 31 se presenta el resumen de datos del yogurt desarrollado de cada atributo (color, aroma, sabor, consistencia), para así identificar qué valores se consideraron en el análisis estadístico.

Tabla 31 *Datos estadísticos para el yogurt desarrollado*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Color	100	845	8.45	0.35
Aroma	100	883	8.83	0.83
Sabor	100	853	8.53	0.29
Consistencia	100	801	8.01	1.04

En la Tabla 31 se muestra las medias de cada atributo para posteriormente calcular la varianza. En este caso se puede observar que las medias se encuentran en un rango de 8 a 8.83 siendo el aroma el mejor calificado y la consistencia el menor pero manteniendo el “me gusta”.

La Tabla 32 presenta el resumen de datos del yogurt comercial de cada atributo (color, aroma, sabor, consistencia), para así identificar qué valores se consideraron en el análisis estadístico.

 Tabla 32 *Datos estadísticos para el yogurt comercial*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Color	100	812	8.12	0.25
Aroma	100	905	9.05	1.82
Sabor	100	934	9.05	0.61
Consistencia	100	856	8.56	0.87

Se muestra las medias de cada atributo para posteriormente calcular la varianza. En este caso se puede observar que las medias se encuentran en un rango de 8.12 a 9.05 siendo color con el calificativo menor y sabor con aroma coincidieron sus valores, pero con distinta varianza.

Comparando la Tabla 31 y la Tabla 32, el sabor en el producto comercial fue un atributo que resalto por el calificativo “me gusta mucho” y para el desarrollado fue “me gusta”, en cambio en el atributo color, el producto desarrollado fue mejor evaluado, de acuerdo a los valores de las

medias. La figura 20 expone los resultados alcanzados, mostrando la comparativa entre el yogurt desarrollado y el producto comercial.

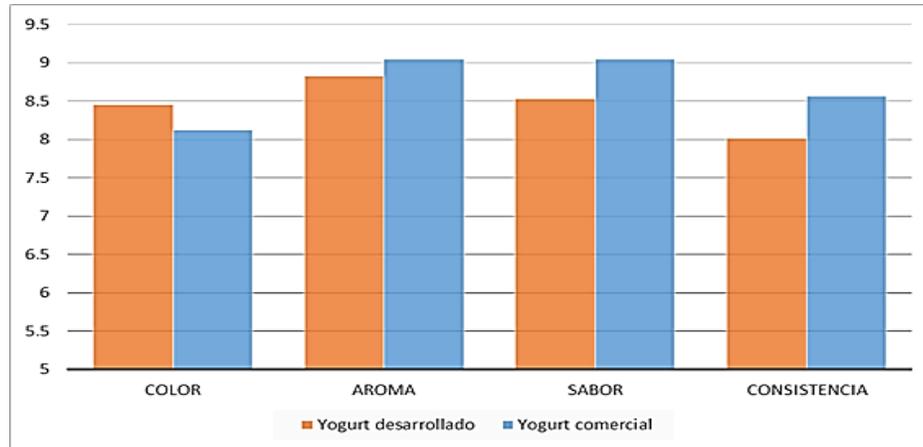


Figura 20 *Evaluación sensorial de aceptación del yogurt desarrollado y el yogurt comercial*

En la Figura 20 los valores de los atributos aroma, sabor y consistencia fueron un mejor calificativo en el yogurt comercial contra el desarrollado, sin embargo, en color obtuvo mejores puntajes el yogurt desarrollado, se observa que no hay gran variación entre los resultados. Comparando los 2 productos el rango de las medias entre ellos varía de 8 a 9.

La Tabla 33 expone las diferencias significativas que existen, en base a un análisis de tipo ANOVA $\alpha: 0.05$ para cada descriptor del yogurt resultando lo siguiente

Tabla 33 *Evaluación Sensorial de aceptación del producto desarrollado*

Atributo/Valor Estadístico	F	Probabilidad	F Crítica
Color	18.18	0.01	3.89
Aroma	1.82	0.18	
Sabor	29.86	0.01	
Consistencia	15.79	0.01	

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 33, la probabilidad calculada que expresa que la diferencia obtenida fue al azar para todos los atributos es menor de 0.01 a 0.18 por lo cual indica que los resultados obtenidos son significativos.

El cálculo de la F crítica de Fisher fue de 3.89 para finalmente compararlo con la f de cada atributo.

En el caso de color, sabor y consistencia la hipótesis nula se rechaza pues el valor calculado es mayor a la F crítica es decir la relación que existe entre las medias es diferente. Mientras que en el caso del aroma ocurre lo contrario y se acepta la hipótesis nula es decir no existe diferencia significativa entre las medias del yogurt desarrollado y el yogurt comercial.

3.5.7 Evaluación de vida de anaquel del producto

3.5.7.1 Evaluación cinética de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*

La Figura 21 presenta el crecimiento de las unidades formadoras de colonias de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* durante 40 días posteriores al desarrollo del producto terminado, con la finalidad de establecer la vida de anaquel del yogurt elaborado en relación al crecimiento de las bacterias acidolácticas, que según la NOM-181-SCFI-2010, deberán estar presentes en la concentración de $1 \cdot 10^7$ UFC/ ml, para poder denominar al producto como un yogurt.

