



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Desarrollo de un producto lácteo tipo Yogurt bajo en grasa y adicionado de fibra dietética mediante el uso de inulina y maltodextrina

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

DANIELA FABELA ORTEGA

ASESORA: Doctora Sara Esther Valdés Martínez

Cuautitlán Izcalli, Estado de México

2013



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.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada gracias a Dios por supuesto porque sin Él a mi lado nada de lo que he logrado hasta hoy sería posible.

Este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin la ayuda de la Dra. Sara Esther Valdés Martínez, de quién en todo momento recibí apoyo y orientación. Le agradezco enormemente por su asesoría y sobre todo por la paciencia.

Con todo mi corazón agradezco infinitamente a mi madre: por el apoyo que me dio a lo largo de la vida, por alentarme a estudiar una carrera y por ser siempre incondicional. Sin ti simplemente esto no sería posible. Gracias Por enseñarme que no hay obstáculos pequeños pero que con esfuerzo todo se puede lograr. Gracias por ser mi cómplice en todo!! Te Amo.

A mi padre: que a pesar de la distancia siempre me ha motivado a salir adelante y a luchar por lo que quiero.

Muy especialmente quiero agradecer a mi novio, Carlos Martínez, por su paciencia, apoyo y amor incondicional que a lo largo de la carrera y hasta hoy siempre me ha demostrado. Gracias por hacerme ver que con amor todo se puede, por ser mi principal motivador, pero sobretodo por estar ahí siempre. Te Amo.

A toda mi familia: Mi abue Carmen que desde donde está sé que está orgullosa de mí, A mi abue Chelo que siempre me ha demostrado su cariño, a mis tíos René, Paty Ortega, Paty Fabela, Alma, Ara, Rafa, Paco, que han estado en las buenas y las malas conmigo y que han disfrutado al igual que yo de los logros alcanzados. Gracias por estar conmigo.

A mis amigos: Karla, Brenda, Raquel, Lizbeth, Mario, Oscar, David, Mofo, John, por hacer de la Universidad la mejor etapa de mi vida, la carrera sin ustedes nunca hubiera sido igual. Me deja grandes recuerdos, mucho aprendizaje y a los mejores amigos. Los quiero mucho!!

CONTENIDO

Resumen	1
Introducción	2
CAPÍTULO I Marco teórico	
I.I	Definiciones 6
I.II	Antecedentes 8
I.III	Ordeño de la vaca 10
I.IV	Calidad Higiénica de la leche 11
I.V	Composición de la leche 12
I.VI	Adulteraciones y Contaminantes en la leche 12
I.VII	Características fisicoquímicas 14
I.VIII	Métodos de conservación de la leche 15
I.IX	Clasificación de la leche 22
I.X	Productos y derivaos lácteos 23
I.XI	Las Leches fermentadas 24
I.XI.I	Tipos de cultivos iniciadores y fermentaciones 25
I.XI.II	Proceso de elaboración del yogurt 27
I.XI.III	Tipos de yogurt 29
I.XI.IV	Composición del yogurt 29
I.XI.V	Defectos en el yogurt 32
I.XII	Aditivo 34
I.XIII	Aspectos legislativos 35
I.XIV	La fibra dietética 35
I.XIV.I	Clasificación de la Fibra Dietética 37
I.XIV.II	Inulina 38
I.XIV.III	Maltodextrina 40
I.XV	Justificación 42
CAPÍTULO II Desarrollo Experimental	
II.I	Objetivos 44
Objetivo	
II.I.I	General 44
II.I.II	Objetivo Particular 1 44
II.I.III	Objetivo Particular 2 44
II.I.IV	Objetivo Particular 3 44
II.II	Cuadro Metodológico 45
II.III	Descripción del cuadro metodológico 46
II.IV	Desarrollo Experimental 48
II.IV.I	Actividades Preliminares 48

II.IV.II	Elaboración y Evaluación sensorial de las seis formulaciones	50
II.IV.III	Evaluación de la calidad sanitaria del yogurt seleccionado	57
II.IV.IV	Análisis Químico Proximal del yogurt seleccionado	58

CAPÍTULO III Resultados y Discusión

III.I	Caracterización de la materia prima	61
III.II	Evaluación sensorial de las seis formulaciones de Yogurt	63
III.III	Determinación de la calidad sanitaria del Yogurt seleccionado	78
III.IV	Determinación del Análisis Químico Proximal del Yogurt Seleccionado	81

CAPÍTULO IV Conclusiones

88

CAPÍTULO V Bibliografía

92

INDICE DE FIGURAS

1	Diagrama de Excreción de la leche	10
2	Relación tiempo-temperatura requerida para inhibir los contaminantes microbianos de la leche.	15
3	Diagrama de proceso de elaboración del Yogurt	28
4	Estructura química de un enlace glucosídico α (1,4).	36
5	Estructura química de un enlace glucosídico β (1,4).	36
6	Cuadro metodológico.	45
7	Diagrama del proceso de elaboración del concentrado de zarzamora	49
8	Diagrama del proceso de elaboración del Yogurt bajo en grasa adicionado de fibra dietética	51
9	Formato de evaluación sensorial	56

INDICE DE GRÁFICAS

1	Resultados de la preferencia de color	64
2	Análisis de diferencia de medias para la preferencia de color	65
3	Resultados de la preferencia de textura	68
4	Análisis de diferencia de medias para la preferencia de textura	69
5	Resultados de la preferencia de acidez	72
6	Análisis de diferencia de medias para la preferencia de acidez	73
7	Resultados de la preferencia de apariencia	75
8	Análisis de la diferencia de medias para la preferencia de apariencia	76

INDICE DE TABLAS

1	Composición media de los principales componentes de la Leche	12
2	Propiedades fisicoquímicas de la leche	14
3	Parámetros fisicoquímicos del Yogurt	30
4	Parámetros fisicoquímicos de los productos lácteos fermentados	31
5	Defectos en la textura del Yogurt	32
6	Defectos en el sabor del Yogurt	33
7	Clasificación de la fibra dietética	38
8	Técnicas aplicadas para el análisis de microorganismos indicadores	46
9	Técnicas aplicadas para el análisis de cultivos lácticos en el yogurt	47
10	Técnicas aplicadas para el Análisis Químico Proximal	47
11	Pruebas empleadas para la caracterización de la materia prima	48
12	Balance de sólidos no grasos	52
13	Formulaciones de Yogurt con 2% de Maltodextrina	54
14	Formulaciones de Yogurt con 3% de Maltodextrina	54
15	Condiciones de las pruebas microbiológicas realizadas al Yogurt	57
16	Parámetros fisicoquímico evaluados, métodos y referencias	59
17	Resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche descremada líquida	61
18	Resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche semidescremada en polvo	61
19	Resultados de la caracterización microbiológica de la leche semidescremada en polvo	62
20	Resumen de los datos obtenidos de la evaluación del color	63
21	Análisis de varianza para la preferencia de color	66
22	Resumen de los datos obtenidos de la evaluación de la textura	67
23	Análisis de varianza para la preferencia de textura	70
24	Resumen de los datos obtenidos de la evaluación de la acidez	71
25	Análisis de varianza para la preferencia de acidez	74
26	Resumen de los datos obtenidos de la evaluación de apariencia	75
27	Análisis de varianza para la preferencia de apariencia	77
28	Resultados del análisis microbiológico	79
29	Contenido de bacterias lácticas vivas en el Yogurt	80
30	Resultados de la determinación de Humedad	82
31	Resultados de la determinación de Proteína	82
32	Resultados de la determinación de Cenizas	83
33	Resultados de la determinación de Lípidos	84
34	Resultados de la determinación de Fibra Dietética	85
35	Resultados de la determinación de Lactosa (Azúcares Reductores Directos) en el Yoghurt Natural	85
36	Resultados de la determinación de Azúcares Reductores totales en el concentrado de zarzamora	86

Resumen

En la actualidad se ha presentado un incremento en el número de personas que se preocupan por mantener una alimentación sana dado que su modo de vida se ha visto modificado al tener un menor desgaste físico y una gran ingesta de calorías provenientes de los alimentos “rápidos” o de fácil acceso. Por otro lado los consumidores se han vuelto más exigentes ya que ahora la gran mayoría buscan que los productos que compran les ofrezcan un “extra” y no lo mismo que cualquier otro de su tipo.

Es por lo anterior que este proyecto se enfocó en el desarrollo de un producto con un bajo aporte de grasas, que no presentara un sabor desagradable, que fuera de fácil acceso y que además de la función de nutrir como cualquier alimento aportara un extra, se elaboró por tanto un producto lácteo tipo yogurt bajo en grasa y adicionado de fibra dietética.

Se desarrollaron seis formulaciones con diferentes concentraciones de inulina y maltodextrina las cuales fueron evaluadas mediante un análisis sensorial utilizando una escala hedónica de 5 niveles, con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza para determinar la formulación más aceptada por los panelistas. A la formulación más aceptada se le aplicaron pruebas microbiológicas para determinar la calidad sanitaria así como de recuento de las bacterias lácticas viables para establecer la denominación genérica de “Yogurt probiótico”. Por último se realizó un Análisis Químico Proximal para conocer el aporte nutricional y el bajo contenido calórico del producto final.

Los resultados obtenidos fueron favorables pues se obtuvieron valores que concuerdan con los límites establecidos en la normatividad mexicana vigente aplicable al producto.

Introducción

En México la Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC) representa a 148 empresas dedicadas a la producción de leche y sus productos derivados, incluyendo quesos, yogurts, mantequillas, postres y helados. La leche es un alimento básico y su misión es fomentar su consumo por sus aportes nutricionales. La visión de la organización es que todos los mexicanos puedan consumir más leche y lácteos como una fuente nutricional valiosa para su crecimiento y desarrollo. En conjunto, las empresas que forman parte de CANILEC representan el 90% de la producción industrial de leche y sus derivados en el país y juntas adquieren cerca del 85% de la producción nacional de leche. Los industriales de la leche generan aproximadamente 72,600 empleos directos y más de 360 mil empleos indirectos. La producción de leche y sus derivados es una de las industrias del sector agropecuario más importante de México y representa el 20,7% del Producto Interno Bruto pecuario del país (CANILEC, 2010).

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

En los últimos años, se han modificado drásticamente los hábitos alimenticios de la población, debido a la falta de tiempo en las personas y a la excesiva oferta de comida rápida con un alto contenido en grasas y carbohidratos, particularmente en relación a la ingesta de fibra, su consumo ha disminuido de 20-30 g al día hasta el 10% que va de 2 a 3 g/día en algunos casos. (Román J. L., et. al, 2010)

La American Association of Cereal Chemist (2001) define como fibra dietética a: "la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso". La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre".

Una definición más reciente, añade a la definición previa de fibra dietética el concepto nuevo de fibra funcional o añadida que incluye otros hidratos de carbono absorbibles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos y disacáridos como la lactulosa. Hablaríamos entonces de fibra total como la suma de fibra dietética más fibra funcional. (Montoya S., 2009)

Aunque se considera que deben desaparecer de la nomenclatura sobre fibra términos como soluble/insoluble, fermentable/no fermentable y viscosa/no viscosa, estas propiedades son la base de sus beneficios fisiológicos por lo que desde un punto de vista práctico sería una clasificación apropiada, tal como lo plantea García Peris, derivándose conceptos ampliamente aceptados como: fibra soluble e insolubles (García Peris P y Velasco Gimeno C., 2007).

En diferentes países (Nueva Zelanda, Venezuela, Polonia entre otros), se ha estudiado la adición de inulina como sustituto de grasa en el yogurt, se ha encontrado que este polisacárido es una fuente de fibra dietética y ayuda a disminuir los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre (Hunter, 2003), posee una gran capacidad de retención de agua lo que favorece las propiedades del yogurt durante su vida de anaquel al reducir la sinéresis y esto a su vez genera una sensación de saciedad al permanecer en el tracto digestivo. (Aryana, K.J., 2007)

La maltodextrina es un polisacárido que se obtiene mediante la hidrólisis del almidón para cambiar su configuración de enlaces alfa (1,4) en enlaces alfa y beta

al azar formando así una fibra dietética que bajo una marca registrada llamada FIBERSOL-2 que ofrece hasta un 90% de fibra dietética. Es altamente soluble en agua y aún utilizándose a concentraciones mayores al 10% no interfiere con el sabor ni olor del producto, es estable a pH ácido y por lo tanto es una excelente opción de fibra dietética para adicionar al yogurt. (Román, 2010)

CAPÍTULO I
MARCO TEORICO

I.I Definiciones

Basados en el trabajo que se desarrolló y para comprender el tema que se tratará a lo largo del mismo, a continuación se presentan algunas definiciones que servirán de referencia.

Leche

La leche por ser uno de los alimentos más completos ha sido estudiado y definido de múltiples maneras ya sea basadas en su composición, su obtención o de acuerdo a las leyes aplicables, algunas de las principales definiciones dadas a este alimento se presentan a continuación (Chandan, R.C. y Kilara A., 2008).

Leche cruda

“La leche cruda es el producto obtenido por uno o más ordeños, higiénico de la ubre de una o varias vacas, que a continuación se ha refrigerado y al que no se ha añadido ni sustraído nada.” (Josep y Shelly, 2004)

Definición de normatividad

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

Definición fisicoquímica

Fisicoquímicamente, “la leche es una emulsión de materia grasa, en forma globular, sus componentes en mayor proporción son: lípidos (triglicéridos),

proteínas (caseínas, albúminas y globulinas), glúcidos (lactosa) y sales minerales, a los cuales se añaden numerosos componentes en cantidades mínimas como: lecitinas, enzimas, nucleótidos, gases disueltos, microflora disuelta, etc.” (P.W. y R.J., 1984)

Contaminantes: entidades físicas, químicas o biológicas indeseables que se encuentran en el producto, por arriba de los límites permisibles. (NOM-243-SSA1-2010)

Yogurt: también conocido como leche cuajada búlgara, puede prepararse con leche de cabra, de oveja o de burra. (NOM-181-SCFI-2010)

Aditivos: cualquier sustancia permitida que, sin tener propiedades nutritivas, se incluya en la formulación de los productos y que actúe como estabilizante, conservador o modificador de sus características organolépticas, para favorecer ya sea su estabilidad, conservación, apariencia o aceptabilidad. (NOM-243-SSA1-2010)

Cultivo láctico: Población de células microbianas inocuas utilizadas para la fermentación de los productos (NOM-181-SCFI-2010)

Sólidos lácteos no grasos: son los componentes propios de la leche, con excepción de la grasa y el agua, por ejemplo: proteínas lácteas, lactosa, sales minerales, entre otros. (NOM-181-SCFI-2010)

Microorganismo Viable: La facultad de los microorganismos de manifestar actividad biológica al encontrarse en condiciones favorables de desarrollo. (NOM-181-SCFI-2010)

I.II Antecedentes

La leche es: “El líquido secretado por la glándulas mamarias, tanto del ser humano (leche humana), como de los animales mamíferos, cuyo fin es servir de alimento al recién nacido. En términos lactológicos, el concepto de leche se refiere únicamente a leche de vaca, obtenida como materia prima (leche cruda) en las exploraciones agrícolas y que se ha de tratar en las centrales lecheras.” (Tamime A. y Robinson R., 1991)

La leche se puede considerar un alimento que cubre todas las necesidades nutritivas del ser humano. Contiene hidratos de carbono, grasas, proteínas, sales minerales, vitaminas, enzimas y todos los biocatalizadores necesarios para mantener y desarrollar los procesos vitales, es un líquido blanco y opaco, aunque puede presentar una tonalidad ligeramente amarillenta, sobre todo cuando las vacas se encuentran pastando en las praderas, ya que consumen alta cantidad de carotenos. (P.W. y R.J., 1984)

La leche debe tener un sabor característico, puro, fresco y ligeramente dulce, así como un olor igualmente característico y exento de aromas extraños, su consistencia (coherencia entre sus partículas) debe ser homogénea y carecer de grumos y copos.