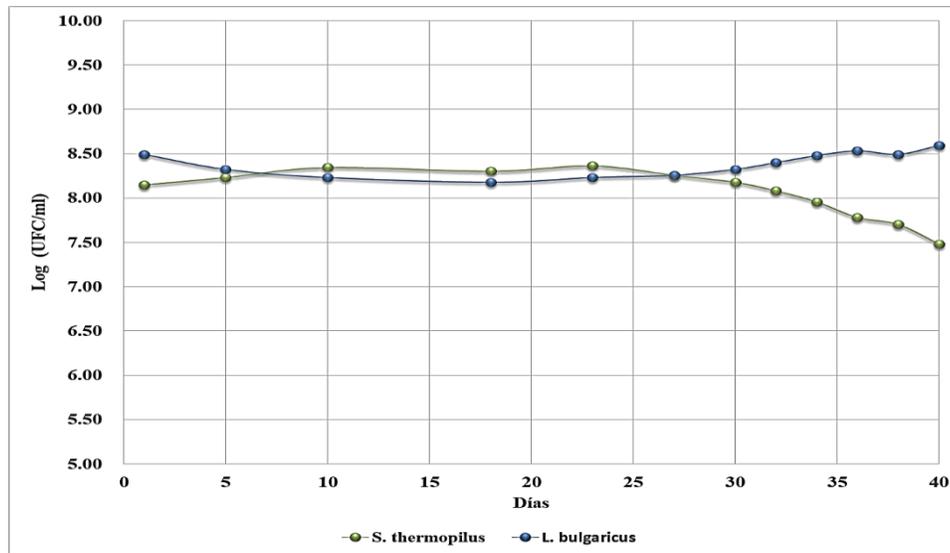


Figura 21 Cinética de crecimiento de *L. bulgaricus*. y *S. thermophilus*

La Figura 21 demuestra la simbiosis existente entre los microorganismos *L. bulgaricus*. y *S. thermophilus* aun después de elaborado el producto, notándose en los primeros 5 días una fase en la cual las bacterias acidolácticas, se están adaptando al medio, se reporta que en esta etapa inicia la liberación de ácidos grasos, que se hace más evidente entre el quinto y trigésimo día, notándose días posteriores un decremento de *S. thermophilus* que sigue avanzando de manera acelerada hasta el final de la evaluación, en comparación con la tendencia de *L. bulgaricus* la cual va en aumento, estas tendencias son típicas cuando ambas cepas se mezclan en la elaboración de yogurt ya que el *S.thermophilus* empieza a agotar el consumo de oxígeno elevando de esta manera la acidez del producto, lo que provoca la liberación de sustancias volátiles como el ácido fórmico, que produce y crea las cantidades ideales para aumentar el crecimiento de *L. bulgaricus* (Tamime,1991).

Como se observa en la Figura 21, la proliferación de las bacterias acidolácticas empleadas en la elaboración del producto cumplen con la concentración mínima de $1 \cdot 10^7$ UFC/ml hasta el cuadragésimo día posterior a su desarrollo, esto considerando que no se adicionaron conservadores que pudieran ayudar a alargar la vida de anaquel más allá de los 40 días.

3.5.7.2 Evaluación de pH y acidez

En la figura 22 se exponen las tendencias de comportamiento del pH con respecto a la acidez, evaluadas a 40 días.

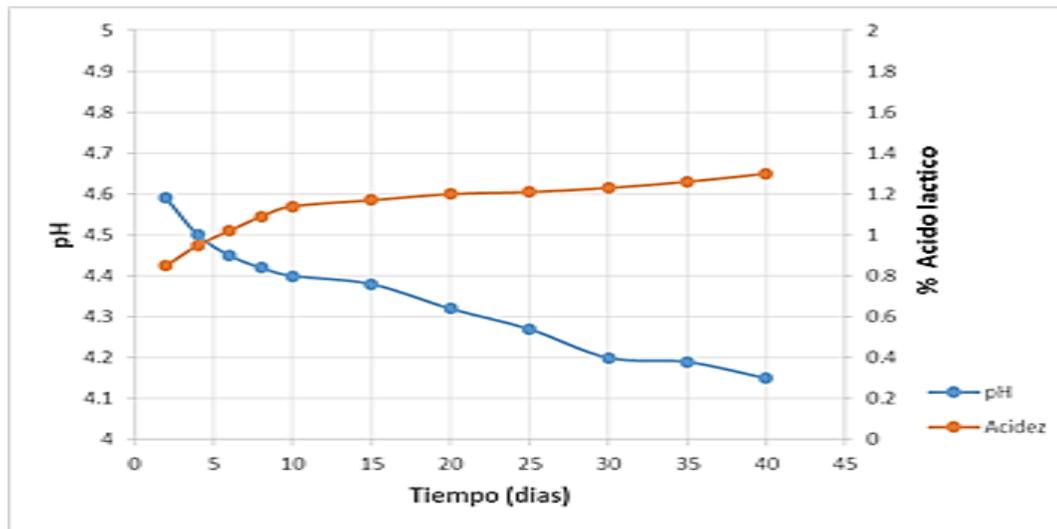


Figura 22 Relación pH-Acidez en la vida de anaquel del yogurt

El crecimiento de los microorganismos está directamente relacionado con el pH y la cantidad de ácido láctico presente en el yogurt, debido a que para su desarrollo los microorganismos metabolizan la lactosa presente en la leche, liberando de esta forma ácido láctico (metabolito primario), con lo cual disminuye el pH (Farnworth, 2003), es por esto que observamos en la Figura 22 una relación inversamente proporcional de comportamiento en relación al pH y la acidez.

En la Figura 21 se observa que *Streptococcus thermophilus* tiene una tendencia que va en aumento como la acidez, en comparación con el pH el cual se encuentra decreciendo, así como *Lactobacillus bulgaricus*, esto debido a la simbiosis formada por estas bacterias, la cual se explica debido a que *Streptococcus thermophilus* durante y después de la fermentación produce ácido fórmico y dióxido de carbono principalmente, los cuales estimulan el crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus*, y este a su vez mediante acciones proteolíticas y lipolíticas aporta nutrientes esenciales, como aminoácidos que favorecen la producción de *Streptococcus*

thermophilus (Becker, 1999), estas reacciones favorecen constituyentes importantes como la producción de acetaldehído que lleva a cabo *L.bulgaricus*, el cual es el encargado del característico aroma del yogurt.

CONCLUSIONES

Las evaluaciones del análisis microbiológico y el análisis químico proximal del concentrado proteico de suero de leche (WPC 35%), resultaron favorables para continuar con este desarrollo en el producto.

Con respecto al análisis químico proximal cabe destacar que el contenido de lactosa, fue experimentalmente menor, en comparación con las especificaciones del proveedor, lo cual afecta la composición de lactosa que se esperaba en el producto final, representando una diferencia porcentual de 10.6 %, sin embargo se realizaron 3 réplicas de las cuales indicaron por medio de un ANOVA que no hubo diferencia significativa entre ellas, por lo tanto, se concluye que se debe verificar el margen de error de la ficha técnica proporcionada por el proveedor.

Se realizó un estudio de mercado en el que se deduce que las preferencias de la población representativa que se encuestó, se inclinan hacia un consumo diario de yogurt, y las predilecciones son en cuanto a yogurt de tipo batido sabor fresa, pese a que el yogurt de tipo bebible demuestra tener una mejor portabilidad, el yogurt en presentación normal resultó ser el más atractivo en cuanto a poder de compra con respecto a los productos que tienen otras funcionalidades en su diseño.

Esto debido a que los consumidores tienen mayor interés en que el producto tenga un mejor sabor y provenga de una marca conocida, independientemente de sus cualidades nutricionales, lo que deduce la importancia de diseñar un producto que, a pesar de tener diversas características nutricionales, tuviera buenos puntajes con respecto al sabor.

Pese a estas inclinaciones la población encuestada demostró interés en consumir un producto que tuviera las características de diseño que se lograron alcanzar en este estudio, es decir un yogurt que tuviera alto aporte proteico, bajas calorías y que contará con la adición de fibra.

En el diseño de la formulación, se estableció la sustitución principal de sólidos de leche por WPC 35%, de azúcar por inulina de agave como agente de relleno, y sucralosa como edulcorante, lo cual dio viabilidad al desarrollo de un producto funcional con más características nutricionales que un producto promedio, pero que puede ser consumido por un mercado amplio, es decir, para personas sin restricción de edad.

La formulación que obtuvo una puntuación más alta en la evaluación sensorial, fue la de nivel de sustitución del 75%, por sus características de sabor, consistencia, color y aroma, por lo que fue seleccionada para ser utilizada como base en la elaboración del yogurt bebible sabor fresa.

En las pruebas de estabilidad el yogurt al 75% reportó mayor cohesividad. Al haber una relación 3:2 con la leche descremada ocurre una sinergia favorable en la unión de las proteínas séricas con las caseínas.

El yogurt desarrollado cumple con la normatividad vigente en México, no presentando contaminación bacteriana alguna, demostrando con esto que el producto se elaboró bajo buenas prácticas de manufactura y es seguro para su consumo.

El yogurt comercial fue seleccionado con características semejantes al yogurt desarrollado, para así poder realizar una comparación adecuada. El Análisis Químico Proximal indicó grasa de **0.6 g / 50 g** producto, definiendo así un yogurt “bajo en grasa”, la fibra resultante fue de **5.8%** mientras que el producto comercial la reporta ausente, lo que significa que se desarrolló, un producto con atributos adicionales a lo que comúnmente se encuentra en el mercado, y que además favorece la digestión, en cuanto a contenido de lactosa, el producto desarrollado posee **1.8%** menos en comparación con el producto comercial, pese a esto no se considera como producto deslactosado, la cantidad de calorías del yogurt desarrollado fue de **23.94/50 g** perfilando así como un producto “bajo en calorías “ y la cantidad de proteína que se reportó fue de **4.86%** con respecto al 4.68% que reporta el yogurt comercial, siendo este último un producto que se define con triple aportación de proteína comparado con un yogurt de presentación estándar, por lo tanto los cálculos en los que se basó la formulación propuesta fueron correctos

para desarrollar un producto con alto aporte proteico, esto sin mencionar que la proteína usada en el producto que se desarrolló es de mejor calidad, y tiene mejor digestibilidad que la caseína.

El yogurt elaborado con WPC 35% presentó una viscosidad mayor al inicio del análisis comparado con el yogurt comercial. Sin embargo, presentaron el mismo comportamiento y se obtuvieron fluidos dependientes del tiempo, con una tendencia tixotrópica, características del yogurt. Para fines industriales, el producto es óptimo para ser transportado por una serie de tuberías y podría desarrollarse en una planta industrial, sin complicaciones por el manejo del producto en cuanto a la viscosidad.

El análisis sensorial fue realizado para evaluar alguna diferencia entre las características físicas del yogurt desarrollado y el yogurt comercial, de acuerdo a los resultados de ANOVA, no hubo variación significativa entre los parámetros evaluados (color, aroma, sabor, consistencia) de los 2 productos. Cabe resaltar que el yogurt desarrollado tuvo una calificación promedio de “me gusta”, por lo que se considera de agrado para el público en general.

En cuanto a la vida de anaquel del producto desarrollado se concluye que continúa siendo un producto probiótico a los 40 días posteriores a su elaboración, cumpliendo con las especificaciones marcadas en la normatividad, en cuanto a las unidades formadoras de colonias, rangos de pH, y acidez.

El producto desarrollado con la formulación a nivel 75% de sustitución, cumple con los objetivos de diseño que se implementaron, para que logre ser un yogurt con triple proteína, bajo aporte calórico y adicionado con fibra soluble, pero que además logró tener una respuesta favorable en las evaluaciones sensoriales, de estabilidad, viscosidad y de vida útil, deduciendo así que es posible sustituir de manera parcial los sólidos lácteos por concentrados de proteínas séricas al 35%, y que esta incorporación beneficia tanto las características funcionales del producto como las nutricionales, pues al adicionar WPC 35%, no se requiere del uso de estabilizantes, se mejora la percepción de grasa en el paladar en sinergia con la inulina de agave, logrando así reducir la incorporación de grasa a la formulación, forma geles estables, y mejora la cinética de bacterias acidolácticas.