En cuanto a su composición y sus caracteres organolépticos, estos varían considerablemente a lo largo de los 300 días que dura el periodo de lactación. La leche que produce la vaca en los 7 días sucesivos al parto se denomina calostro o leche calostrual. No obstante, a veces, se pueden observar en la leche características calostrales 10-14 días postparto y en casos aislados incluso transcurridas de 3 a 5 semanas. La leche calostrual no puede entregarse a la industria para su comercialización hasta después del 6° día. Al final del periodo de lactación, es decir, algunas semanas antes del parto, la leche vuelve a adquirir características calostrales. El calostro es rico en extracto seco, disminuye el tamaño de los glóbulos grasos y reduce la capacidad de coagulación de la leche por el cuajo. Esto provoca entre otras cosas, que la transformación de la leche en queso se vea seriamente dificultada. (Spreer E. y Dignoes O., 1991)

El calostro difiere apreciablemente de la leche en composición, propiedades físicas y funciones; los terneros recién nacidos deben absorber las inmunoglobulinas del calostro, en las primeras 24 horas de vida ya que son moléculas encargadas de proteger al organismo contra las infecciones y son parte importante del sistema inmune. Varias investigaciones han relacionado los bajos niveles de inmunoglobulinas en los terneros recién nacidos con elevadas tasas de enfermedad y muerte, y los que no consumen calostro presentan baja ganancia de peso y si llegan a la edad productiva, las vacas en su primera lactancia tienen menor producción de leche así como un incremento en las tasas de descarte y mortalidad. Estos factores producen significativas pérdidas económicas para los ganaderos, no solo por el reemplazo de los animales muertos, si no por los gastos en tratamientos médicos, manejo y labores extra en las explotaciones. (Spreer & Dignoes, 1991)

I.III Ordeño de la vaca

El ordeño constituye una de las actividades más importantes que se realiza en una explotación lechera. En el ordeño sea manual o mecánico debe realizar un estímulo en la ubre, para enviar una señal nerviosa al cerebro, el cual ordena a la glándula pituitaria segregar oxitocina, conocida como hormona de la leche, esta hormona produce la contracción activa de las células mioepiteliales que rodean a los alveolos y pequeños conductos, llega por vía sanguínea a los músculos internos de la ubre en el transcurso de uno o dos minutos, este efecto finaliza en la excreción de la leche conocida como “bajada de la leche”, esto puede observarse en la Figura 1. Si durante este tiempo se produce algún trastorno, el proceso se altera y no hay colaboración de la vaca. El ordeño se debe realizar dentro de los cinco minutos después de la bajada de la leche obteniéndose la máxima cooperación de la vaca. (Gómez M., 2003)

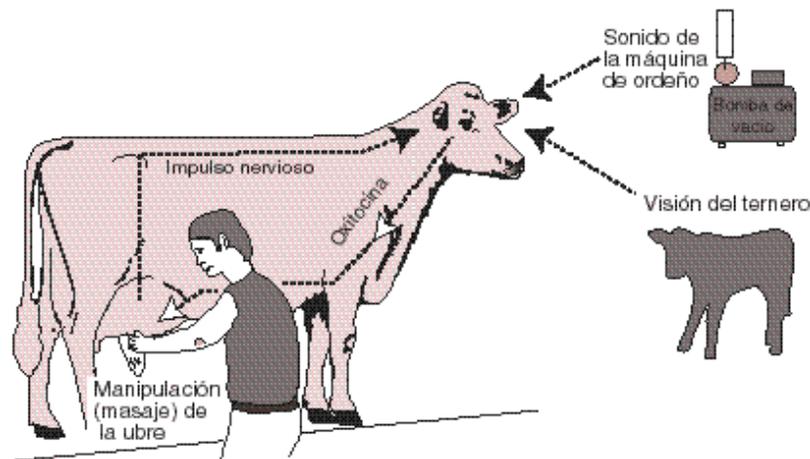


Figura 1. Diagrama de excreción de la leche

Fuente: Unión Ganadera Regional de Jalisco, Producción de leche en la Glándula

Mamaria <http://www.ugrij.org.mx>

Las etapas del ordeño son las que se dan a continuación junto con algunas recomendaciones para mantener la calidad de la leche:

- Extracción de la leche: se debe hacer en el menor tiempo posible a un caldero de acero inoxidable con tapa hermética.
- Filtrado: con filtros de lana de algodón por una sola vez por cada diez vacas, después del ordeño y antes de enfriarse.
- Enfriamiento y Almacenamiento: 2-4°C en los treinta minutos siguientes al ordeño.

I.IV Calidad higiénica de la leche

La calidad higiénica de leche cruda depende del estado sanitario y de la limpieza de las vacas, del sistema de ordeño y de las condiciones higiénicas del equipo de ordeño.

La contaminación microbiana de la leche durante su obtención en la explotación ganadera, puede deberse a muchos microorganismos distintos. Existen diversos tratamientos que son suficientes para destruir las bacterias patógenas no esporuladas mas termorresistentes que pueden encontrarse en la leche: *Mycobacterium tuberculosis* y *Coxiella burneiti*.

I.V Composición de la leche

La leche es un alimento muy nutritivo su composición, se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición media de los principales componentes de la Leche

Elemento	Porcentaje
Humedad	87.7
Proteína	3.2
Lactosa	4.7
Cenizas	0.8
Grasa	3.6

Fuente: Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados, 2012

I.VI Adulteraciones y Contaminantes en la leche

Por un manejo inadecuado o intencional, ésta puede convertirse en un producto no apto para consumo humano o que engañe al consumidor, al no ser 100% leche. La leche puede adulterarse de forma accidental o intencional, los principales son:

1. Adición de agua, esta puede ser consecuencia de un accidente, o de prácticas incorrectas en la granja o industria. Algunos ganaderos añaden agua a la leche para aumentar su volumen. La sal o el azúcar se utilizan para enmascarar la adición de agua por que elevan el contenido en sólidos y hacen descender el punto crioscópico.

2. Distintos compuestos químicos pueden llegar accidentalmente a la leche. Entre las posibles adulteraciones se incluyen los detergentes y desinfectantes utilizados en la limpieza de las instalaciones y del equipo de ordeño, así como preparaciones veterinarias que se dejan descuidadamente en proximidades de los tanques de leche o incluso en su interior.
3. Otros compuestos químicos se pueden añadir intencionalmente, por ejemplo, para neutralizar la acidez desarrollada se adicionan compuestos básicos, como la cal. Algunos conservantes, como el agua oxigenada y la formalina, se añaden para enmascarar su mala calidad higiénica.

La falta de control en el ordeño puede ocasionar la mezcla de leche calostrual en el tanque. También puede llegar al tanque sangre procedente de vacas con lesiones en las ubres. La total exclusión de tanto del calostro como de la sangre, depende de las buenas prácticas del manejo del ganadero. (Gómez M., 2003)

Los contaminantes no solo son de procedencia externa, también llegan a la leche desde la propia vaca. Probablemente el problema más frecuente entre los que tienen su origen en la propia vaca es la aparición de colores y olores extraños en la leche, derivados de su dieta, la pulpa de betabel, el nabo, el ajo silvestre y distintas hierbas cuyos componentes aromáticos volátiles pueden pasar a la leche. Existen otras sustancias causantes de la misma alteración que puede ser desde el entorno ambiental del animal, como compuestos fenólicos de los desinfectantes, aromas de los sumideros, insecticidas, conservantes de madera, etc. Cuando las vacas que han recibido tratamiento con antibióticos se ordeñan prematuramente, la inclusión de su leche en el tanque de mezcla produce otro tipo de contaminación química, una grave

irresponsabilidad, ya que los antibióticos en la leche crean resistencias adquiridas, aumentando el número de bacterias patógenas para los animales y para el hombre. (Food & Agriculture Organization, 2008)

I.VII Características fisicoquímicas

La leche es considerada como una emulsión natural perfecta, donde los glóbulos de grasa gracias a la presencia de sustancias en estado coloidal se hallan en suspensión en un medio salino de elevada concentración, por lo anterior se distinguen tres sistemas fisicoquímicos:

- En **emulsión** de materia grasa bajo forma globular.
- En **solución** o fase hídrica, forma el medio más voluminoso, continuo.
- En **suspensión** de caseína, ligada a sales minerales.

Sus principales propiedades, de determinación inmediata, se muestran en la Tabla 2. (Veissere, D.R., 1998)

Tabla 2. Propiedades Fisicoquímicas de la leche

Propiedad	Valor
Densidad a 15 °C	1.030-1.034 g/ml
Calor específico	0.93 (cal/kg°C)
Punto de congelación	-0.55°C
Ph	6.5-6.6
Acidez expresada en grados DORNIC (dg de ácido láctico / L)	16-18°D
Índice de refracción	1.35

Fuente: Lactología Técnica, D.R. Veissere, 1998

I.VIII Métodos de conservación de la leche

La conservación de los alimentos consiste en retardar y/o bloquear la acción de agentes como microorganismos y enzimas que puedan alterar sus características originales. Los agentes pueden ser ajenos o formar parte de su composición. En el particular caso de la leche los organismos que se pretenden destruir obedecen una tabla ya diseñada en la cual se establece la relación de tiempo-temperatura que deben seguirse para lograr eliminar las amenazas de contaminación microbiológica de la leche, esta relación se observa en la Figura 2.

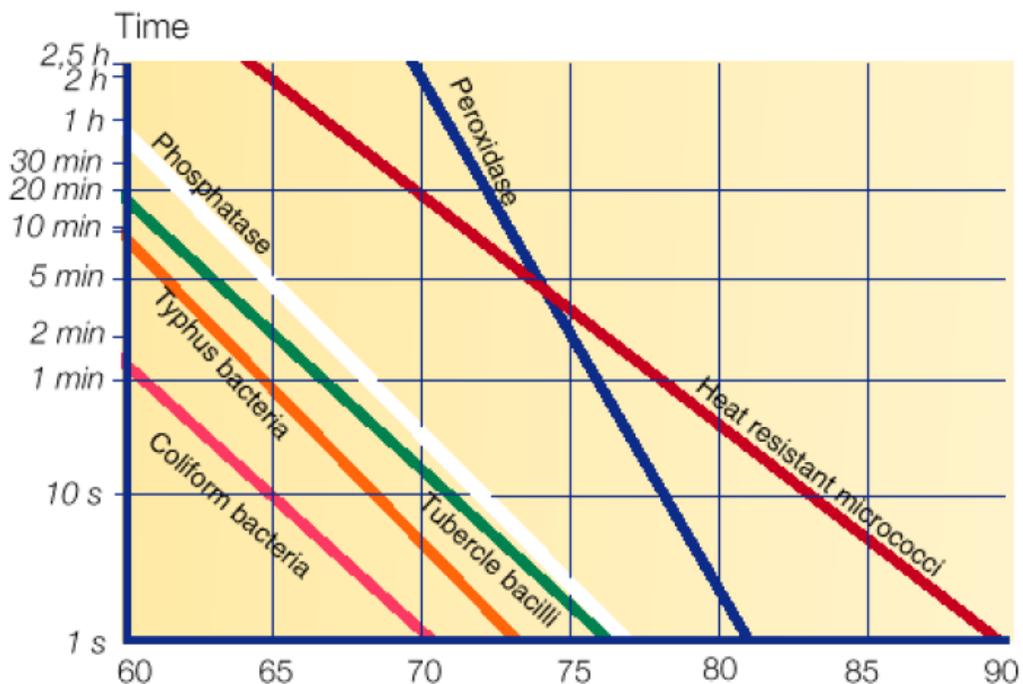


Figura 2. Relación de tiempo-temperatura requerida para inhibir los contaminantes microbianos de la leche. Fuente: <http://www.canilec.org.mx>

Los métodos de conservación de la leche más utilizados actualmente son:

- Pasteurización
- Ultra pasteurización

- Esterilización
- Secado

Pasteurización (HTST)

La pasteurización es el proceso mediante el cual se somete la leche a un tratamiento térmico a un intervalo de temperaturas establecido y por un tiempo determinado logrando así la destrucción de microorganismos patógenos. (Josep M. y Shelly, R., 2004) Las etapas de este proceso se describen brevemente a continuación:

- 1) Estandarización: la estandarización de la leche semidescremada y de la leche entera se realizan con el objeto de ajustar su contenido en materia grasa a los porcentajes exigidos por la legislación. Para realizarse la estandarización puede utilizarse leche cruda o pasteurizada y el proceso puede ser continuo o discontinuo. El ajuste de la cantidad de materia grasa se consigue mezclando leche entera y leche descremada, de contenidos grasos conocidos, en las proporciones necesarias para obtener una leche con el porcentaje graso deseado.
- 2) Homogenización: la homogenización reduce la sensación de grasa que produce el consumo de leche entera y además evita la separación de la capa superficial de nata y la formación de tapones de grasa. La materia grasa se encuentra en la leche como una emulsión de grasa en agua, con los glóbulos grasos repartidos en la fase acuosa de la leche. El tamaño de los glóbulos grasos varía entre 1 y 18 μm , con un diámetro medio de 3-4 μm manteniendo la leche durante un tiempo en reposo, la grasa asciende a la superficie formando una capa de nata por que la emulsión de grasa en agua no es lo bastante estable como para evitar que se separen las dos fases inmiscibles. En el proceso de homogenización se consigue una emulsión estable.

3) Pasteurización: la leche recibe un tratamiento térmico indirectamente a través de un intercambiador de calor, que normalmente es de placas. Un pasteurizador de placas está constituido hasta por cuatro secciones distintas, cada una formada por un conjunto de placas de acero inoxidable rectangulares encajadas entre si y todas ellas colocadas en un bastidor de acero. Los pasteurizadores están diseñados para que los distintos paquetes o grupos de placas conformen las diferentes etapas del tratamiento. Así la leche que entra en el pasteurizador a una temperatura de 4°C, se precalienta en una sección de recuperación o regeneración, en donde el intercambio de calor se produce entre la leche fría que llega y la leche pasteurizada que sale del sistema. La leche precalentada pasa a la sección de pasteurización, en donde se calienta hasta una temperatura entre 72 y 75°C con agua calentada por vapor. La leche se mantiene a esa temperatura durante 15 segundos en el tubo de retención o mantenimiento y pasa a través de una válvula de desviación de flujo antes de volver de nuevo a la sección de recuperación para ceder su calor a la leche que está entrando en el intercambiador. Después de circular la leche por la sección de regeneración, la leche pasteurizada ya pre enfriada pasa por la o las secciones de enfriamiento y/o refrigeración, donde se enfría a una temperatura de 4°C y sale del intercambiador de calor para pasar inmediatamente a la llenadora-ensasadora.(Veissere, D. R., 1998).

Ultra pasteurización (UHT)

Los tratamientos de ultra pasteurización (UHT) están diseñados para obtener un producto comercialmente estéril, que no contenga microorganismos patógenos y que transportado y almacenado en condiciones adecuadas, presente muy pocas posibilidades de alterarse durante un tiempo aceptable desde un punto de vista comercial. (Spreer, E. y Dignoes, O., 1991)

1. Tratamientos UHT indirectos: presentan muchas similitudes con los equipos de pasteurización, ya que ambos tratamientos se suministran a la leche en intercambiadores de placas o tubulares, consisten en la siguientes etapas:

- La leche estandarizada y a una temperatura de 2-4°C se conduce hasta el tanque de regulación UHT.
- Desde ese tanque, la leche se bombea y se hace circular por la sección de recuperación del intercambiador de calor, en donde la leche cruda se calienta hasta 70-80°C,
- Una vez alcanzada esa temperatura, la leche se homogeniza hasta que el tamaño medio de los ácidos grasos se reduce a 1-2µm,
- En la sección de calentamiento del intercambiador, la leche alcanza una temperatura entre 135-140°C y se hace circular por el tubo de retención, en donde se mantiene a la temperatura de esterilización durante unos 4 segundos.
- Desde el tubo de mantenimiento la leche vuelve a la sección de regeneración, en donde el primero cede parte de su calor para calentar la zona más fría del circuito de agua caliente y luego precalienta la leche que está entrando en el sistema de esterilización,
- Después de circular por las secciones de recuperación, la leche llega a un tanque aséptico, en donde se mantiene en condiciones estériles hasta su envasado.

2. Tratamientos UHT directos: se basan en uno de los siguientes métodos de para calentar la leche a una temperatura superior a 135°C:

- Inyección de vapor: sistema laminado de inyección directa de vapor o DSI, en el que se inyecta un chorro de vapor a la

conducción por la que circula la leche, cuya temperatura se eleva de forma simultánea.

- Infusión de vapor: sistemas en los que la leche se pulveriza en el interior de una cámara llena de vapor, en donde la leche alcanza rápidamente la temperatura deseada.

La diferencia con el tratamiento indirecto es: la leche una vez esterilizada pasa a una cámara de expansión en la que se ha creado un vacío parcial y ahí la leche se enfría instantáneamente hasta alrededor de 80°C y se restablece el contenido de extracto seco de la leche original; es decir, el agua incorporada al inyectar el vapor, se evapora de forma inmediata. (Spreer, E. y Dignoes, O., 1991)

Esterilización

Actualmente se ha generalizado en todo el mundo los tratamientos UHT para la producción de leche esterilizada, pero estos sistemas fueron precedidos de su desarrollo y aplicación comercial por los de esterilización de la leche en botellas, con lo que también se obtiene un producto de larga conservación.

La esterilización puede ser un proceso discontinuo en el cual las botellas se esterilizan por lotes en ollas o en autoclave, o en un sistema continuo en el que las botellas de leche circulan a través del esterilizador. La esterilización en continuo es el tratamiento más frecuente y se emplean fundamentalmente dos tipos de equipos: las torres de esterilización verticales o esterilizadores hidrostáticos y los autoclaves horizontales. (Spreer, E. y Dignoes, O., 1991)

En los sistemas por lotes o discontinuos las condiciones de tratamiento son:

- Temperatura de $115\text{-}120^{\circ}\text{C}$ durante 15-30 minutos.

- La leche se precalienta hasta 80-90°C en un intercambiador de placas con el fin de desnaturalizar y estabilizar las proteínas séricas, que podrían alterar la viscosidad y la textura del producto.
- Una vez finalizado el ciclo de esterilización la leche se refrigera por circulación de agua fría una vez que alcanza una temperatura de 20-30°C, se vacía el autoclave y se comienza el proceso de nuevo.

En los sistemas con un esterilizador hidrostático continuo, de función continua, comienza por una fase de precalentamiento que es muy similar a un tratamiento UHT:

- La leche se calienta a 135°C durante 3-4 segundos y después se enfría hasta 30-70°C, dependiendo de los sistemas. Esta etapa contribuye a estabilizar las proteínas, pero su principal objetivo es reducir el número de esporulados que puede contener la leche (Josep M. y Shelly, R., 2004)

Secado

El secado se define como la eliminación de humedad de un producto y en la mayoría de las situaciones prácticas la etapa principal durante el secado es la transferencia interna de materia, el producto adquiere un estado sólido.

En los procesos de secado, los mecanismos de transferencia de agua en el producto que se está secando se puede resumir en: movimiento de agua bajo fuerzas capilares, difusión del líquido por gradientes de concentración, difusión superficial, difusión del vapor de agua en los poros llenos de aire, flujo debido a los gradientes de presión, y flujo debido a la vaporización-condensación del vapor de agua. (Veissere, D. R., 1998).

En la industria láctea se utilizan dos métodos para la obtención de leche en polvo estos son: el secado por atomización y el secado en cilindros rotatorios. El contenido de agua de la leche en polvo oscila entre el 2.5 y 5%. El secado aumenta el periodo de conservación de la leche, reduciendo simultáneamente su peso y volumen, lo cual reduce el costo de transporte y almacenamiento.