RECOMENDACIONES

Algunos inconvenientes en base a la adición de WPC 35%, como sustituto de sólidos lácteos en la elaboración de yogurt, es que se debe de cuidar el nivel de sustitución que se desee lograr, debido a que en todas las formulaciones (25%, 50%, 75%, y 100%), la población encuestada en el análisis sensorial , reportó un ligero resabio a leche en polvo, por lo que se sugiere el uso de edulcorantes con poco o nulo resabio para no amplificar este factor, además de contrarrestarlo con el uso de saborizantes .

Para el aprovechamiento de inulina de agave y WPC 35%, se debe de considerar un acondicionamiento térmico, durante la incorporación de estos materiales a la mezcla de yogurt, debido a que poseen una tendencia a formar coágulos y tienen poca solubilidad a temperaturas menores a 40°C.

Al adicionar WPC 35% a la formulación de yogurt, se debe considerar su alto contenido de lactosa , debido a que esto implica adicionar un proceso de deslactosado en el desarrollo del producto, el cual se requiere debido a que el producto final resulta muy alto en lactosa, comparado con un yogurt en presentación normal, al agregar la enzima B-galactosidasa al producto desarrollado se logra nivelar el porcentaje de lactosa con respecto a un yogurt en presentación regular, por lo que se sugiere considerar la alternativa del uso de WPC 35% bajo en lactosa, para evitar añadir este proceso al diseño del producto, así como disminuir el contenido de lactosa de las demás materias primas como leche en polvo y leche líquida , para reducir el contenido final de lactosa del yogurt.

ANEXOS**1. ESTUDIO DE MERCADO****ENCUESTA DIRIGIDA A CONSUMIDORES DE YOGURT**

Indicaciones: Con el fin de conocer los intereses y sugerencias del público consumidor de yogurt, solicitamos de su colaboración para el llenado de la siguiente encuesta marcando con una “X” la respuesta de su elección.

* Solo elegir una opción en cada pregunta.

Datos Generales

Género: Femenino ____ Masculino ____ Edad: _____

Lugar de residencia: _____

CUESTIONARIO

1. ¿Con qué frecuencia consume yogurt?

Diariamente ____ Semanalmente ____ Quincenalmente ____ Mensualmente ____

2. ¿Cuál es la cantidad aproximada de yogurt que adquiere por cada compra (En presentación de 250gr)

Dos o menos ____ Entre dos y cuatro ____ Más de cuatro ____

Otro (especifique) _____

3. ¿Qué tipo de yogurt consume con regularidad?

Líquido ____ Batido ____

4. ¿Especifica cuál es la característica del yogurt que consumes con regularidad? (Puedes elegir más de 1 opción)

Normal: __ Deslactosado: __ Bajo en grasa: __ Cero grasa: __ bajo en calorías ____

5. ¿Qué tipo de sabor prefieres al consumir un yogurt bebible?

Natural: ____ Fresa: ____ Vainilla: ____ Otro: ____

6. ¿De las siguientes marcas de yogurt cual es la de su preferencia?

Lala: ____ Alpura: ____ Nestle (Svelty): ____ Yoplait ____ x ____

Danone ____ Otra ____ ¿Porque? _____

7. ¿Cuál de los siguientes factores influye más en la compra de yogurt?

Económico: ___ Sabor: ___ Calidad: ___ Marca: ___ Nutricional: _____

Otras (explique) _____

8. ¿Entre que rango de precios se encuentra el yogurt que usted consume con regularidad?

(presentación de 250gr)

\$6-7 ___ \$7-8 ___ \$8-9 ___ otro _____

9. Si saliera al mercado un yogurt bebible con las siguientes características (Bajo en grasa y calorías, Adicionado con fibra dietética y Mayor porcentaje de proteína), ¿Cuál es el precio máximo que pagarías por este producto en presentación regular de 250gr)

\$ _____

¿Por qué? _____

**2. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL
PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO Y ACEPTABILIDAD**

NOMBRE: _____ EDAD: _____ SEXO:

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 4 muestras de **yogurt bebible sabor natural**, estas las podrá diferenciar por un código frente al vaso, a continuación, se le invita a degustarlas y clasificarlas en base a una escala de aceptación que a continuación le presentaremos.

5-----ME DISGUSTA MUCHO

6-----NO ME GUSTA

7-----ME ES INDIFERENTE, NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA

8-----ME GUSTA POCO

9-----ME GUSTA

10----ME GUSTA MUCHO

Las calificará en base a los siguientes aspectos mostrados en los cuadros, y con un tache

COLOR						SABOR					
127	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	127	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)
345	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	345	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)
867	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	867	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)
116	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	116	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)

OLOR						CONSISTENCIA					
127	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	127	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)
345	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	345	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)
867	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	867	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)
116	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)	116	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) (10)

1. ANÁLISIS SENSORIAL HEDÓNICO DE ACEPTACIÓN

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE: _____ EDAD: _____ SEXO: _____

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presentan 2 muestras de **yogurt bebible sabor fresa**, estas las podrá diferenciar por un código frente al vaso, a continuación, se le invita a degustarlas y calificarlas en base a una escala de aceptación que a continuación le presentaremos.

5-----ME DISGUSTA MUCHO

6-----NO ME GUSTA

7-----ME ES INDIFERENTE, NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA

8-----ME GUSTA POCO

9-----ME GUSTA

10----ME GUSTA MUCHO

Las muestras se tacharán con base a los aspectos mostrados en los cuadros siguientes:

SABOR	
325	(5) (6) (7) (8) (9) (10)
841	(5) (6) (7) (8) (9) (10)

COLOR	
325	(5) (6) (7) (8) (9) (10)
841	(5) (6) (7) (8) (9) (10)

OLOR	
325	(5) (6) (7) (8) (9) (10)
841	(5) (6) (7) (8) (9) (10)

CONSISTENCIA	
325	(5) (6) (7) (8) (9) (10)
841	(5) (6) (7) (8) (9) (10)

BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, M.R y Mos, M.O. (1999). *Food Microbiology*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.
2. Alcaraz, R. (2001). *El emprendedor de éxito. Guía de planes de negocios*. México. Mc Graw-Hill.
3. Alkhatim, H.S., Alcalina., M.I., Soriano, E., Ibarra, M.I Lora, J y Arnal, J. (1998). Treatment of whey effluents from dairy industries by nanofiltration membranes. *Desalination*. 119(1), 177-183.
4. Aider M., D. Halleux and I. Melnikova. (2009). Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10(3).334-341.
5. Akhtar, M. y Dickinson, E. (2007). Whey protein-maltodextrin conjugates as emulsifying agents: An alternative to gum arabic. *Food Hydrocolloids*. 21(4), 607-616.
6. Almécija, M.C. (2007). Obtención de la lactoferrina bovina mediante ultrafiltración de lactosuero. (Tesis de Doctorado en Tecnología y Calidad de los Alimentos. Facultad de Química). Universidad de Granada, España.
7. Almeida, K.E., A.Y. Tamime and M.N. Oliveira. 2009. Influence of total solids contents of milk whey on the acidifying profile and viability of various lactic acid bacteria LWT. *Food Science and Technology* .42(2): 672–678
8. Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R., Caballero, V., & Castellano, V. (2010). Assessment of Prebiotics and Probiotics: An Overview. En R.R. Watson & V.R. Preedy (Eds.). *Bioactive Foods in Promoting Health: Probiotics and Prebiotics* (19-41). San Diego, CA: Academic Press.
9. Anzaldúa M. A., (1994), *La evaluación sensorial de los alimentos en teoría y práctica*, España. Acribia.
10. Badui S. D., (2006), *Química de los Alimentos*, Pearson educación 4ta edición: México.
11. Barrante X., Railey D., Arias M., Chavez C., (2004). Evaluación del efecto de cultivos probióticos adicionados a yogurt comercial, sobre poblaciones conocidas de *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*, O157:H7. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54(3):293-297.

12. Barboza, J.E., Vásquez, H., Salcedo, R y Bautista, M. (2004). Probióticos y conservadores naturales en alimentos. *Acta Universitaria*. 14(3), 32-38.
13. Baro, L., J. Jiménez, A. Martínez y J. Bouza. 2001. Péptidos y proteínas de la leche con propiedades funcionales. *J. Ars. Pharmaceutica*. 42(3-4): 135-145.
14. Beltrán, L.J., Acosta, A.C. (2012). Empleo de una β - galactosidasa comercial de *Kluveromyces lactis* en la hidrólisis de lactosuero. *Hechos Microbiol.* 3(2).25-35.
15. Bisping, W. & G. Amtsberg. 1988. *Colour Atlas for the diagnosis of bacterial pathogens in animals*. Paul Parey Scientific Publishers (ed.).Berlin and Hamburg.
16. Bouzas J. (1999). Whey Products and Lactose in Confectionery Applications. Applications Monograph Disponible en : <http://www.usdec.org/files/Publications/2CONFECT.pdf>
17. Callejas, J.,Prieto, F., Reyes , V.E., Marmolejo, Y y Méndez , M.A. (2012). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: Potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria*, 22(1), 11-18.
18. Carminatti, C.A., Cunha-Petrus, J.C., Marques-Porto, L. (2003). Hidrólise enzimática da lactose em reator à membrana. Anais do XIV simpósio. Nacional de Fermentacoes, Florianópolis, Brasil. **DOI:** <https://doi.org/10.2478/cpe-2013-0030>
19. Caballero, B., L. Trugo, P. Finglas. (2003). *Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition*. New York , U.S.A, Academic Press,
20. Chavarín ,R. S; G., Medina.,N.K. ,Quesada, R.,et al., (2013). Estudio de mercado de productos lácteos en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 17 (32), 205-219.
21. Cheetham. P.S.J., (2002), Plant-derived natural sources of floavours, *Food flavour technology*. UK: Sheeffied Academic Press Lidd, p. 105-150
22. Chinappi, I y Sánchez, J. (2000). Producción de biomasa de *Kluveromyces fragilis* en suero de leche desproteínizado. *Acta Científica Venezolana*, (51), 223-230.
23. Clemens, R., (2001), Redefing fiber, *Food Technology*. 55(2) ,100.
24. Cortés R., M., Chiralt B., A., Puente D., L. (2005). *Alimentos Funcionales: Una Historia con mucho presente y futuro*, *Vitae*, 12 (1), 5-14: [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2017], <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v12n1/v12n1a01.pdf>