Procesos de producción de leche en polvo:

- **Leche en polvo con la utilización de rodillos de secado**, la leche tratada previamente se aplica sobre los rodillos de forma que todo el proceso de secado se realiza en una sola etapa hasta alcanzar el contenido de sólidos requeridos. (45-55 %)
- **Leche en polvo utilizando del secado por atomización**, primero se efectúa una concentración de la leche por evaporación a vacío hasta un contenido en MS de aproximadamente 45-55%.

En el secado por atomización, la leche se concentra primero por evaporación y posteriormente se seca en una torre de atomización. Durante la primera etapa del secado se evapora el exceso de agua que está en forma libre entre las partículas de los sólidos. En la etapa final también se evapora el agua contenida en poros y capilares de las partículas sólidas. La primera etapa es relativamente rápida, mientras que la última necesita más tiempo y energía. El producto se verá afectado de forma significativa por el calor si este es el caso se realiza de modo que las partículas de leche entren en contacto directo con las superficies calientes de transferencia térmica. (Josep, M. y Shelly, R., 2004)

Después del secado en rodillos o por atomización, el polvo obtenido se envasa en latas, bolsas de papel, bolsas laminadas o bolsas de plástico, dependiendo de la calidad del producto y de las exigencias del consumidor.

La leche en polvo se clasifica en:

- Leche en polvo entera: esta se produce a partir de leche homogenizada esta se pasteuriza a 80-85°C para inactivar la mayoría de las enzimas lipolíticas que, de otra manera podrían degradar la grasa durante el almacenamiento.
- Leche en polvo descremada: se obtiene a partir de la leche desgrasada, mediante un proceso previo de centrifugación.

Aplicaciones de leche en polvo

- Industria láctea
- Industria panadera
- Industria chocolatera
- Producción de alimentos infantiles
- Fabricación de piensos para el ganado

I.IX Clasificación de la leche

Existen diversas clasificaciones para la leche ya sea por el tratamiento térmico que recibe, por su proceso o por su contenido de grasa, esta última utilizándose para el desarrollo de este trabajo, de acuerdo a normatividad Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba., se dividen de la siguiente forma:

- Leche entera con un contenido mínimo de 30g/L
- Parcialmente descremada, con un contenido de 28- 6 g/L
- Descremada con un máximo de 5g/L

I.X Productos y derivados lácteos

Existe una amplia variedad de productos lácteos, de manera general se pueden clasificar en quesos, mantequillas, leches fermentadas y productos derivados como helados, cremas, etc.,

Leche evaporada: Es aquella que ha sido obtenida mediante la eliminación parcial del agua de la leche por el calor o por cualquier otro procedimiento que permita obtener un producto con la misma composición y características de la leche sin modificación en la proporción entre la caseína y la proteína de la leche

Leche condensada: aquella que ha sido obtenida mediante la evaporación del agua de la leche a través de presión reducida, a la que se le ha agregado sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural, hasta alcanzar una determinada concentración de grasa butírica y sólidos totales.

Quesos: productos elaborados de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida de la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento anterior, por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado.

Mantequilla: es el producto obtenido a partir de la grasa de la leche o grasa de la crema, la cual ha sido pasteurizada, sometida a maduración, fermentación o acidificación, batido o amasado, pudiendo ser o no adicionada de sal.

Helados: alimento producido mediante la congelación, con o sin agitación de una mezcla pasteurizada compuesta por una combinación de ingredientes lácteos pudiendo contener grasas vegetales, frutas, huevo y sus derivados, saborizantes, edulcorantes y otros aditivos.

Cremas: al producto terminado en el que se ha reunido una fracción determinada de grasa y sólidos no grasos de la leche, ya sea por reposo, por centrifugación o reconstitución sometida a pasteurización y cualquier otro tratamiento térmico que asegure su inocuidad.

Leches fermentadas: al producto lácteo obtenido de la fermentación de la leche mediante la acción de microorganismos específicos, cuyo resultado sea la reducción del pH, adicionado o no de ingredientes opcionales y aromatizantes, sometido o no a tratamiento térmico después de la fermentación.

I.XI Las leches fermentadas

Las leches fermentadas son consumidas desde la más remota antigüedad, especialmente por los pueblos orientales. En los países occidentales el uso de leches fermentadas se extendió a principios de siglo XX, momento en que Metchnikoff, publicó sus trabajos sobre las causas del envejecimiento, atribuyendo a las putrefacciones del intestino un importante papel. El yogurt se benefició de esta idea y fue cuando empieza el crecimiento de la industria, al haber interés por parte de los consumidores en adquirirlo.

El término “fermentadas” describe el proceso de inoculación o siembra de la leche con microorganismos que transforman la lactosa en ácido láctico. A lo largo del proceso se originan además dióxido de carbono, ácido acético, diacetilo,

acetaldehído, y muchos otros compuestos que determinan el sabor, textura y aroma característicos del producto. (Josep M. y Shelly R., 2004)

En general, el proceso de fermentación se puede describir como que la lactosa se transforma parcialmente en ácido láctico o, en ciertas leches, en alcohol etílico. Las proteínas sufren al inicio una ligera hidrólisis generando péptidos de menor peso molecular, lo que mejora su digestibilidad. En ocasiones la leche se carga de CO₂ y se vuelve espumosa.

I.XI.I Tipos de cultivos iniciadores y fermentaciones

En la elaboración de quesos madurados y productos lácteos fermentados, entre estos yogurt, el uso de cultivos lácticos es común, existen diversas compañías que ofertan las mezclas de los microorganismos liofilizados requeridos para elaborar un determinado queso, entre estas, Christian Hansen, BDN Foodsolutions, Ferbera y BioTec de México.

La función de cualquier cultivo iniciador es producir suficiente cantidad de ácido láctico en el menor tiempo posible en la leche, haciendo descender el pH de la leche desde 6.4-6.7 hasta un pH de 3.8-4.2 con el objeto de que se lleven a cabo una serie de reacciones benéficas, entre estas: desarrollo de características de textura, viscosidad y sabor (flavour) que le dan a cada producto sus características propias y que respondan a las exigencias de los consumidores.

Los cultivos iniciadores pueden clasificarse en dos grupos en función de su temperatura óptima de crecimiento: mesófilos y termófilos. En la industria láctea se consideran termófilos a aquellos microorganismos que presentan una actividad máxima de crecimiento entre los 35-45°C y se consideran mesófilos a aquellos cuya actividad máxima de crecimiento se presenta entre los 20-35°C. (Josep M. y Shelly R., 2004)

La fermentación puede ser de dos tipos homo fermentativa, hetero fermentativa o mixta, esta clasificación depende del metabolito final, en la primera se obtiene entre un 70-90% de ácido láctico y en la segunda se obtiene ácido acético, CO₂, etanol y ácido láctico (Mateos, J.A., 2005) la ruta metabólica que sigue cada uno de estos tipos se describe a continuación:

Fermentación Homofermentativa: se da por una glucólisis, que es una vía catabólica, a través de la cual se oxidan diferentes moléculas de glúcidos y se obtiene energía.

Los microorganismos homofermentativos (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus*, *Lactococos*) son más eficientes en el uso de la energía, durante la homofermentación, cada molécula de lactosa produce 4 moléculas de ácido láctico. La reacción generalizada es la que se muestra a continuación:

1 Lactosa → 4 Ácidos lácticos

La lactosa se transforma parcialmente en ácido láctico o, en ciertas leches, en alcohol etílico. Las proteínas sufren al inicio una ligera hidrólisis generando péptidos de menor peso molecular, lo que mejora su digestibilidad. En ocasiones la leche se carga de CO₂ y se vuelve espumosa. (Srivastava, M., 2008)

Fermentación Heterofermentativa: existen 5 tipos de fermentadores heterolácticos, *Leuconostoc*, *Bifidobacterium* Entérico, *C. perfringens*, *Propionibacterium* y *Actinomyces*; sin embargo sólo el primero pertenece a las bacterias lácticas.

La formación de ácido láctico siempre tiene lugar por reducción del ácido pirúvico, mediante la deshidrogenasa láctica. En la fermentación heteroláctica tenemos una formación de xilulosa-5-fosfato (X-5-P) por el sistema de la glucosa-6-fosfato

deshidrogenasa, obteniendo al final ácido láctico y CO₂. (Noomen W. y Guerts J., 1993)

La reacción generalizada es la que se presenta a continuación:



Fermentación Mixta: ésta se da principalmente por la presencia de enterobacterias y el proceso se da en primer lugar porque las oxidasas terminales son reemplazadas por reductasas. El ciclo del ácido cítrico se transforma en reductivo (aparece fumarato reductasa). Las células oxidan Piruvato a:



Posteriormente se da lugar a la excreción de etanol y de una mezcla compleja de ácidos: acético, láctico, succínico y fórmico. (Noomen W. y Guerts J., 1993)

La reacción generalizada es la que se presenta a continuación:



I.XI.II Proceso de elaboración de Yogurt

Los métodos de fabricación varían según la materia prima utilizada, el volumen de producción, la formulación del producto y el tipo de yogurt que se desea obtener, sin embargo, existen algunos principios básicos comunes que determinan la naturaleza y calidad del producto final (Noomen W. y Guerts J., 1993), como son:

1. Aumento de la cantidad de sólidos totales que contiene la leche
2. Tratamiento de la leche a altas temperaturas ($\geq 80^\circ\text{C}$) durante un tiempo suficiente para conseguir la desnaturalización de las proteínas.
3. Siembra del cultivo bacteriano

4. Incubación en masa de la leche sembrada en condiciones que favorezcan la formación de un coágulo homogéneo, liso y viscoso con las características deseadas de pH, sabor y aroma.
5. Enfriamiento y adición de frutas, saborizantes, colorantes, etc.
6. Envasado y almacenamiento en refrigeración.

Como se enlistó anteriormente el proceso de elaboración de yogurt comprende varias etapas y procesos térmicos que ayudan a la conformación de la acidez y la textura del producto final para lo cual también es necesaria la adición de microorganismos especiales, estas etapas principales se representan mediante el diagrama de procesos generalizado que se presenta en la Figura 3.

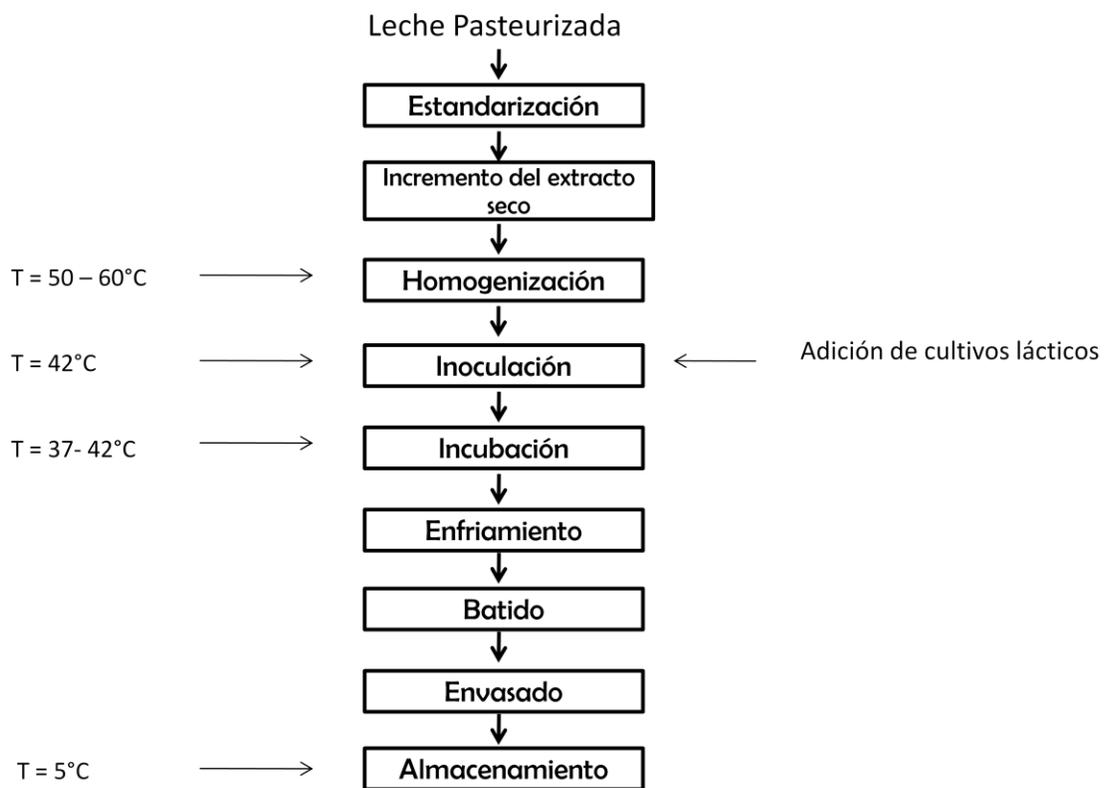


Figura 3. Diagrama de proceso del yogurt

La temperatura de incubación varía en función del método que se aplique, puede ser el método largo o el método corto. (Josep M. y Shelly R., 2004) En el método corto la incubación se realiza a una temperatura de entre 40-43°C durante un periodo de 2 ½ - 4 horas, mientras que en la incubación larga la temperatura se fija entre los 30-32°C por un tiempo de 10-12 horas.

El enfriamiento se lleva a cabo en dos fases, inicialmente el coágulo se enfría hasta una temperatura de 20-25°C, se procede la adición de los ingredientes y después se efectúa la segunda etapa que consiste en refrigeración una vez que el producto está envasado y en almacenamiento. (Srivastava M., 2008)

I.XI.III Tipos de Yogurt

Generalmente el yogurt y productos similares se clasifican en función de su estado físico en el envase de venta. Los principales tipos de yogurt son:

- Yogurt compacto o firme
- Yogurt batido
- Yogurt para beber

I.XI.IV Composición del Yogurt

El valor nutritivo del yogurt depende de su composición y esta a su vez, varía en función de dos aspectos primordiales:

1. El tipo de leche que se utilice para su elaboración.- por las características propias de cada tipo de leche.
2. El tipo de yogurt.- natural o con fruta, pues al contener fruta en su formulación implica un aumento en el contenido de hidratos de carbono.

Sin embargo, el último aspecto resulta demasiado variable, pues la composición de cada fruta en particular es muy diferente y por lo tanto establecer una composición general para cualquier tipo de yogurt con fruta no sería útil para todas las variedades que actualmente existen.

Por lo anterior, la composición del yogurt de manera genérica se refiere al yogurt de tipo natural y se basa únicamente en el tipo de leche empleada para su elaboración. Dicha composición está sugerida por la Norma Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba. Los parámetros fisicoquímicos con los que debe cumplir se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del yogurt.

Elemento	Contenido NOM-181-SCFI-2012	
	Mínimo	Máximo
Grasa Butírica (% m/m)	---	15%
Sólidos Lácteos no grasos	8.25%	---
Acidez titulable como ácido láctico (% m/m)	0.50%	---
Proteína láctea (% m/m)	2.90%	---

Fuente: NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba

Así mismo, de acuerdo a lo establecido en la NMX-F-703-COFOCALEC-2004, la composición de los productos lácteos fermentados o acidificados deben cumplir al menos con los parámetros que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de los productos lácteos fermentados.

Especificación	Simple	Edulcorada	Con frutas, vegetales, cereales y/o aromatizado
	Mínimo	Mínimo	Mínimo
Sólidos Lácteos no grasos	6.00%	5.10%	4.60%
Acidez titulable como ácido láctico (% m/m)	0.70%	0.70%	0.70%
Proteína láctea (% m/m)	2.10%	1.80%	1.60%

Fuente: NMX-F-703-COFOCALEC-2004.

Como se puede observar en la tabla anterior, el contenido de grasa no se encuentra regulado, ya que este depende en gran medida del tipo de leche que se utilice (entera, parcialmente descremada o descremada), y de aquí que el contenido calórico de los productos obtenidos con diferentes tipos de leche varíen entre sí. Así mismo, el porcentaje de proteína, aumenta al disminuir el contenido de grasa y este elemento junto con el contenido de sólidos no grasos son un factor indispensable para brindar una consistencia más firme en el yogurt.

El yogurt es una buena fuente de calcio, magnesio y fósforo que son los minerales más importantes para nuestros huesos.

Lo curioso es que estos minerales están en mayor cantidad en el yogurt que en la leche. Podría decirse que los microorganismos que fermentan la leche para convertirla en yogurt además de hacerla más digestiva nos aumentan la cantidad de algunos minerales.

El yogurt disminuye la proporción de colesterol que contiene la leche antes de la fermentación. Por cada 100 g de yogurt obtenemos 180 mg de calcio, 17 de magnesio, 240 de potasio y 7140 de fósforo. (Rivera J. y Ramírez M., 2009)

I.XI.V Defectos en el Yogurt

Los defectos en el yogurt se ocasionan como consecuencia de una suma de factores que afectan las propiedades y características finales del producto, estos se clasifican en dos tipos principales de acuerdo a la característica o propiedad afectada como se describe a continuación en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Defectos en la textura del yogurt.

Defecto	Tipo	Razón
Grumoso	Apariencia desagradable e inaceptable por parte del consumidor	Inadecuadamente estabilizado
		Desarrollo de acidez no homogénea
		Enfriamiento deficiente después del empaque
Granuloso	Apariencia y palatabilidad desagradable e inaceptable por parte del consumidor	Desbalance del cultivo
		Producción de acidez muy rápida
		Temperatura de incubación demasiado alta
		Leche de pobre calidad
Desuerado	Consistencia inadecuada, apariencia desagradable	Pasteurización inadecuada
		Bajos sólidos no grasos
		Alto desarrollo de acidez
		Excesiva agitación
		Contaminación
Ligoso	Consistencia desagradable e inaceptable por el consumidor	Bajo pH del preparado de fruta
		Contaminación microbiológica
		Inadecuada selección del cultivo
		Excesivo uso de azúcar
Cuerpo débil	Consistencia inadecuada	Inadecuada selección del cultivo
		Bajos Sólidos (sustrato)
		Baja proteína
		Tratamiento térmico insuficiente
Muy firme	Consistencia inadecuada	Excesivo uso de estabilizante y/o proteína
		Sólidos en exceso
		Estabilizante del preparado de fruta (acarreo)

De acuerdo a la Tabla 5 se puede ver qué factores como la selección del cultivo, la concentración de los sólidos no grasos y la temperatura durante el proceso de fermentación resultan de suma importancia para la obtención de las características

deseadas de textura en el producto final, ya que, durante el proceso es necesario considerar la temperatura óptima de crecimiento de los microorganismos y a la vez la concentración de sólidos no grasos que serán la fuente de energía para estos, para que teniendo las condiciones más favorables, estos puedan otorgar al yogurt la consistencia final esperada.

Tabla 6. Defectos en el sabor del yogurt.

Defecto	Tipo	Razón
Acidez alta	Sabor desagradable e inaceptable por parte del consumidor	Temperatura de incubación elevada
		Desbalance del cultivo
		Enfriamiento muy lento
Acidez baja	Sabor no adecuado	Temperatura de incubación inadecuada
		Nivel excesivo de azúcar o edulcorante
		Tratamiento térmico insuficiente
		Cultivo inactivo
		Sustancias inhibidoras
Amargo	Sabor desagradable y rechazo por parte del consumidor	Contaminación psicrotrófica con microorganismos
		Ingredientes de pobre calidad
Muy dulce	Sabor no característico y rechazo por algunos consumidores	Producción de ácido insuficiente
		Muy alto en azúcares añadidos

En la Tabla 6 se tienen los factores que afectan al sabor del yogurt se puede apreciar al igual que para el caso de la textura la selección de los cultivos a utilizar resulta importante para el desarrollo del sabor característico del yogurt, pues de ellos depende el sabor ácido característico de este. Así mismo la cantidad de azúcar o edulcorantes debe ser moderada para generar un sabor dulce sin afectar la acidez del producto final.

I.XII Aditivo

Los aditivos son sustancias que se adicionan directamente a los productos durante su elaboración, en el caso específico del yogurt (NMX-F-703-COFOCALEC-2004), se emplean aditivos que cumplen 5 funciones principales:

- a. Conservar la consistencia del producto: entre estos se encuentran los emulsificantes que proporcionan una textura consistente y evitan que los productos se separen; los espesantes y estabilizadores que proporcionan una textura uniforme; entre otros.
- b. Mejorar o conservar el valor nutricional del alimento: muchos alimentos están fortificados, enriquecidos o adicionados para mejorar el estado nutricional de la población por ejemplo vitaminas, minerales, entre otros.
- c. Conservan la sanidad de los alimentos: la contaminación por bacterias puede facilitar el desarrollo de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA's), los conservadores reducen el daño que el aire, los hongos, las bacterias o las levaduras pueden causar. Algunos ayudan a preservar el sabor, olor y color de algunos alimentos por ejemplo evitan que las grasas se vuelvan rancias o que los colores de las frutas cambien al estar expuestas al aire.
- d. Controlan la acidez y la alcalinidad y suministran la fermentación: ayudan a cambiar el equilibrio ácido-básico de los alimentos a fin de obtener el sabor, olor y color deseados; los agentes fermentadores liberan ácidos al ser expuestos al calor y ayudan a que los productos horneados crezcan.
- e. Suministran el color y mejoran el sabor: ciertos colores mejoran el aspecto de los alimentos, existen una gran cantidad de especias al igual que sabores sintéticos y naturales, que ayudan a darles un mejor sabor.

I.XIII Aspectos legislativos

El uso de aditivos en alimentos dentro de la República Mexicana, está regulado por el Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias así como por las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a cada producto en particular.

Respecto a lo anterior, la Norma Oficial Mexicana **NOM-243-SSA1-2010 Productos y Servicios. Leche, Fórmula láctea, Producto lácteo combinado y derivados, Disposiciones y Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba** establece los lineamientos a seguir para el procesamiento de cualquiera de los productos que abarca.

Así mismo, la Administración de Drogas y Alimentos (*Food and Drug Administration*, FDA) de los Estados Unidos de América, tiene una lista de aditivos para alimentos reconocidos en general como seguros. Estas sustancias aparecen en la lista de generalmente reconocidos como seguros (*Generally Recognized as Safe*, GRAS).

Por lo anterior, durante el desarrollo de la formulación de un producto es de suma importancia considerar que los aditivos que se adicionen con cualquier objetivo cumplan con las características de los lineamientos mencionados para garantizar que éstos no representan riesgo alguno al ser consumidos por el público objetivo.

I.XIV La Fibra Dietética

La fibra dietética es un material presente en la pared de las células vegetales, la cual le proporciona rigidez a las plantas en que se encuentra, no es digerible por el tracto digestivo alto de la especie humana; es un componente alimenticio muy

importante que consiste de material vegetal resistente a las enzimas endógenas del tracto digestivo de los mamíferos.

Químicamente la fibra dietética es una serie de polisacáridos conformados por enlaces glucosídicos α y β al azar. El tracto digestivo de los humanos sólo es capaz de digerir los enlaces α (1,4). En las Figuras 4 y 5 podemos observar un ejemplo de un enlace α y β respectivamente.

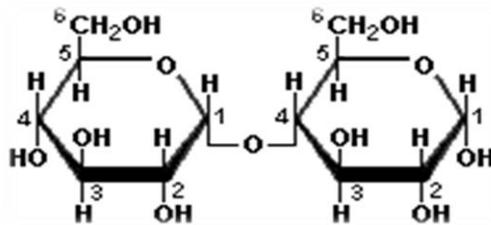


Figura 4. Estructura Química de un enlace glucosídico $\alpha(1,4)$

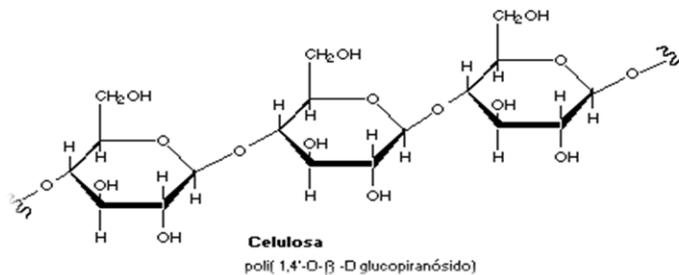


Figura 5. Estructura Química de un enlace glucosídico β (1,4)

I.XIV.I Clasificación de la fibra dietética

La fibra dietética puede clasificarse de acuerdo a su solubilidad en agua, su gran capacidad de retención de agua es la propiedad base de sus beneficios fisiológicos, ya que ayudan a la formación de las heces, facilitando el tránsito de las mismas, en base a su solubilidad se tienen dos tipos de fibra dietética las solubles y las insolubles.(Anderson J., et al, 1990)

Las fibras solubles al entrar en contacto con el agua forman un retículo donde esta queda atrapada, dando origen a soluciones de alta viscosidad. Los efectos derivados de la alta viscosidad son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anti-carcinogénico.

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal.

Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon.(Aga Y.K., 2008)

Algunos ejemplos de fibras de acuerdo al tipo soluble o insoluble se muestran en el Tabla 7 que se presenta a continuación:

Tabla 7. Clasificación de la Fibra dietética

Fibra	Estructuras químicas	Fuentes
Soluble	Pectinas, gomas , maltodextrina, inulina y mucílagos principalmente	Legumbres, cereales, frutas y verduras
Insoluble	Celulosa, hemicelulosa, y lignina primordialmente	Frutas y Verduras

Como se puede observar en la Tabla 7 las fibras solubles provienen de diferentes fuentes predominantemente de cereales y legumbres, como es el caso de la maltodextrina; aunque también se pueden encontrar en algunas frutas y verduras como la pectina, sin embargo las fibras insolubles sólo se encuentran en frutas y verduras como es el caso de la celulosa y la lignina, entre otras.

I.XIV.II Inulina

La inulina es un polisacárido, presente en más de 36,000 especies vegetales, se concentra almacenado generalmente en el tejido fino de la planta (raíces y rizomas). Ha sido utilizada como fuente de fibra dietética de origen natural y para su uso comercial se extrae comúnmente de la achicoria. (Hunter B.T., 2003)

Es una fibra dietética soluble también caracterizada como aditivo alimenticio prebiótico, pues contiene sustancias que fermentan a nivel de colon o intestino grueso generando ácidos grasos de cadena corta, los cuales incrementan la

actividad del *Lactobacillus acidophilus*, aumentando la absorción de calcio además de ser una buena fuente de fibra dietética. (Aryana K.J., 2007)

Funcionalmente, a la inulina, se le atribuyen muchas propiedades benéficas, además de mejorar la digestión a continuación, se mencionan algunas:

- Produce ácidos grasos de cadena corta que previenen la formación de tumores y el cáncer de colon.
- Crea un ambiente inadecuado para los microorganismos patógenos tales como el *Escherichia coli* y la *Salmonella*.
- Disminuye la absorción de grasas y con esto los niveles de triglicéridos y colesterol.
- Su permanencia en el tracto digestivo es mayor, en comparación con la fibra que se obtiene de manera directa de las frutas y verduras, generando una sensación de saciedad.

La longitud de la cadena o grado de polimerización, en general, entre más larga sea la cadena (Grado de polimerización entre 23 y 25 unidades), la inulina será más estable térmicamente, menos soluble y más viscosa que la de cadena corta (Grado de polimerización promedio de 11 unidades).

Además de utilizarse como fibra dietética, también ha sido utilizada como sustituto de grasa en productos lácteos por su capacidad de gelificar con agua lo que proporciona una consistencia agradable al paladar. (Guggisberg D., et al., 2009)

Esta facultad de poder ser utilizada como sustituto de grasa, se debe a que la inulina de cadena larga forma micro cristales que interactúan entre sí formando agregados, los cuales encapsulan una gran cantidad de agua creando así una textura cremosa y suave. (Hunter B.T.,2003)

Se ha demostrado al ser utilizada como sustituto de grasa, que 1g de inulina puede tener el potencial de reemplazar 4g de grasa (Jakubczyk E., Kosikowska M.

2000) Así mismo esta propiedad de retención de agua, favorece la vida de anaquel del yogurt al reducir la sinéresis.

Por otro lado la inulina puede llegar a formar cristales si no se dispersa adecuadamente, la inulina puede formar dos tipos distintos de cristales, los más comunes son los que presentan una morfología tipo aguja y los otros son los que presentan una morfología tipo ovoide. Estos cristales impactan directamente en la consistencia final del producto, tanto en las características organolépticas específicas al producto como en la viscosidad al intervenir como sustituto de grasa en los productos “bajos en grasa” (Daniel G. Lis, 1998).

I.XIV.III Maltodextrina

La maltodextrina, es una fibra dietética soluble obtenida a partir de almidón de maíz tratado por pirólisis y un tratamiento enzimático posterior, para convertir los enlaces glucosídicos normales α (1,4) en enlaces α y β al azar (1,2); (1,3); y (1,4).

La maltodextrina producida bajo la marca registrada de FIBERSOL-2, ofrece hasta un 90% de fibra dietética (Román J., eT. al, 2010)

Posee atributos físicos, sensoriales y funcionales e incluso utilizando concentraciones elevadas ($\geq 10\%$) no presenta ningún efecto negativo sobre el sabor ni interfiere con la absorción de minerales.

Esta fibra es considerada como prebiótica y ofrece importantes beneficios fisiológicos, entre los que se puede mencionar los siguientes:

- Mantiene una regularidad intestinal saludable
- Regula el crecimiento de bacterias benéficas en el colon
- Mantiene los niveles de glucosa saludables, por poseer un índice glucémico muy bajo
- Reduce los niveles de triglicéridos y colesterol (LDL) en sangre

Presenta una solubilidad en agua superior al 70%, logrando soluciones totalmente transparentes y limpias en cuanto a sabor y olor, es decir, que no altera ni interfiere con el sabor y olor del producto final, además de presentar una gran estabilidad a pH muy bajo (2 – 4). (Román J., eT. al, 2010)

I.XV Justificación

Los productos lácteos en sus diferentes presentaciones, incluyendo el yogurt, tienen un alto consumo en México, sin embargo en la actualidad el consumidor, está demandando a la industria alimentaria productos con un menor contenido calórico y que sean alimentos funcionales, lo que significa que, además de proporcionarles como tal el beneficio de la alimentación, les aporte un beneficio adicional que aumente el valor del mismo y satisfagan así sus requerimientos de alimento nutritivo y que además sea variado en sabor y oferte un plus al consumidor que lo adquiere.

Dentro de los beneficios adicionales más solicitados por el consumidor actualmente, destaca la adición de fibra dietética como una gran herramienta para ayudar a los problemas intestinales (tránsito lento, absorción de nutrientes), y de sobrepeso (sensación de saciedad en el tracto intestinal), debido a que la ingesta de ésta de manera natural, mediante el consumo de frutas y verduras, ha disminuido considerablemente teniendo como consecuencia la gran incidencia de las afectaciones anteriormente mencionadas.

Considerando esta situación, este proyecto está enfocado al desarrollo de un producto lácteo tipo yogurt bajo en grasa y adicionado de fibra dietética.

CAPÍTULO II
DESARROLLO EXPERIMENTAL

II.I Objetivos

II.I.I Objetivo General

Desarrollar un producto lácteo tipo yogurt bajo en grasa y adicionado de fibra dietética mediante el uso de inulina y maltodextrina.

II.I.II Objetivo Particular 1

Elaborar diferentes formulaciones de yogurt modificando las concentraciones de inulina y maltodextrina para elegir mediante pruebas afectivas (textura, acidez, color y aceptabilidad) la que sea más aceptable.

II.I.III Objetivo Particular 2

Evaluar la calidad sanitaria del yogurt elegido de acuerdo a lo establecido en la normatividad mexicana vigente mediante análisis microbiológicos.

II.I.IV Objetivo Particular 3

Determinar el Análisis Químico Proximal del yogurt elegido mediante técnicas oficiales para conocer su aporte nutrimental.

II.II Cuadro Metodológico

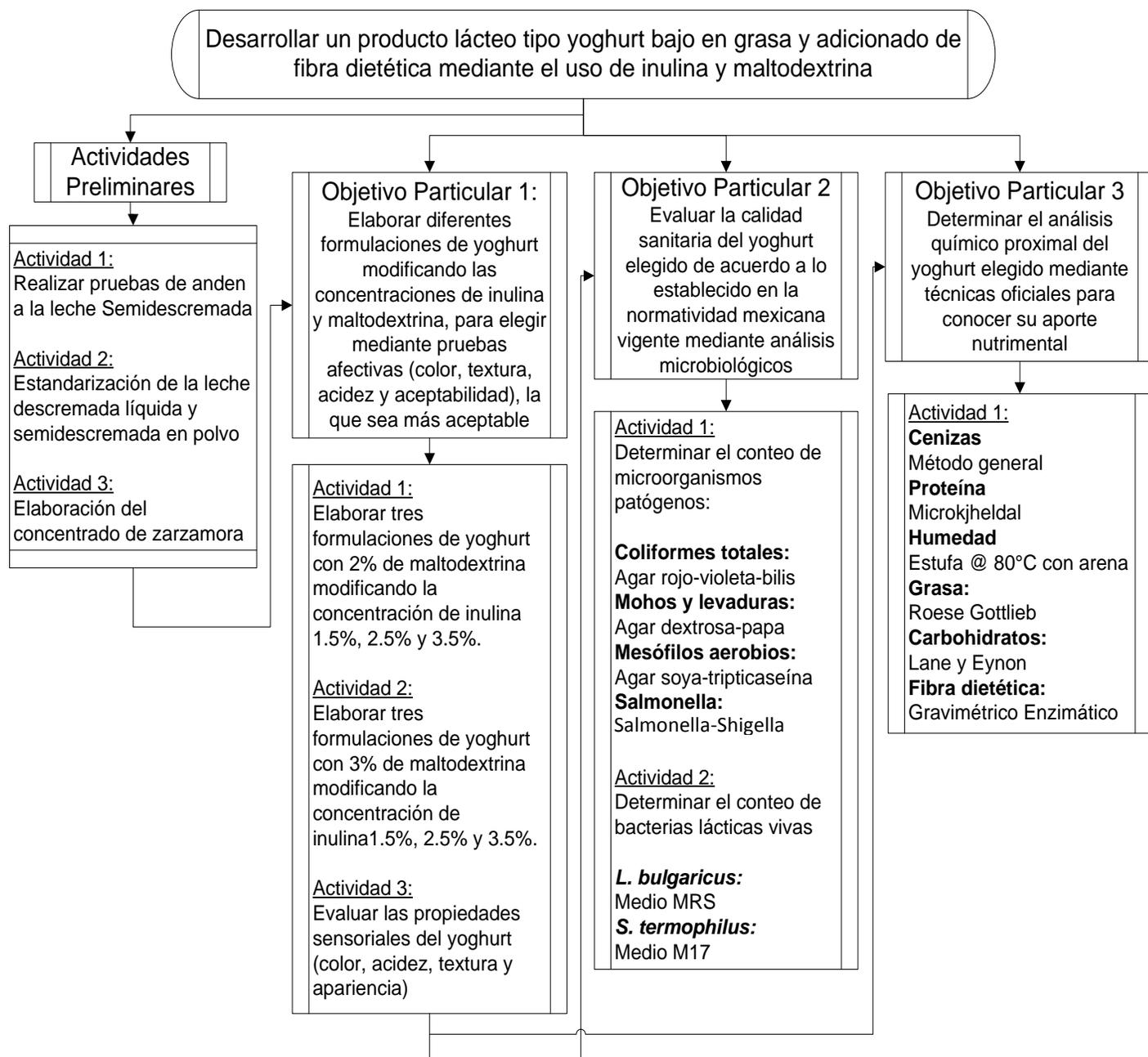


Figura 6. Cuadro metodológico

II.III Descripción del cuadro metodológico

El cuadro metodológico presenta la secuencia experimental realizada para cumplir los objetivos planteados.