25. Coussement, P.A., (1999), Inulin and Oligofructose: Safe and legal status. *Journal Nutrition*. 129: 1412S-1417S.
26. Cuellas, A., Wagner, J. (2010). Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*, N° 5, 54-57.
27. Dangin, M., Boirie, Y., Guillet, C. & B., B (2002). *Influence of the protein digestion rate on protein turnover in Young and elderly subjects*. J. Nutr.
28. Demirer, S. et al., (2006) Effects of probiotics on radiation-induced intestinal injury in rats. *Nutrition*. 22: (2):179- 186.
29. Díaz Jiménez, B., Sosa Morales, M. E., Vélez Ruiz, J. F., (2004), *Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogurt*. Revista Mexicana de Ingeniería Química. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62030307>>
30. Díaz, O., C. Pereira, A. Cobos. (2004). Functional properties of ovine whey protein concentrates produced by membrane technology after clarification of cheese manufacture by-products. *Journal Food Hydrocolloids* 18(4): 601-610.
31. Drake M.A., (2007), Invited review, Sensory analysis of dairy food. *Journal of dairy science*, 90, 49.25-4937
32. Elmadfa, I., Muskat, E. y Fritzsche, D., (2011) *Tabla de aditivos. Los números*, Zaragoza, España. Hispano Europea.
33. Espinoza-Andrews y Uríaz- Silvas (2012), Espinosa-Andrews, H., & Urias-Silvas, J.E. (2012). Thermal properties of agave fructans (Agave tequilana Weber var. Azul). *Carbohydrate Polymers*. 87, 2671-2676. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.053>
34. Etzel , M.R. (2004). Manufacture and use of Dairy Protein Fractions. *The American Society for Nutritional Science*, (134).
35. Farnworth, E.R.(2003). *Handbook of Fermented Functional Foods*. New York.,U.S.A. CRC Press.
36. FitzGerald, R.J., Meisel, H.(2003). Milk protein hydrolysates and bioactive peptides. *Advanced Dairy Chemistry*. 8(54) 675-698.
37. Flores-Cadena, C.A. (2014). Obtención de una bebida láctea a partir del concentrado proteico de la mazada o suero de la mantequilla por medio de tecnología de membranas. (Trabajo de grado, Ingeniería Agroindustrial)Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador.

38. Foegeding, E. and P. Luck. (2002.) Whey protein products. *Journal of the Mexican Chemical Society*. 56(4).968.975
39. Geraghty R. y F. utler. (1999). Viscosity Characterization of a Commercial Yogurt at 5C Using a Cup in Bob and Vane Geometry over a Wide Shear rate Range (10^{-5} - $10^{1/s}$). *J.Food process Eng.*: 22,1-10
40. Gibson, G. y M. Roberfroid, (1995) *Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotic.*, *Journal of Nutrition*. 125(6):1401-1412.
41. Guerrero, J.R.,Ramírez, A.L y Puente, W .(2011).Caracterización del suero de queso blanco del combinado lácteo Santiago. *Tecnología Química*. 31(3), 93-100.
42. González, C., M. Becerra, M. Cháfer, A. Albors, J.M. Carot and A. Chiralt. 2002. Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality. *Trends in Food Science y Technology* 13(9-10): 334-340
43. Gotteland M. R., Brunser O. T., (2006), Efecto de un yogur con Inulina sobre la función intestinal de sujetos sanos o Constipado. *Revista Chilena Nutrición*. 33(3), http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182006000500012
44. Griton E. & Prieto B.(199). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Edicions Univesitat de Barcelona.Barcelona.
45. Hernández A., (2003). *Microbiología Industrial*, San José: Universidad Estatal a Distancia
46. Hernández, A., V. Robles, J. Angulo, J. Cruz and H. García. 2007. Preparation of a whey-based probiotic product with *Lactobacillus reuteri* and *Bifidobacterium bifidum*. *Food Technology Biotechnology* 45(1): 27-31
47. Hideko P., Amaral F.F y Barretto ,A.L.(2004). Caracterización Tecnológica de Sobremesas Lácteas Achocolatadas Cremosas Elaboradas con Concentrado Proteico de Suero de Muestras de Gomas Carragenina y Guar. *Revista Brasileira de Ciencias Farmacéuticas*.40(3):397-404.
48. Hugunin, A., (2008), *Productos de Suero de Leche en Yogurt y Productos Lácteos*, Mundo lácteo y cárnico, U.S. Dairy Export council US, Pag 4-8

49. Hui, Y .(1993) . Dairy Science and Technology Handbook 1. *Principles and properties*. California , U.S.A. VCH.
50. Huffman, L.(1998). The importance of whey protein fractions for WPC and WPI functionality. *Proceedings of second international whey conference. International Dairy Federation*. FIL-IDF, 197-205.
51. Ibrahim, F., E. Babiker, N. Yousif and A. Tinay. 2005. Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein. *Food Chemistry* 92(2): 285-292
52. *Industria Alimenticia*. (2014). El mercado de yogur resplandece en México. <https://www.industriaalimenticia.com/articles/87568-el-mercado-de-yogur-resplandece-en-mxico>
53. Jaros D., Spieler C., Kleinschmidt T y Rohm H.(2008). Using Whey Permeate Powders for Partial Sucrose Substitution in Flavored Yogurt. *LA alimentación latinoamerica*.63(2):174-8
54. Jordano, R., 1984. Evolución de la contaminación del yogur por coliformes, E. coli y enterococos. *Archivos de Zootecnia*. 33(125):19.
55. Jovanovic, S y Macej, O. (2005). Whey proteins properties and possibility of application. *Mijerkarstvo*, 55(3), 215-233.
56. Keogh M., Twomey M., O' Kennedy, B.T., Kennedy R y O'Keeffe J.(2000). Dairy Ingredients for Chocolate and Confectionery. The Dairy Products Research Centre, p. 1-15.
57. Kinnear,T.C y Taylor , J.R. (1998). *Investigación de mercados*. U.S.A. Mc Graw- Hill International.
58. Kip, P., D. Meyer y R. Jellema. 2006. *Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts*. *Int. Dairy J*. 16: 1098- 1103
59. Kotler, P. (2003). *Fundamentos de marketing*. México. Prentice Hall.
60. Koutinas, A., H. Papapostolou, D. Dimitrellou, N. Kopsahelis, E. Katechaki, A. Bekatorou and L. Bosnea. 2009. Whey valorisation: A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. *Bioresource Technology* 100(15): 3734-3739

61. Labuza, T., Scmidl, M. (2000). *Essentials of functional foods*. Maryland, U.S.A: Aspen Publication.
62. Lawless H.T. Y Heymann, (2010), *H. Sensory evaluation of food: principles and practices*, 2nd ed. New York: Springer.
63. Lee, B. (1996). *Fundamentos de la biotecnología de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
64. Lee, S. and S. Anema. 2009. The effect of the pH at cooking on the properties of processed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry* 115(4): 1373–1380
65. Lloyd, B.B. (2002). El suero de leche de los Estados Unidos y la nutrición infantil. Recuperado el 15 de octubre del 2014, de U.S.A, Dairy Export Council.
66. Londoño, M. 2006. Aprovechamiento del suero ácido de queso doble crema para la elaboración de quesillo utilizando tres métodos de complementación de acidez con tres ácidos orgánicos. *Perspectivas en nutrición humana. Revista Perspectivas en Nutrición Humana-Escuela de Nutrición y Dietética-Universidad de Antioquia* 16: 11-20
67. López A., (2003). *Dairy Processing handbook*. U.S.A. Tetra-Pack. 480.
68. Lucena, M., S. Álvarez, C. Menéndez, F. Riera and R. Álvarez. 2007. α -Lactalbumin precipitation from commercial whey protein concentrates. *Journal Separation and Purification Technology* 52(3): 446-453
69. Madureira, C.R., Oliver, B y Haan de H.F. (2002). Whey protein rich in α -Lactalbumine increases the ratio of plasma typtophon PENDIENTE
70. Malhotra, N. (2004). *Investigación de mercados*. México. Pearson Educación.
71. Martínez-Padilla, L.P. (2016). Rheology of recent vegetal-based biopolymers. En M. Masuelli, & D. Renard (Eds.). *Advances in Physicochemical Properties of Biopolymers* (172-193). USA: Bentham Science Publishers.
72. Martínez S., (2016). *Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de Tara (Caesalpinia Spinosa) como estabilizante a diferentes concentraciones* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial) Universidad Nacional José María Arguedas. Perú.
73. Marshall, K.R y Harper , W.J. (1988). Whey protein concentrates . *Bulletin of the International Dairy Federation*, 233, 22-32.

74. Mistry, V. V., Hassan, H. N. and Robison, D. J. (1992) "Effect of Lactose and Protein on the Microstructure of Dried Milk," *Food Structure*: Vol. 11: No. 1 , Article 8.
75. Modler, H.W.(1985). Functional Properties of Nonfat Dairy Ingredients. A Review Modification of Lactose and Products Containing Whey Proteins .Dairy Science. 68(9):2206-14.
76. Morales, Villalobos. (1985). *Comercialización de productos agropecuarios*. México. EUNEP.
77. Moreno A., Luis A., Cervera Ral, Pilar O., Rosa M.^a, Díaz Ma., Juan J., Baladía, E., Julio, Bel Serrat, Silvia, Iglesia A., Iris, López-Sobaler, Ana M.^a, Manera, Rodríguez R., Elena, Santaliestra P., Alba M., Babio, Nancy, & Salas-Salvadó, Jordi. (2013). *Evidencia científica sobre el papel del yogur y otras leches fermentadas en la alimentación saludable de la población española*. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2039-2089. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6856>
78. Morr, C.V y Harr, E.Y. (1993). *Whey protein concentrates and isolates : Processing and functional properties*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol. 3,1556.
79. Muñi, A., G. Páez, J. Faría, J. Ferrer y E. Ramones. 2005. Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica* 15(4): 361–367.
80. NMX-F-317-NORMEX-2013. Alimentos. Determinación de pH en Alimentos y Bebidas No Alcohólicas. Método Potenciométrico. Método de Prueba. Modificación de Norma Mexicana.
81. NMX-F-703-COFOCALEC-2004. Sistema Producto Leche. Alimentos. Lácteos, leche y producto lácteo (o alimento lácteo), fermentado o acidificado. Denominaciones, especificaciones y métodos de prueba. Modificación de norma mexicana.
82. NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Bienes y servicios. Norma oficial mexicana.
83. NOM-113-SSA1-1994. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Bienes y servicios. Norma oficial mexicana.
84. NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. Bienes y servicios. Norma oficial mexicana.

85. NOM-115-SSA1-1994. Método para la determinación de Staphylococcus Aureus en alimentos. Bienes y servicios. Norma oficial mexicana.
86. NOM-185-SSA1-2002. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias. Productos y servicios. Norma oficial mexicana.
87. NOM-155-SCFI-2012. Leche ..Denominaciones, Especificaciones Fisicoquímicas, Información Comercial y Métodos de Prueba.
88. NOM-181-SCFI-2010. Yogurt. Denominaciones, Especificaciones Fisicoquímicas y Microbiológicas. Información Comercial y Métodos de Prueba.
89. NOM-243-SSA1-201. Leche, Fórmula láctea, Producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Productos y servicios. Métodos de prueba.
90. Organización Mundial de la Salud, *E. coli*, *Nota descriptiva*. Consultado 12 de noviembre de 2017. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/es/>
91. Ortega RM, López-Sobaler AM, Requejo AM, Andrés P editor. *La composición de los alimentos. Herramienta básica para la valoración nutricional*, Madrid: Departamento de Nutrición: Computense; 2010.
92. Pacheco, E, Cori, M., N. Rivas, B. Dorta, y A. Bertsch. 2006. Obtención y caracterización de dos concentrados proteicos a partir de biomasa de *Kluyveromyces marxianus* var. *marxianus* cultivada en suero lácteo desproteinizado. *Revista Científica (Maracaibo)*. 16(3): 315-324
93. Parra, H.A. (2010). Lactosuero : Importancia en la Industria de los Alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.*(62).
94. Peña, G; et al., (1988), *Tablas de composición de los alimentos*, Barcelona, SENBA.
95. Prentice, J.H., (1992), *Dairy rheology: a concise guide*, New York: VCH.
96. PROY-NMX-F-714-COFOCALEC-2012. Sistema Producto Leche. Alimentos, Helados y Nieves o Sorbetes . Denominaciones, Especificaciones y Métodos de Prueba. Proyecto de Norma Mexicana.
97. PROY-NMX-F-721-COFOCALEC. -2012. Sistema Producto Leche , Alimentos lácteos, Suero de leche (Líquido o polvo) . Especificaciones y métodos de prueba. Proyecto de norma mexicana.