El objetivo general de este desarrollo experimental es el desarrollo de un producto lácteo tipo yogurt bajo en grasa y adicionado de fibra dietética mediante el uso de inulina y maltodextrina, para lo cual se siguió la secuencia experimental representada en el cuadro metodológico (Figura 6). Dentro de las actividades preliminares se realizó la caracterización de la materia prima a utilizar y se elaboró el concentrado de zarzamora, así mismo, se realizó la estandarización de la leche.

Posteriormente como parte del Objetivo Particular 1 se elaboraron las seis formulaciones de yogurt y se realizó la evaluación sensorial de las mismas, por medio de la aplicación de una encuesta hedónica de 5 niveles, para seleccionar aquella que tenga mayor aceptabilidad. Para el Objetivo Particular 2, se evaluó la calidad sanitaria del yogurt seleccionado de acuerdo a los lineamientos establecidos en la normatividad mexicana vigente mediante análisis microbiológicos. Los análisis realizados se describen a continuación:

Como parte de la calidad referente a las Buenas Prácticas de Manufactura se evaluaron los siguientes microorganismos patógenos (Tabla 8):

Tabla 8. Técnicas aplicadas para el análisis de microorganismos indicadores

Microorganismo	Método	Fuente
Coliformes Totales	Recuento en placa (Agar rojo-violeta-bilis)	NOM-113-SSA1-1994
Mohos y Levaduras	Recuento en placa (Agar dextrosa-papa)	NOM-111-SSA1-1994
Mesófilos aerobios	Recuento en placa (Agar soya-tripticaseína)	NOM-092-SSA1-1994
<i>Salmonella</i>	Recuento en placa (Agar Salmonella-shigela)	NOM-114-SSA1-1994

Respecto a la calidad de nutritiva y genérica del yogurt, se evaluó el recuento de bacterias lácticas contenidas en el yogurt (Tabla 9):

Tabla 9. Técnicas aplicadas para el conteo de cultivos lácticos en el yogurt

Microorganismo	Método	Fuente
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Recuento en placa (Agar M17 en anaerobiosis)	NMX-F-703-COFOCALEC-2004.
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Recuento en placa (Agar MRS en anaerobiosis)	NMX-F-703-COFOCALEC-2004.

En el objetivo 3 se planteó determinar el análisis químico proximal (AQP) del yogurt para conocer su aporte nutricional, mediante la aplicación de técnicas oficiales. Las técnicas aplicadas para cada parámetro se exponen en la lista siguiente (Tabla 10):

Tabla 10. Técnicas aplicadas para el Análisis Químico Proximal

Parámetro	Método	Fuente
Carbohidratos	Lane y Eynon	NOM-155-SCFI-2003
Cenizas	Método General	NMX-F-607-NORMEX-2002
Fibra dietética	Método Gravimétrico-Enzimático	A.O.A.C. 985.29
Humedad	Estufa a 80° C con arena	NOM-116-SSA1-1994
Lípidos	Roese Gottlieb	NOM-086-SSA1-1994
Proteínas	Microkjeldhal	NOM-243-SSA1-2010

II.IV Desarrollo experimental

II.IV.I Actividades Preliminares

Caracterización de la materia prima

La primera actividad a realizar fue la caracterización de la materia prima que se empleó para la elaboración del producto. Como la fase líquida se decidió utilizar una leche comercial denominada “light” por su bajo contenido de grasa, ya que el producto a desarrollar es de bajo contenido en grasa, así mismo para la lograr la concentración de sólidos no grasos deseada se utilizó una leche en polvo que al igual que la líquida fuera descremada.

Los parámetros que se determinaron a las leches empleadas como materia prima son los que se reportan en la Tabla 11 que se presenta a continuación.

Tabla 11. Pruebas empleadas para la caracterización de la materia prima.

Leche	Parámetro	Técnica
Líquida descremada	Hidratos de carbono	Lane y Eynon
	Proteínas	Microkjeldhal
	Acidez	Titulación
	Lípidos	Gerber
	Densidad	Lactodensímetro
En polvo descremada	Humedad	Estufa a 80°C
	Hidratos de carbono	Lane y Eynon
	Proteína	Microkjeldhal
	Lípidos	Soxhlet
	Cenizas	Método general
	Acidez	Titulación

*Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado.

Elaboración del concentrado de Zarzamora

La elaboración del concentrado de zarzamora se realizó siguiendo la metodología que se presenta en el diagrama de proceso representado en la Figura 7.

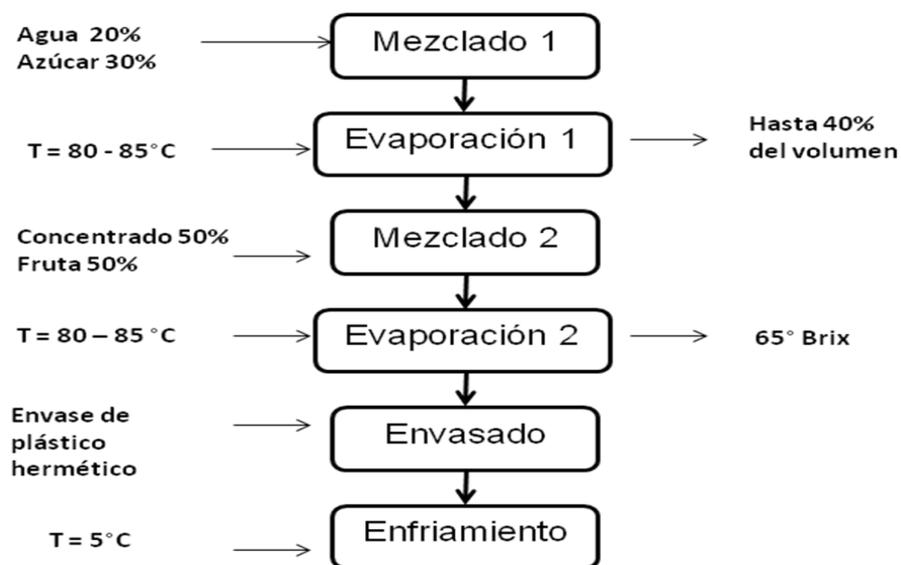


Figura 7. Diagrama del Proceso de elaboración del concentrado de zarzamora

Como puede observarse, este diagrama de proceso consta de seis etapas las cuales se describen brevemente a continuación.

Mezclado 1: Se realizó un primer mezclado en el cual se mezcló 20% de agua purificada y 30% de Azúcar.

Evaporación 1: Una vez disuelta el azúcar en el agua se somete a calentamiento hasta una temperatura de aproximadamente 80 a 85 °C, para lograr una reducción de 40% del agua contenida en la solución.

Mezclado 2: En este se mezcla la solución concentrada de azúcar con la fruta en una proporción de 1:1.

Evaporación 2: La mezcla 2 se lleva a evaporación a una temperatura de entre 80 y 85 °C hasta alcanzar una concentración de 65 °Brix.

Envasado: Cuando se ha alcanzado la concentración de sólidos solubles deseada (65°Brix), se procede a envasar el concentrado en envases de plástico herméticos para su posterior almacenamiento.

Enfriamiento: Una vez envasado el concentrado se enfría por refrigeración hasta alcanzar los 5°C.

II.IV.II Elaboración y Evaluación Sensorial de las seis formulaciones de yogurt

Elaboración de las seis formulaciones de Yogurt

La primera parte de este objetivo, es la elaboración de las seis diferentes formulaciones de yogurt modificando la concentración de inulina y maltodextrina. Para efectuar esta actividad se siguió el diagrama de proceso que representa la Figura 8.

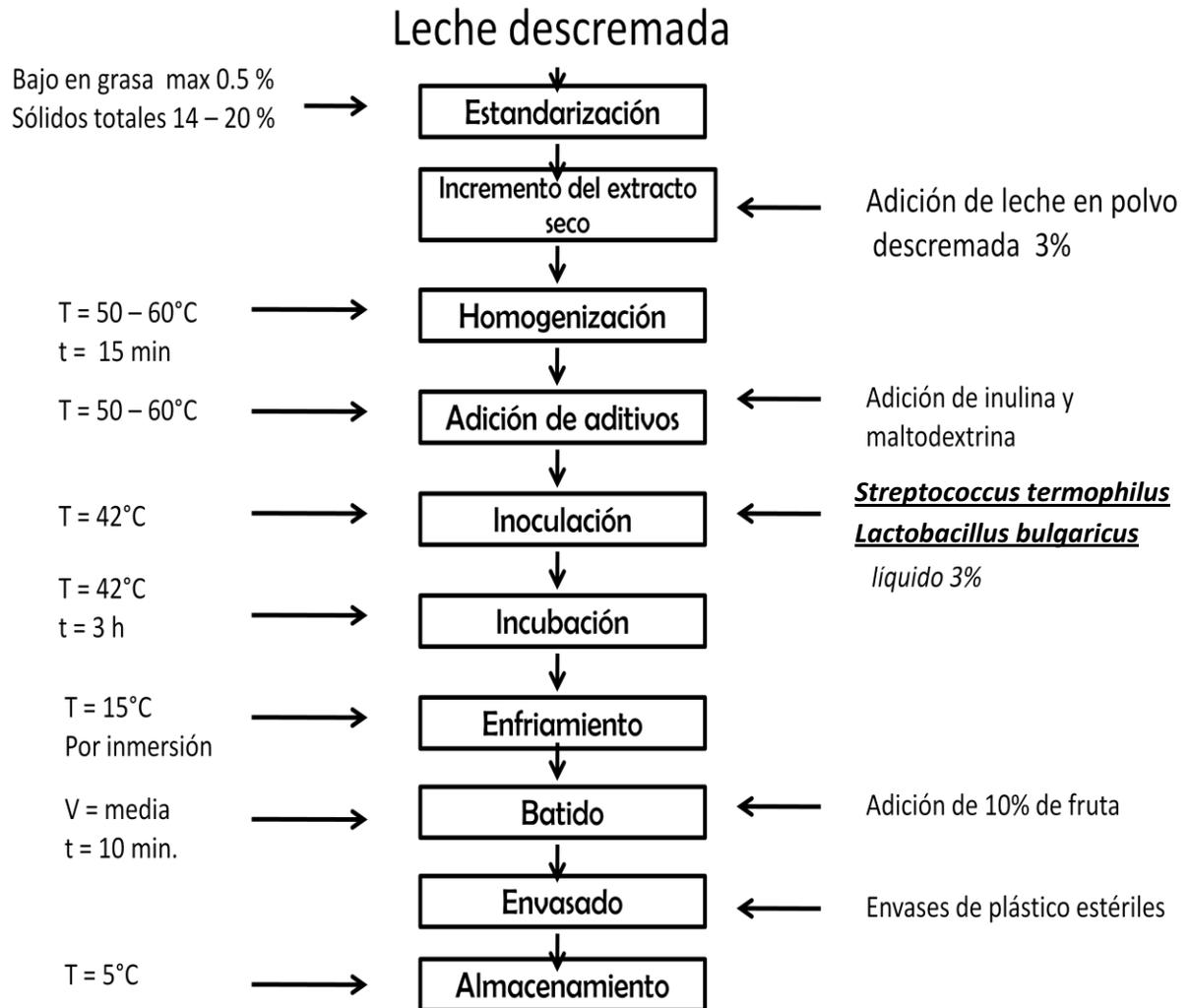


Figura 8. Diagrama del Proceso de elaboración del Yogurt bajo en grasa adicionado de fibra dietética.

En la formulación de yogurts descremados y de bajo contenido graso los principales componentes son la leche descremada y el contenido de sólidos no grasos.

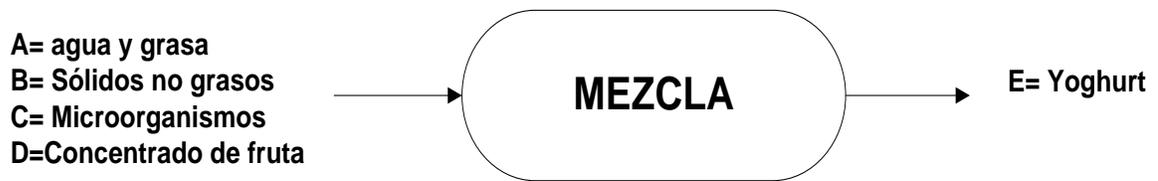
Para obtener un yogurt firme de una consistencia adecuada la concentración de sólidos no grasos debe ser de aproximadamente de 14%. Para ajustar este

porcentaje se realizó un balance de sólidos para poder determinar la cantidad necesaria de leche en polvo que se debe añadir al yogurt.

En la Tabla 12 se presenta la descripción de los componentes totales del yogurt, para poder realizar el balance de sólidos y a través de éste obtener el porcentaje faltante de sólidos no grasos para ajustarlos al 14% mínimo deseado. (Srivastava, 2008)

Tabla 12. Balance de sólidos no grasos

Letra	Componente	[g]	%	X
A	Agua y grasa	953	69.44	0.6944
B	Sólidos no Grasos:	?	?	?
	S no G leche	83	6.06	0.0606
	Maltodextrina	27.44	2	0.02
	Inulina	20.58	1.5	0.15
	Leche en polvo	41.16	3	0.03
C	Cultivo	41.16	3	0.03
D	Fruta	206	15	0.15



$$E = A + B + C + D$$

$$E = 953 + 172.18 + 41.16 + 206$$

$$E = 1372.34 \text{ g}$$

Derivado del balance anterior, se resume en los siguientes valores y se obtiene el porcentaje faltante para alcanzar el 14% deseado.

S no G leche	6.06 %
Maltodextrina	2 %
Inulina	1.5 %
Leche en polvo	3 %
Total	12.56 %

Para alcanzar el 14% de sólidos no grasos hace falta 1.44% el cual se obtendrá aumentando el porcentaje de leche descremada en polvo.

Una vez que se determinó el ajuste de sólidos no grasos mediante la adición de leche descremada en polvo las formulaciones completas quedaron de la manera en que se muestra en las Tablas 13 y 14.

Tabla 13. Formulaciones de Yogurt con 2% de Maltodextrina

Componente	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Leche descremada	74%	73%	72%
Leche en polvo descremada	4.50%	4.50%	4.50%
Cultivo láctico	3%	3%	3%
Maltodextrina	2%	2%	2%
Inulina	1.50%	2.50%	3.50%
Fruta	15%	15%	15%

Tabla 14. Formulaciones de Yogurt con 3% de Maltodextrina

Componente	Formulación 4	Formulación 5	Formulación 6
Leche descremada	74%	73%	72%
Leche en polvo descremada	4.50%	4.50%	4.50%
Cultivo láctico	3%	3%	3%
Maltodextrina	3%	3%	3%
Inulina	1.50%	2.50%	3.50%
Fruta	15%	15%	15%

Evaluación Sensorial

La última actividad del objetivo 1 fue realizar la evaluación de las propiedades sensoriales del yogurt color, textura, acidez y apariencia. Esta evaluación se efectuó mediante la aplicación de una encuesta hedónica de 5 niveles.

La evaluación se realizó en una plaza comercial a personas que cubren las características de la población objetivo, aplicando un total de 50 personas.

- Condiciones de la prueba

Se prepararon un total de 300 pruebas de yogurt, 50 de cada formulación, y se identificaron con números de 3 cifras sin que estos tuvieran alguna secuencia lógica para impedir que los panelistas se dejaran guiar por esta situación.

A cada panelista se le entregó una muestra de cada formulación, una hoja de evaluación por muestra y una botella de agua para que pudiera aclarar el sabor entre la degustación de cada muestra. La hoja de evaluación empleada es la que se muestra en la Figura 9.

YOGHURT BAJO EN GRASA ADICIONADO DE FIBRA DIETÉTICA

EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____

Sexo: Masculino Femenino

Fecha: _____ Edad: _____

Pruebe por favor las muestras, e indique su nivel de agrado (marcando con el código de cada muestra) en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de sus atributos.

Y201

Puntuación	Atributo	Color	Textura	Acidez	Apariencia
5	Me gusta mucho				
4	Me gusta poco				
3	No me gusta ni me disgusta				
2	Me disgusta poco				
1	Me disgusta mucho				

Comentarios: _____

GRACIAS

Figura 9. Formato de evaluación sensorial.

A los resultados obtenidos se les realizará un análisis de varianza ANOVA de una vía para determinar la significancia de los mismos, así como la relación entre las diferentes formulaciones.

II.IV.III Evaluación de la calidad sanitaria del yogurt seleccionado

Determinación del conteo de Microorganismos Patógenos

Para esta actividad se realizaron pruebas para Coliformes totales, Mesófilos aerobios, Mohos y levaduras y Salmonella, esta última únicamente al concentrado de zarzamora.

Para cada microorganismo se preparó un medio de cultivo específico, las condiciones de las pruebas se describen en la Tabla 15, que se presenta a continuación

Tabla 15. Condiciones de pruebas microbiológicas realizadas al Yogurt

Microorganismo	Medio de cultivo	Temperatura de incubación	Tiempo de incubación	Expresión de resultados
Coliformes totales	Agar rojo violeta bilis	35 °C	24 h	UFC/g ó mL
Mesófilos aerobios	Agar Soya tripticaseína	35 °C	25 h \pm 2 h	UFC/g ó mL
Mohos y levaduras	Agar papa dextrosa	25 °C	24-26 h	UFC/g ó MI
Salmonella	Agar Salmonella-shigela	35 - 37 °C	24-48 h	Presencia o Ausencia en g o mL de muestra

Determinación del conteo de bacterias lácticas vivas.