98. Puvanenthiran, A., Williams, R.P.W y Agustin , M.A.(2002).Structure and viscoelastic properties of set yogurt with altered casein to whey protein ratios. *International Dairy Journal*, 12(4),383-391.
99. Riquelme, G.L.F. (2010). Desarrollo por ultrafiltración de un concentrado proteico a partir de lactosuero. Trabajo de grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C – Colombia. 48 p.
100. Roberfroid, M., & Delzenne, N. (1998). *Dietary fructans. Annual Review of Nutrition*. 18, 117-143. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.18.1.117>
101. Ronkart, S.N., Deroanne, C., Paquot, M., & Fougnyes, C. (2010). Impact of the crystallisation pathway of inulin on its mono-hydrate to hemi-hydrate thermal transition. *Food Chemistry*, 119, 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.035>
102. Ruiz J.A., (2009) Elaboración de yogurt con probióticos (Bifidobacterium spp. y Lactobacillus acidophilus) e inulina Yogurt making by using probiotics (Bifidobacterium spp. and Lactobacillus acidophilus) and Inulin, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 26: 223-242. http://revfacagronluz.org.ve/PDF/abril_junio2009/v26n2a2009223-242.pdf
103. Salazar, M., Cota, G.A., Silveira, G.I e Islas, R.R. (2009). Viscosidad extensional biaxial en espagueti cocido y su relación con firmeza. *Biotecnia*.11(1).10
104. Salvatierra M., A. Molina, M. Gamboa y M. Arias, (2004), *Evaluación del efecto de cultivos probióticos presentes en yogurt sobre Staphylococcus aureus y a la producción de termonucleasa*. Arch. Latin. Nutr. 54(3):298-301.
105. Schmidt, R.P y Morris, H. (1984). Effect of processing on whey protein functionality. *Dairy Science*, 62, 2723-2733.
106. Secretaría de Economía, (2012), *Análisis del Sector Lácteo en México*. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf
107. Serra , M., y Aranceta, B.J.(2006).*Nutrición y Salud Pública*. Barcelona, España. Elsevier.
108. Setser C.S., Racette W.L., *Macromolecule replacers in food product*, Crit Rev Food Sci Nutr. 1992; 32: 275-97.

109. Sgarbieri, V.C, Caballero-Cordoba, G.M. (2000). *Nutritional and toxicological evaluation of yeast (Saccharomyces cerevisiae) biomass and yeast protein concentrate*. J.Food. Sci. 80:341.
110. Sharma, D.K. Y Tiwari, B.D., (2001), Microencapsulation using spray drying. Indian Food Industry, vol. 20, no. 2, p. 48-51, 74.
111. Smit, G., (2003). Dairy Processing - Improving Quality. Woodhead Publishing.
112. Smithers, G., Roupas, P. Chortterton, D., y Brodkorb, A. (2006). Bioactivity of β – Lactoglobuline and α - Lactoalbumine- technological implications for processing. International Dairy Journal, 16(11), 1229-1240.
113. Smithers, G.W. (2008). Whey and whey proteins. From ‘gutterto- gold’. *International Dairy Journal*. 18(7), 695-704.
114. Souza, R.R., Gimenes M.L., Costa S.C y Muller, C.M.O.(2008). Eliminación de grasas del suero de queso para obtener proteínas y lactosa. Información Tecnológica. 19(2):41-50.
115. Tamime y R. K. Robinson. (1991) YOGUR- Ciencia y Tecnología. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza
116. Tamime A. Y., Robinson R. K., (2007), *Tamime and Robinson's Yoghurt*, Cambridge, England: Elsevier Third edition
117. Tamillow, K. (2012). El boom del consumo de yogurt en Latinoamérica. *América Economía*. Recuperado de <https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/el-boom-del-consumo-de-yogurt-en-latinoamerica>.
118. Taylor, S.J y Bogdan, R. (1992). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. España. Paidós.
119. Van den Heuvel, Ellen GHM, Schoterman MH, Muijs T. Transgalactooligosaccharides stimulate calcium absorption in postmenopausal women. *J Nutr* 2000; 130: 2938-42.
120. Vallejo-Cordoba, B., Torres-Llanez, M.I., Mazorra-Manzano, M.A y González-Cordoba, A.F. (2003). Starter cultures for hispanic- style cheeses: The case of queso fresco. *American Dairy Science. An Association Anual Meeting*. 8, 383-392.
121. Vélez J.F. y Rivas A.H., (2001), *Propiedades y características del Yogurt*, Información tecnológica, México, Vol. 12. N°6.
122. Wit, J. (2003). *Dairy ingredients in non-dairy foods*. Encyclopedia of Food Science and Technology. New York, U.S.A. .Wiley. 718-727.

123. Wright, J. (1999). *Food flavorings*. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers. p. 1-38
124. X. Roig Artur, (2004), Riesgos y peligros en los productos lácteos, Departamento De Ciencia Animal Y De Los Alimentos, Universidad Autónoma De Barcelona. Fecha de consulta 14 noviembre 2017 <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2004/08/11/13957.php>
125. Zadow, J. (2003). *Protein concentrates and fractions* . *Encyclopedia of Food Science and Technology*. 6152-6156.
126. Zimmermann, Stein y H. Ruiz, Espinoza. (2010). Estructura y funcionalidad de proteínas lácteas: Efecto de modificaciones inducidas por medios físicos, químicos y enzimático. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos* 4-2: 24-37