En esta actividad tal como se puede apreciar en el encabezado, se determinó el conteo de bacterias lácticas vivas, mediante siembra en placa.

Recuento de Flora Láctica

El método recomendado para realizar esta determinación es el establecido en la Norma Mexicana NMX-F-703-COFOCALEC-2004, en la cual establece que:

“El método es aplicable a los yogures naturales o aromatizados, batidos o no y a los yogures que contienen trozos de frutas.”

“La flora específica de los yogurts está constituida por la especie *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*.”

El recuento corresponde a la suma del número de cada uno de los microorganismos vivos en un gramo de producto cuando el análisis se realice siguiendo el método que se describe brevemente:

- a) medio MRS acidificado, seguida de incubación anaerobia a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 72 h, para el recuento de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*
- b) medio M17, seguida de incubación anaerobia a $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 h, para el recuento de *Streptococcus thermophilus*

II.IV.IV Análisis Químico Proximal del yogurt seleccionado

Se realizó la determinación del Análisis Químico Proximal para conocer la calidad nutricia y el aporte nutricional del yogurt seleccionado, las determinaciones se realizaron mediante técnicas oficiales y en todos los casos se analizaron por triplicado los parámetros fisicoquímicos evaluados.

En la Tabla 16. Se concentran los parámetros analizados, así como las técnicas aplicadas para cada uno de ellos.

Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos evaluados, métodos y referencias.

Prueba	Método	Referencia
Acidez	Titulación	NOM-185-SSA1-2002
Bacterias lácticas vivas	Recuento en placa en medio de anaerobiosis	NMX-F-703-COFOCALEC-2004
Cenizas	Incineración directa	NMX-F-607-NORMEX-2002
Coliformes	Recuento en placa	NOM-112-SSA1-1994
Fibra	Método Gravimétrico enzimático	NOM-086-SSA1-1994
Grasa	Roese Gotlieb	NOM-086-SSA1-1994
Humedad	Estufa a 80 °C con arena	NOM-116-SSA1-1994
Mohos y levaduras	Recuento en placa	NOM-111-SSA1-1994
Ph	Potenciometro	NMX-F-317-S-1978
Proteína	Micro Kjeldhal	NOM-155-SCFI-2003
Salmonella	Recuento en placa	NOM-114-SSA1-1994

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.I Caracterización de la Materia prima

Como parte primordial de la caracterización de la materia prima se realizaron análisis fisicoquímicos a la leche descremada líquida y a la leche semidescremada en polvo, los resultados obtenidos son los que se presentan en las tablas 17, 18 y 19.

- Leche descremada líquida (light) Comercial

Tabla 17. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche descremada líquida.

Composición Química	Etiqueta	Experimental
Hidratos de Carbono	4.96	4.54
Proteína	3	3.4
Lípidos	0.5	0.5
Acidez	NR	1.36
Densidad g/ml	NR	1.0358

NR = No Reportado

- Leche semidescremada en polvo

Tabla 18. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche semidescremada en polvo.

Composición química	Ficha técnica	Experimental
Humedad	3-4	2.5
Hidratos de Carbono	55-58	55.6
Proteína	34-36	34.2866
Lípidos	0.5-1	1
Cenizas	06-07	6.61
Acidez (°D)	13-16	12.66

Tabla 19. Resultados de la caracterización microbiológica de la leche semidescremada en polvo.

Microorganismo	Ficha técnica	Resultados
Coliformes	< 10 UFC/g	Negativo
Hongos y levaduras	< 100 UFC/g	60 UFC/g
Mesófilos	No especifica	100 UFC/g

Como se puede observar en las tablas 17, 18 y 19, los resultados obtenidos de la caracterización de la materia prima fueron los esperados, ambos productos cumplen con las especificaciones marcadas para estos rubros en la normatividad vigente (NOM-243-SSA1-2010), por otra parte es importante resaltar el hecho de que la leche en polvo, presentó una composición equivalente a la indicada en la Ficha Técnica del productor.

En relación a los parámetros fisicoquímicos los valores obtenidos se apegaron a los rangos requeridos en las formulaciones para la elaboración del yogurt bajo en grasa, pues en la leche líquida el contenido de grasa es del 0.5% y en la leche en polvo es del 1%. Con lo anterior se garantiza que el contenido de lípidos dentro de la formulación del yogurt estará dentro de los límites requeridos para considerar al yogurt como un yogurt bajo en grasa, esto en apego a lo establecido en la NOM-155-SCFI-2012.

Respecto al análisis microbiológico, este sólo se realizó a la leche en polvo, puesto que la leche líquida que se utilizó fue ultra pasteurizada, lo cual garantiza la calidad microbiana de la misma. Los resultados de la leche en polvo fueron aceptables al cumplir con lo que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010.

III.II Evaluación sensorial de las seis formulaciones de yogurt

Derivado de las pruebas sensoriales realizadas a un panel de 50 personas con una edad promedio de 35 años los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza en el cual se compararon los resultados obtenidos para las seis formulaciones, por cada parámetro evaluado color, textura, acidez y apariencia.

Preferencia de color

Se construyó una tabla con los valores asignados por cada uno de los panelistas a las seis formulaciones de yogurt, el resumen de los datos capturados de la evaluación del color es el que se muestra en la Tabla 20.

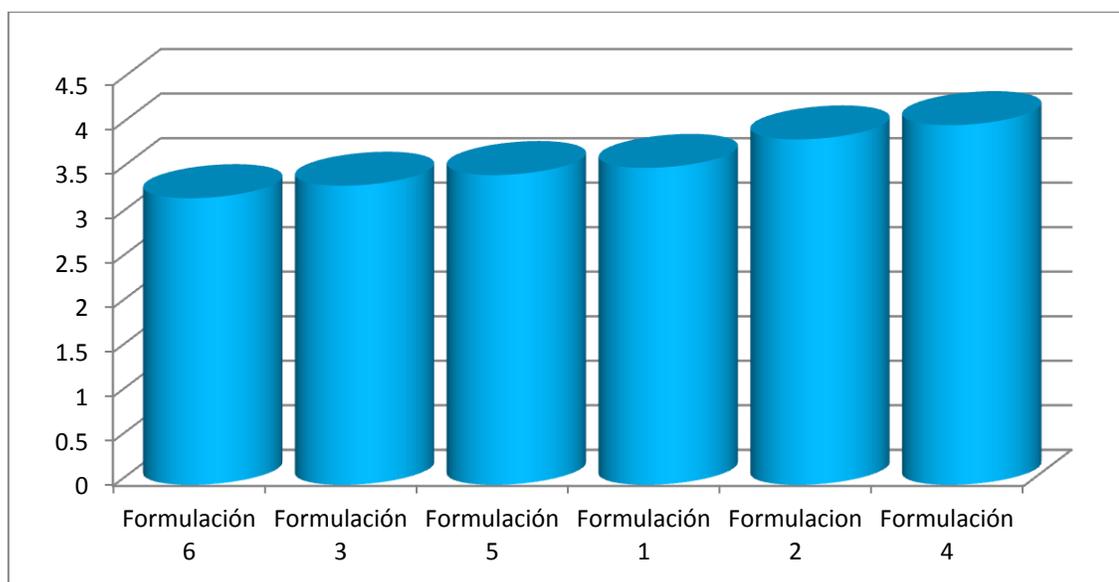
Tabla 20. Resumen de los datos obtenidos de la evaluación del color.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Formulación 1	50	178	3.56	1.60
Formulación 2	50	194	3.88	1.78
Formulación 3	50	168	3.36	1.75
Formulación 4	50	202	4.04	1.10
Formulación 5	50	174	3.48	2.17
Formulación 6	50	161	3.22	2.30

A los datos obtenidos para cada formulación se les calculó el promedio para posteriormente poder calcular la varianza de cada una de las formulaciones. En este caso se puede observar que la formulación que obtuvo un valor total superior al de las otras formulaciones evaluadas fue la **Formulación 4**, con una suma de

202, así mismo, obtuvo el promedio más alto representado por 4.04 y el valor de la varianza fue el más bajo de las seis formulaciones presentado un valor de 1.10.

La representación gráfica de estos resultados ordenados de menor a mayor puntuación, se puede observar en el gráfico 1.

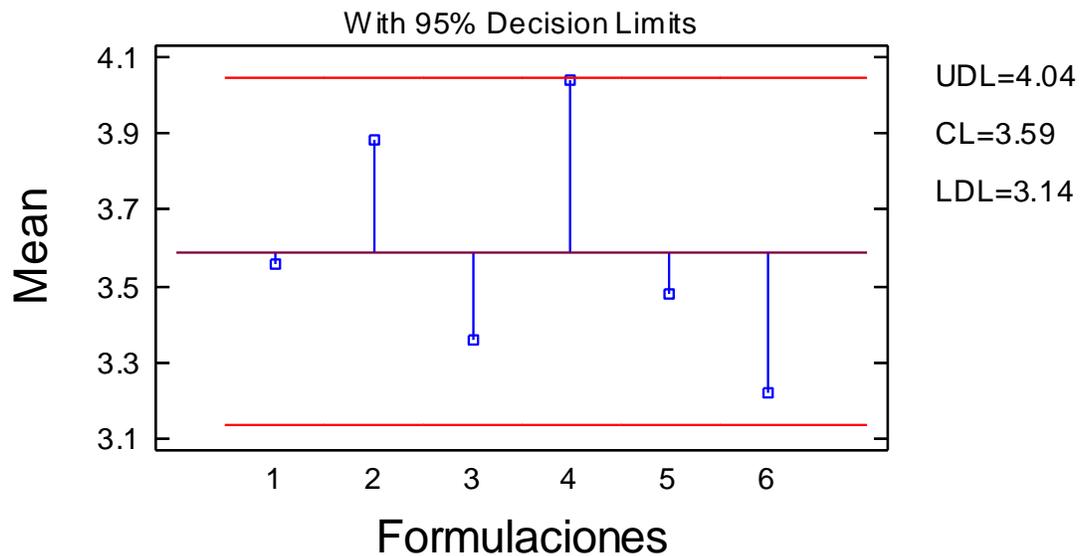


Gráfica 1. Resultados de la preferencia de color.

Los números en la parte izquierda del gráfico representan a las seis formulaciones evaluadas, como se puede observar la formulación 4 es la que presenta una mayor puntuación promedio con el 4.04 de calificación, seguida por la formulación 2 que presenta una calificación promedio de 3.88.

Dado que la diferencia en calificaciones obtenidas es corta pues no rebasa los 0.5 se realizó un análisis de la varianza para determinar el grado de significancia de los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los panelistas, con los

cuales se construyó una gráfica de diferencia de medias en la cual se puede observar la relación entre las diferentes formulaciones.



Gráfica 2. Análisis de diferencia de medias para la preferencia de color.

En esta gráfica se representan las medias calculadas para cada formulación así como los límites máximos y mínimos. Como se puede apreciar, las formulaciones 1, 3, 5 y 6 son iguales al interceptarse entre sí, así mismo las formulaciones 2 y 4 son iguales entre sí, pero diferentes de las otras 4 ya que no se interceptan en ningún punto.

Con los resultados obtenidos del análisis de esta prueba se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Análisis de varianza para la preferencia de color.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	24.47	5.00	4.89	2.75	0.02	2.23
Dentro de los grupos	524.10	294.00	1.78			

De acuerdo a los resultados plasmados en la Tabla 21. El análisis de varianza para la preferencia de color, los promedios de los cuadrados o la varianza, es mayor entre grupos pues se obtuvo un valor de 4.89, que dentro de los grupos donde el valor obtenido fue de 1.78. Además la probabilidad calculada, que expresa la posibilidad de que la diferencia obtenida haya sido por casualidad o azar, es del 0.02, es decir, que los resultados obtenidos son significativos.

Finalmente se calculó el valor de la razón F de Snedecor (William W. Hines; Douglas C. Montgomery, 1996) para finalmente decidir comparando el valor calculado con el valor crítico obtenido de las tablas, si la Hipótesis nula se acepta o se rechaza. En este caso se rechaza, pues el valor calculado es mayor al valor crítico.

De lo anterior, se puede decir, que la diferencia entre las medias calculadas de los grupos, es decir, entre cada una de las seis formulaciones, es mayor a la diferencia de medias dentro de los grupos y por tanto la formulación que obtuvo la mayor aceptación en referencia al color fue la **Formulación 4**.

En el estudio realizado por Mondzelewska y Klebukowska en 2009, encontraron que en las muestras con mayores concentraciones de inulina (3 y 5 %), se

presentó un efecto negativo en el color; lo cual coincide con lo observado durante la evaluación sensorial realizada con las seis formulaciones desarrolladas en el presente estudio, las muestras que presentaron menor aceptabilidad fueron las que tenían las concentraciones de inulina al 3.5%.

Preferencia de Textura

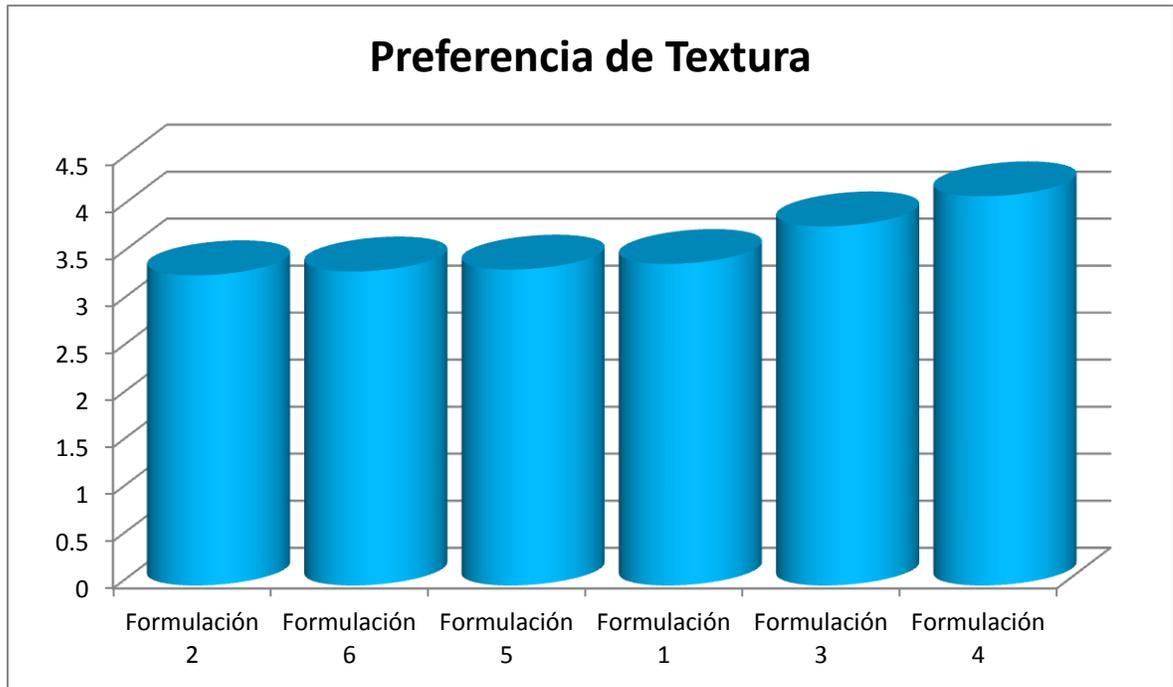
Se construyó una tabla con las puntuaciones asignadas por los panelistas a cada una de las seis formulaciones elaboradas, los resultados obtenidos se presentan resumidos en la Tabla 22.

Tabla 22. Resumen de los datos obtenidos de la evaluación de la textura.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Formulación 1	50	171	3.42	1.92
Formulación 2	50	165	3.3	2.01
Formulación 3	50	191	3.82	1.54
Formulación 4	50	207	4.14	0.98
Formulación 5	50	168	3.36	2.48
Formulación 6	50	167	3.34	2.39

A los datos obtenido de la evaluación de las seis formulaciones, en este caso para la preferencia de textura, se calculó el promedio y la varianza; se puede observar que la formulación que obtuvo un valor total superior al de las otras formulaciones evaluadas fue la **Formulación 4**, con una suma de 207, así mismo, obtuvo el promedio más alto representado por 4.14 y el valor de la varianza fue el más bajo de las seis formulaciones presentado un valor de 0.98

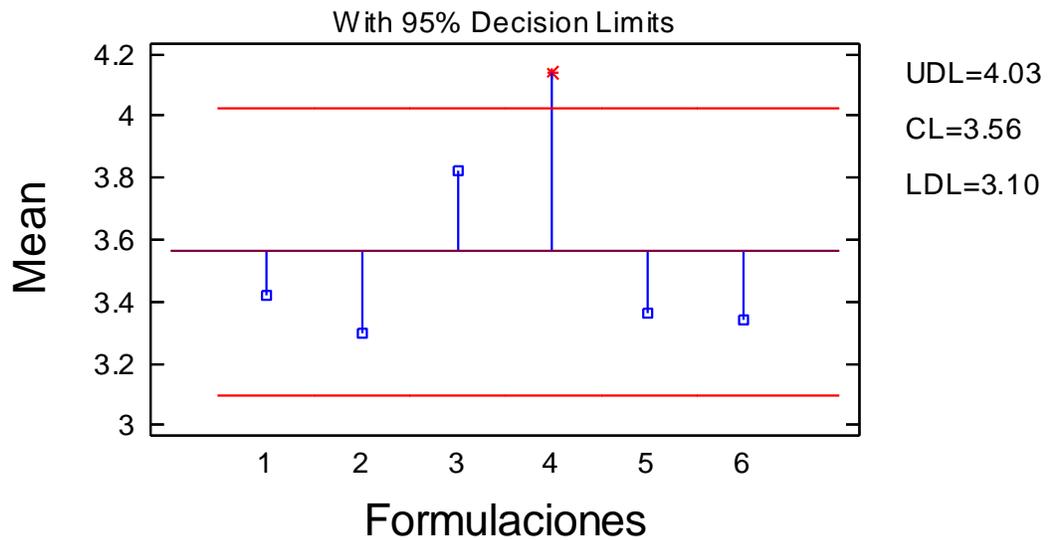
La representación gráfica de la preferencia de textura, es la que se presenta en la Gráfica 3.



Gráfica 3. Resultados de la preferencia de textura

Para este caso particular de la textura, se puede observar que la **Formulación 4**, es la que tiene una mayor puntuación promedio con el 4.14.

Posteriormente se realizó un análisis de la varianza calculada, para determinar la significancia de los valores obtenidos en esta prueba, la gráfica de diferencia de medias permite observar la percepción de los panelistas para cada una de las seis formulaciones.



Gráfica 4. Análisis de diferencia de medias para la preferencia de Textura

En la gráfica estadística de Textura, en la cual se representan las medias calculadas para cada formulación así como los límites máximos y mínimos; se puede observar que las formulaciones 1, 2, 5 y 6 son iguales entre sí, pues sus rectas se interceptan. Por otro lado las formulaciones 3 y 4 son diferentes estadísticamente ya que la formulación 4 se encuentra fuera del límite superior establecido, lo cual representa que a la población encuestada le agradó la textura que fue diferente a todas las demás formulaciones, pues esta no se encuentra dentro de los límites estadísticos. Los resultados obtenidos, se resumen en la Tabla 23.

Tabla 23. Análisis de varianza para la preferencia de textura.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	28.98	5.00	5.80	3.07	0.01	2.24
Dentro de los grupos	554.82	294.00	1.89			

Como se puede observar en la Tabla 23, el análisis de varianza para la preferencia de textura, la varianza, es mayor entre grupos pues se obtuvo un valor de 5.80, que dentro de los grupos donde el valor obtenido fue de 1.89. Además la probabilidad calculada, que expresa la posibilidad de que la diferencia obtenida haya sido por casualidad o azar, es del 0.01, con lo cual podemos decir que los resultados obtenidos son representativos.

Posteriormente de la comparación del valor de F calculado contra el valor crítico de F obtenido de las tablas, se obtuvo que la hipótesis nula es falsa y por tanto se rechaza, pues el valor calculado fue de 3.07 que es mayor al valor crítico de 2.24., lo cual se interpreta como que la diferencia entre las medias calculadas de los grupos, es mayor a la diferencia de medias dentro de los grupos y por tanto la formulación que obtuvo la mayor aceptación en referencia al color fue la **Formulación 4**.

La formulación que tuvo una mayor aceptación en relación a la textura fue la Formulación 4, la cual contiene 1.5% de inulina, que fue la concentración más baja empleada y 3% de maltodextrina, lo cual de acuerdo a los datos publicados por Aryana K.J y Plauche S. en 2007, la inulina ayuda a dar mayor firmeza en los yogurts elaborados a base de leche de vaca tal como es el caso, por lo que se percibe que los panelistas prefirieron una textura más suave en comparación con

las estructuras más fuertes que se obtuvieron con las concentraciones superiores de inulina.

Preferencia de acidez

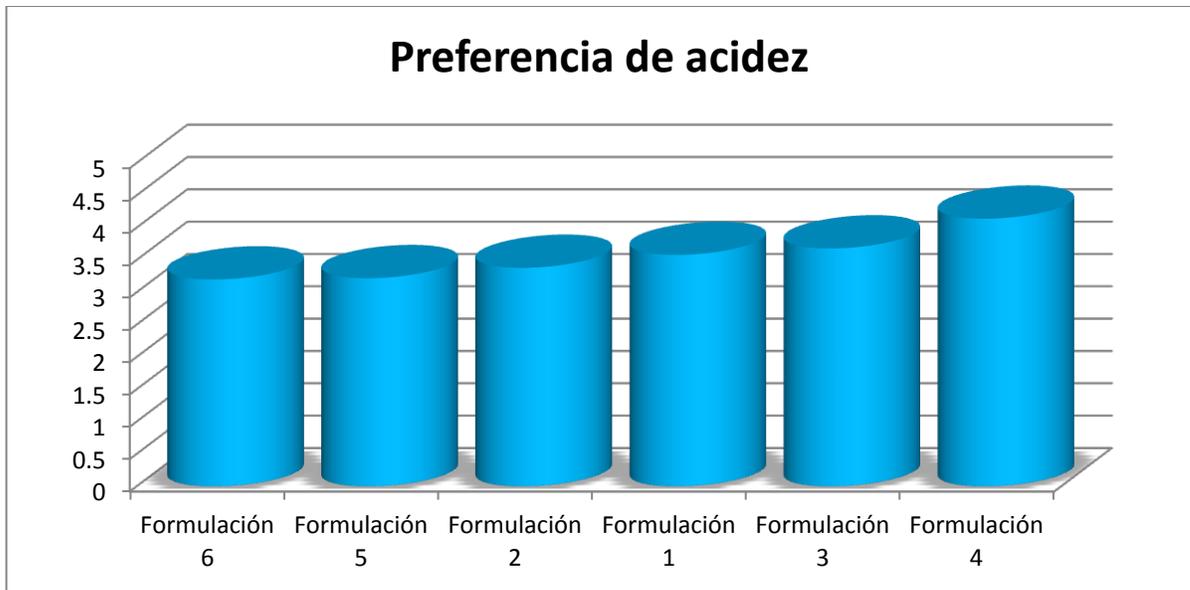
Al igual que en los parámetros anteriores, color y textura, con los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para la preferencia de acidez, se realizó una tabla resumen en la cual se concentran los resultados referentes a la evaluación sensorial realizada.

Tabla 24. Resumen de los datos obtenidos de la evaluación de la acidez.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Formulación 1	50	179	3.58	1.64
Formulación 2	50	169	3.38	1.83
Formulación 3	50	184	3.68	1.69
Formulación 4	50	207	4.14	0.9
Formulación 5	50	161	3.22	2.75
Formulación 6	50	160	3.2	2.49

Para el caso de la acidez, los resultados obtenidos a través de la evaluación sensorial no presentan una diferencia notoria grande tal y como se puede observar en la Tabla 24, pues solo una formulación sobrepaso la calificación de 4 la cual se puede considerar que fue agradable para los panelistas de acuerdo a la escala hedónica utilizada.

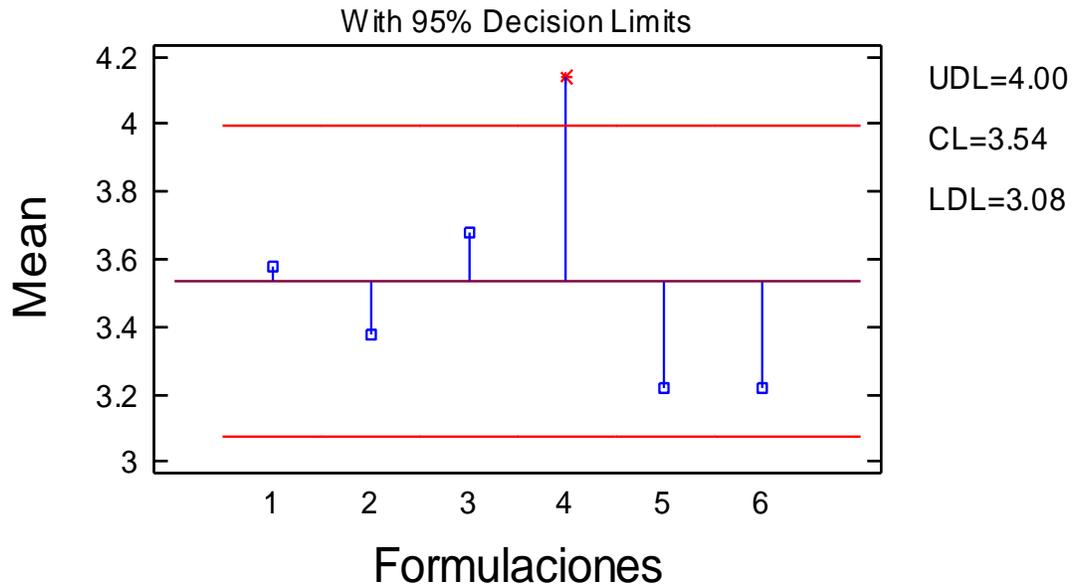
Los resultados obtenidos se ven representados gráficamente de menor a mayor puntuación en la gráfica 5 que se presenta a continuación:



Gráfica 5. Resultados de la preferencia de acidez

Como se puede apreciar en la gráfica 5 la formulación que presentó un mayor nivel de agrado por parte de los panelistas fue la Formulación 4 ya que es aquella que obtuvo la puntuación promedio más alta de 4.14.

Una vez que se tuvieron los datos de la Tabla 24, se procedió a realizar el análisis de la varianza obtenida a fin de tener la certeza de que los resultados obtenidos son significativos, y por tanto, que la formulación con un mayor nivel de agrado en referencia a la acidez es la formulación que presenta la mayor puntuación promediada.



Gráfica 6. Análisis de diferencia de medias para la preferencia de Acidez

En la gráfica 6 se representa el análisis de las medias para la preferencia de acidez, se puede observar que las formulaciones 2, 5 y 6 presentan semejanzas estadísticas al interceptarse entre sí, así como las formulaciones 1 y 3 son iguales entre sí al interceptarse. Sin embargo la formulación 4 es diferente a las demás al presentarse por arriba del límite estadístico superior, con lo cual se demuestra que a los panelistas les agradó una acidez fuera de lo que se considera estadísticamente normal.

Del análisis de varianza para la preferencia de acidez los resultados son los que se concentran en la Tabla 25.

Tabla 25. Análisis de varianza para la preferencia de acidez.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico Para F</i>
Entre grupos	31.27	5	6.25	3.32	0.006	2.24
Dentro de los grupos	553.44	294	1.88			

Como se puede observar en la tabla que presenta el análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos para la evaluación de la preferencia de acidez, las variaciones son mayores entre grupos pues, el valor del promedio de cuadrados o varianza es de 6.25, en comparación con el mismo valor pero dentro de los grupos que fue de 1.88. Así mismo la probabilidad calculada tiene un valor de 0.006, lo cual nos indica que los resultados obtenidos no son debidos al azar.

Respecto a la hipótesis nula, haciendo la comparación del valor crítico para F que es de 2.24, contra el valor calculado que es de 3.32, podemos establecer entonces que la hipótesis nula se rechaza, pues los resultados obtenidos son significativos y por tanto la formulación que tuvo la mejor puntuación para la preferencia de acidez es la **Formulación 4**.

De acuerdo con las características propias de la inulina y la maltodextrina, estas no interfieren en el sabor del yogurt por lo tanto, Modzelewszka y Klebukowska en 2009, encontraron que la concentración de inulina no altera la percepción de acidez del yogurt, lo cual no coincide con lo encontrado en la evaluación sensorial del presente estudio, pues se refleja en las Gráfica 5, que hay variaciones, sin embargo esto se atribuye a una posible percepción de acidez por un trozo de fruta.

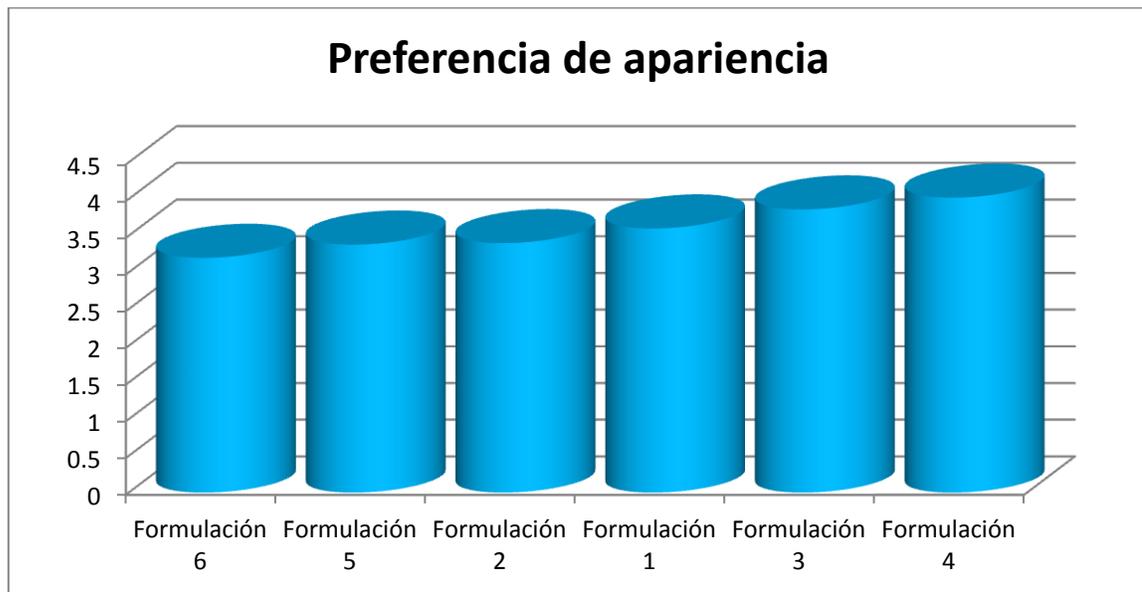
Preferencia de Apariencia

Con las puntuaciones obtenidas de la evaluación sensorial, se construyó una tabla resumen en la cual se muestran las puntuaciones promedio, así como la varianza de cada una de las formulaciones evaluadas, esto se puede observar en la Tabla 26.

Tabla 26. Resumen de los datos obtenidos de la evaluación de la apariencia.

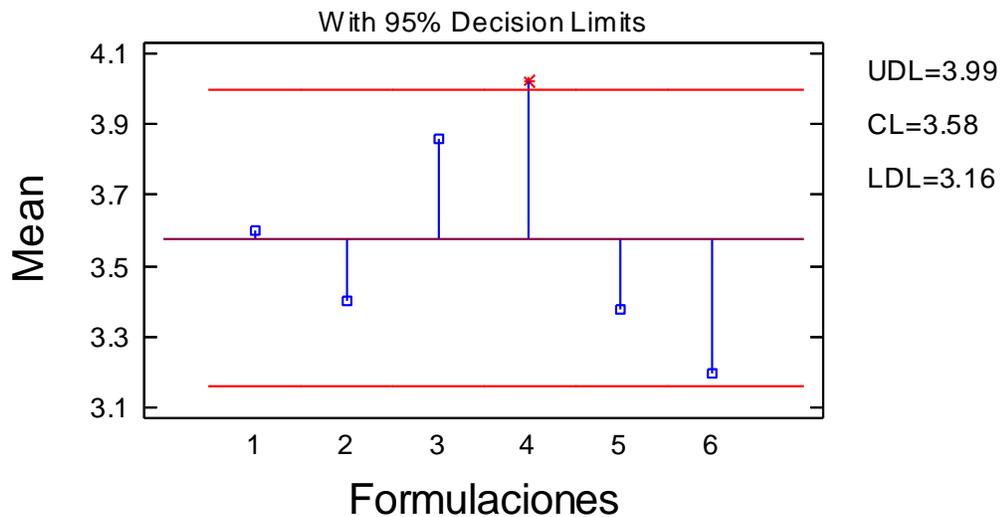
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Formulación 1	50	180	3.6	1.35
Formulación 2	50	170	3.4	1.47
Formulación 3	50	193	3.86	1.06
Formulación 4	50	201	4.02	0.80
Formulación 5	50	169	3.38	2.20
Formulación 6	50	160	3.2	2.24

Los resultados de esta evaluación se ven gráficamente, de menor a mayor en la gráfica siguiente.



Gráfica 7. Resultados de la preferencia de apariencia.

En la gráfica anterior podemos observar los resultados de la evaluación sensorial para el caso de la apariencia, promediados y ordenados de menor a mayor, la formulación 4 es la que presentó una puntuación más elevada lo que representa un mayor nivel de agrado por parte de los panelistas, al ser la única formulación que alcanzó un puntuación ligeramente superior a 4.



Gráfica 8. Análisis de diferencia de medias para la preferencia de Apariencia

En la gráfica 8 se representan las medias calculadas para cada formulación así como los límites máximos y mínimos, para el caso de la apariencia, las formulaciones 2, 5 y 6 son iguales al interceptarse entre sí, tal como las formulaciones 1 y 3 interceptan entre sí y por tanto son iguales estadísticamente, sin embargo la formulación 4 es aquella que resulta diferente a las demás al ser la única que se encuentra fuera de los límites estadísticos, de lo cual se puede establecer que la apariencia de mayor agrado está fuera de los límites que se consideran estadísticamente normales.

Con los datos calculados se realizó un análisis de varianza para poder determinar la significancia de la diferencia entre los resultados de cada formulación, los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 27.

Tabla 27. Análisis de varianza para la preferencia de apariencia

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	24.46	5.00	4.89	3.22	0.01	2.24
Dentro de los grupos	446.78	294.00	1.52			

Derivado del análisis de varianza realizado para la prueba de hipótesis se obtuvo que las variaciones se deben a las diferentes formulaciones, ya que el valor de la varianza es mayor entre grupos con valor de 4.89 que dentro de los grupos donde se obtuvo un valor de 1.52, además de que la probabilidad calculada es de 0.01 lo cual es un indicador de que la preferencia marcada por parte de los panelistas no se debe al azar o la casualidad y que se perciben diferencias entre las formulaciones evaluadas.

Como la prueba final para rechazar la hipótesis nula, se tiene que al valor calculado para F fue de 3.22 el cual es mayor que el valor crítico de 2,24 y por lo tanto se puede decir que la Hipótesis nula se rechaza siendo la formulación que obtuvo el mayor nivel de preferencia la Formulación 4.

Como pudimos apreciar en los 4 aspectos evaluados por medio de la evaluación sensorial y una vez que se determinó la significancia de los resultados través del análisis de varianza se comprobó en los 4 casos que la hipótesis nula se rechaza y por lo tanto las seis formulaciones son diferentes y que de las seis formulaciones evaluadas, en los cuatros aspectos que se pidió a los panelistas que evaluaran, color, textura, acidez y apariencia, la **Formulación 4** fue la que presentó un mayor

nivel de agrado con una puntuación superior a 4 en todos los casos, sin embargo, dentro de las observaciones de las personas encuestadas en un 60% las personas comentaron que le hacía falta dulzor.

Por lo anterior y dado que el objetivo de esta evaluación era el seleccionar a la formulación más aceptada para determinar la calidad por medio de análisis microbiológicos, así como el contenido de bacterias lácticas vivas y finalmente su aporte nutricional por medio de Análisis Químico Proximal, en lo sucesivo, sólo se trabajó con la **Formulación 4**.

La apariencia del producto terminado, se vio ligeramente afectada en función del aumento de concentración de Inulina, pues a mayores concentraciones fue menor la aceptabilidad de los panelistas de la evaluación sensorial, estos resultados coinciden con los encontrados en estudios previos, como los de Rivera y Ramírez en 2009, se encontró que la inulina influyó de manera negativa en la aceptación del yogurt, estas observaciones coinciden con lo encontrado en los resultados de la evaluación sensorial del presente estudio, donde a mayores concentraciones de inulina y maltodextrina (Formulaciones 5 y 6) se obtuvieron menores valores de aceptación (Gráfica 7, pág-74).

III.III Determinación de la Calidad Sanitaria del yogurt seleccionado

La calidad del yogurt se determinó mediante análisis microbiológicos, en una primera instancia se realizó un análisis de rutina que se basa en el recuento de Coliformes totales, Mesófilos aerobios, Mohos y levaduras y *Salmonella*, este último por la adición del concentrado de fruta. Los resultados obtenidos para cada microorganismo se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. Resultados del análisis microbiológico.

Microorganismo	Resultados	NOM-243-SSA1-2010
Coliformes totales	Negativo	<10 UFC/g
Hongos y levaduras	20 UFC/g	---
Mesófilos aerobios	1200 UFC/g	---
<i>Salmonella spp.</i>	Negativo	Ausente en 25 g

Los resultados obtenidos en las determinaciones de microorganismos patógenos fueron aceptables de acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente aplicable la NOM-243-SSA1-2010. *Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.* Es importante señalar que tanto para *Salmonella spp.* como para Coliformes totales el resultado fue negativo, es decir, que no se desarrolló ninguna colonia, lo cual representa que el yogurt se elaboró bajo Buenas Prácticas de Manufactura, así mismo para el caso de los Hongos y levaduras y Mesófilos aerobios en la norma citada, no se establece un límite para este tipo de productos sin embargo el número de colonias desarrolladas es menor al límite que se establece para otro tipo de productos derivados de leche.

Otro punto a considerar como parte de la evaluación de la Calidad del yogurt, es el recuento de bacterias lácticas vivas, pues para que el producto pueda denominarse “Yogurt” este debe contener al menos un millón de bacterias lácticas vivas sumando ambas especies *Streptococcus* y *Lactobacillus*, (CODEX STAN 243-2003), aunque en la normatividad mexicana vigente la NOM-181-SCFI-2010. *Yogurt-Denominación, especificaciones Fisicoquímicas y Microbiológicas, Información comercial y Métodos de prueba* en el apartado 6.2.1, referente a los Microorganismos viables, se declara que el contenido de éstos debe ser de 10 millones sumando los resultados de las especies anteriores.

En la Tabla 29 se muestran los resultados obtenidos de la determinación de las bacterias lácticas vivas.

Tabla 29. Contenido de bacterias lácticas vivas en el Yogurt.

Microorganismo	Resultados UFC/g	NOM-181-SCFI- 2012 UFC/g	CODEX STAN 243-2003 UFC/g
<i>Streptococcus termophilus</i>	6,500,000,000 UFC/g	10 ⁷	10 ⁶
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	1,000,000,000 UFC/g		
Total	7,500,000,000 UFC/g		

Como se puede observar los resultados obtenidos fueron satisfactorios, pues para el caso del *Streptococcus thermophilus* se obtuvieron un total de 6.5×10^9 UFC/g y para el *Lactobacillus bulgaricus*, se contaron un total de 1×10^9 UFC/g dando como resultado una suma de 7.5×10^9 UFC/g, valor con el cual se supera el límite mínimo establecido en las normas de referencia.

También se pudo observar que en comparación con lo reportado en la ficha técnica de los cultivos lácticos utilizados (Mix *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus termophilus* DVS ®) la viabilidad de los cultivos lácticos es de la orden de 1×10^9 por lo cual podemos ver que la viabilidad de estos microorganismos aumento más de 7 veces.

En este mismo sentido, y de acuerdo a lo establecido en la NMX-F-703-COFOCALEC-2004, para que un producto lácteo fermentado, como es el caso del yogurt, pueda considerarse “Probiótico”, el contenido de bacterias lácticas vivas debe ser igual o superior a 1×10^9 UFC/g y por lo tanto dados los resultados de

la Tabla 29 también se alcanza ese parámetro y podemos cumplir entonces con el límite de microorganismos requeridos para declarar que se elaboró un Yogurt Probiótico.

Los análisis microbiológicos del producto final, muestran que este fue elaborado bajo Buenas Prácticas de Manufactura y los resultados obtenidos en relación a las bacterias ácido lácticas son similares a los encontrados en otras publicaciones (Mondzelewska & Klebukowska, 2009), donde se encontró que la adición de inulina aumenta la viabilidad de las bacterias lácticas, señalando también que aun después de 21 días de almacenamiento no se observó disminución significativa en la cuenta de los microorganismos. Así mismo Aryana y Plauche en 2007 encontraron que la cuenta de microorganismos aumentó significativamente al utilizar la inulina en las formulaciones trabajadas, pero a diferencia del estudio de Modelewzka y Klebukowska (2009), observaron una disminución en el conteo de bacterias con el paso de los días.

III.IV Determinación del Análisis Químico Proximal del Yogurt seleccionado.

El Análisis Químico Proximal se realizó utilizando técnicas oficiales, todas las pruebas se realizaron por triplicado, los resultados obtenidos se presentan desglosados de acuerdo a cada componente determinado.

La humedad, se determinó en estufa a 80 °C con arena, la prueba se realizó por triplicado obteniendo la desviación estándar y la varianza. Estos resultados se observan en la Tabla 30.

Tabla 30. Resultados de la determinación de Humedad

Muestra	% Humedad	Desv. Est	Varianza
1	73.45	0.34	0.12
2	73.97		
3	73.32		
Promedio	73.58		

Los resultados obtenidos de la determinación de humedad, se mantuvieron muy similares en las tres pruebas realizadas, presentando una desviación estándar de ± 0.34 y obteniendo un promedio de 73.58 % de humedad contenida en el yogurt.

Los valores obtenidos fueron muy semejantes obteniendo una varianza de 0.12, lo cual indica que las determinaciones se realizaron de manera adecuada y que las muestras son homogéneas, además de que de acuerdo a la **NMX-F-703-2004.**, el contenido de humedad no debe ser mayor a 78%, por tanto el valor de humedad contenido den el producto final cumple con lo establecido en la norma de referencia al tener un valor de 73.58%.

La determinación de proteína se realizo mediante el método de Micro Kjheldhal, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Resultados de la determinación de proteína.

Muestra	%Proteína	Desv. Est	Varianza
1	3.96	0.0321	0.0010
2	3.91		
3	3.97		
Promedio	3.94		

A los valores obtenidos se les calculó el valor de la desviación estándar y la varianza para determinar la variación de las muestras. Se obtuvo un promedio de 3.94% con una desviación estándar de 0.03 y una varianza de 0.0010 por lo cual podemos decir que las muestras analizadas son homogéneas y el resultado obtenido es confiable.

Además como parte de los parámetros evaluados para determinar si el producto es o no es un yogurt, se tiene que de acuerdo a lo establecido en la NMX-F-703-COFOCALEC-2004, el contenido de proteína en un yogurt elaborado a base de leche descremada es de 2.8 g/100 g; por lo cual el valor obtenido cumple con lo establecido en la norma de referencia y supera el límite mínimo al contener más del mínimo requerido.

La determinación de cenizas se realizó por el método general sometiendo la muestra a incineración directa en mufla a una temperatura de 500 - 550°C, los resultados obtenidos son los concentrados en la Tabla 32.

Tabla 32. Resultados de la determinación de cenizas.

Muestra	%Cenizas	Desv. Est	Varianza
1	1.0362	0.014	0.0002
2	1.0231		
3	1.05		
Promedio	1.04		

De los valores obtenidos del análisis de las tres muestras analizadas se obtuvo un promedio de 1.04%, con una desviación estándar de ± 0.014 . Como se puede observar en la Tabla 32, los resultados fueron homogéneos y considerando que el

valor de la varianza es de 0.0002 podemos decir que el resultado es confiable pues la variación entre una muestra y otra es mínima.

La determinación de los lípidos contenidos en el yogurt, se realizó por medio de la técnica de Roesse-Gottlieb, los resultados obtenidos de este análisis son los que se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Resultados de la determinación de lípidos.

Muestra	Resultado	Desv. Est	Varianza
1	0.45	0.012	0.0001
2	0.47		
3	0.47		
Promedio	0.46		

Los valores obtenidos de las tres muestras analizadas fueron muy similares obteniendo una varianza de 0.0001, el promedio de las tres pruebas es de 0.46% con una desviación estándar de 0.012. Lo anterior nos muestra que las corridas analizadas son homogéneas y que la prueba se realizó bajo las mismas condiciones y por tanto el resultado obtenido es confiable.

En el caso de los lípidos de acuerdo a la Norma Mexicana **NMX-F-703-COFOCALEC-2004** y considerando que se trata de un producto bajo en grasa el contenido final de lípidos en el producto no debe ser mayor a 0.4 g/100g. Considerando este parámetro se puede decir que el yogurt se elaboró dentro de los valores permitidos aunque tiende a rebasar ligeramente este valor, para lo cual habría que realizarse ajustes en la formulación.

La determinación de fibra dietética se realizó utilizando el método Fibra Dietética en Alimentos, Método Gravimétrico-Enzimático, AOAC 985.29 el resultado de esta prueba se presenta en la Tabla siguiente:

Tabla 34. Resultado de la determinación de fibra dietética

Muestra	Resultado	Desv. Est	Varianza
1	5.38	0.0306	0.00093
2	5.44		
3	5.42		
Promedio	5.41		

Como última determinación se tiene el análisis fisicoquímico de los azúcares, esto porque se realizó en dos partes, por un lado se determinó la Lactosa (Azúcares Reductores Directos) y por otro lado se determinó el contenido de Azúcares Reductores Totales en el concentrado de zarzamora, en ambos casos utilizando el método de Lane y Eynon para finalmente realizar una suma de los promedios de cada una de estas pruebas. Los resultados de la determinación de la Lactosa (ARD) se presentan en la Tabla 35 y los de la determinación de sacarosa (ART) en la Tabla 36.

Tabla 35. Resultados de la determinación de Lactosa en el yogurt natural

Muestra	% Lactosa	Desv. Est	Varianza
1	2.95	0.05	0.002
2	2.95		
3	3.03		
Promedio	2.98		

Como resultado de la determinación de lactosa se obtuvo un valor promedio de las tres muestras analizadas de 2.98 con una desviación estándar de 0.05, presentando una varianza de 0.002 por lo cual podemos considerar que la prueba se realizó adecuadamente y por tanto el resultado obtenido es confiable.

Tabla 36. Resultados de la determinación de azúcares en el concentrado de zarzamora

Muestra	Resultado	Desv. Est	Varianza
1	12.5	0.06	0.003
2	12.5		
3	12.6		
Promedio	12.53		

Para el caso de los carbohidratos contenidos en el concentrado de zarzamora se obtuvo un resultado promedio de 12.53 % con una desviación estándar de 0.06 y una varianza de 0.003, igual que en el caso anterior los resultados de las tres muestras analizadas se mantuvieron en un rango muy similar lo cual habla de la certeza de los análisis realizados y por tanto el resultado final es aceptable.

Para obtener el contenido total de carbohidratos en el producto final, se realizó una suma de los promedios de ambas determinaciones, la lactosa en el yogurt y los azúcares en el concentrado de zarzamora que se añadió al yogurt natural.

De lo anterior se obtuvo que el contenido de carbohidratos en el producto final es de 15.51%.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES

IV. Conclusiones

Las materias primas que se utilizaron para la elaboración del producto fueron elegidas por ser aquellas que cumplen con lo establecido en la normatividad vigente hablando de leche líquida descremada y leche en polvo semidescremada, el contenido de lípidos se encontró dentro de los límites requeridos para poder elaborar un producto lácteo bajo en grasa.

Durante la experimentación para la estandarización del proceso de elaboración del Yogurt se encontró que la inulina compite más por el agua disponible ya que al agregar primero la maltodextrina y en segundo lugar la inulina, ésta no alcanzaba a dispersarse adecuadamente y se formaban grumos. Por lo anterior fue necesario adicionar en primer lugar la inulina.

Una parte que resultó determinante para obtener una textura adecuada en el producto final fue la temperatura adecuada de dispersión de inulina para evitar la formación de cristales que se percibieron al realizarse a una temperatura por debajo de 50-60 °C.

De las seis formulaciones elaboradas se observó que al aumentar la concentración de inulina y maltodextrina la apariencia y el color del yogurt se veía ligeramente más turbio y opaco el producto final aunque favorecía la firmeza del gel con lo que la fruta se mantenía distribuida en todo el espacio del envase.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación sensorial, y al análisis de varianza realizado, se determinó que la formulación de yogurt más aceptada es la Formulación 4, pues en los cuatro aspectos evaluados fue la que obtuvo el mayor nivel de agrado. Sin embargo los comentarios recibidos por parte de los panelistas indicaron que le hacía falta dulzor al producto; por lo cual sería conveniente agregar más azúcar al concentrado de zarzamora.

Derivado de los comentarios adicionales expuestos por los panelistas se pudo apreciar que el producto resultó atractivo, ya que a pesar de ser un producto que cumple con las características de ser bajo en grasa o “light” como se les conoce tradicionalmente no se percibe el resabio amargo que caracteriza a la mayoría de este tipo de productos por el uso de edulcorantes que sustituyen la sacarosa.

El análisis microbiológico realizado como mecanismo para determinar la calidad microbiológica del producto fue favorable, lo que demuestra que el producto se desarrolló bajo Buenas Prácticas de Manufactura al no exceder los límites establecidos en la normatividad vigente aplicable.

El recuento de bacterias lácticas vivas en el producto final permitió corroborar que el producto puede ser denominado “Yogurt” de acuerdo a los valores requeridos de las bacterias ácido lácticas por la normatividad de referencia (10^7 UFC/g), así mismo, el número total de bacterias lácticas viables, cumple con lo requerido para poder denominar al Yogurt como Probiótico (10^9 UFC/g).

El cultivo de bacterias lácticas que se utilizó como starter tenía una cuenta de 1×10^9 UFC/g, por lo anterior, y considerando que al final se tuvo un valor de se puede 7.5×10^9 UFC/g se pudo apreciar que las fibras dietéticas utilizadas ayudaron a la viabilidad de los microorganismos lácticos.

La calidad nutricional del producto, arrojó resultados aceptables ya que además de cumplir con lo marcado por la normatividad vigente en México se cumplió con los factores que son los determinantes para establecer que el producto desarrollado es considerado “Yogurt bajo en grasa adicionado de fibra dietética” tales como los lípidos, la fibra dietética, lactosa y la proteína. El valor de grasa fue del 0.46%, el de fibra dietética fue 5.41%, la lactosa obtuvo un porcentaje de 2.98 y la proteína alcanzó un valor de 3.94%.

El valor del contenido de lípidos en el producto final rebasó ligeramente (0.06) los límites establecidos en la normatividad por lo cual, para cumplir estrictamente con lo requerido debería replantearse la formulación del producto disminuyendo el contenido de grasa de la leche en polvo ya que se utilizó leche semidescremada y no descremada.

CAPÍTULO V
BIBLIOGRAFÍA

V. Bibliografía

1. Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias.
2. Aga, Y. K. (2008). Technical Review: Impacto of dietary fiber on colon cancer. *Gastroenterology Journal* , p 123-128.
3. Anderson, J., Kritcheusky, D., & Bonfield, C. (1990). Total dietary fiber and mineral absorption. *Dietary fiber: chemistry, biology and health efects.* ,p 105-128.
4. Association of Official Analytical Chemistry,(1990). *Methods of Analysis* 15th Ed. Washington, USA
5. Brenann, S. Charles & Tudorica Carmen M. (2008)Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of Yogurt. *International Dairy Journal.*
6. Chandan, R. C., & Kilara A., S. N. (2008). *Dairy Processing & Quality Assurance.* USA: Wiley-Blackwell. pp 600.
7. Daniel G. Lis, L. A. (1998). *Patente nº US005840884A.* USA.
8. Food & Agriculture Organization. (2008). *Producción de Alimentos de Origen Animal. 1ª Ed* Roma. pp 617
9. F. Leslie Hart A. M. (1984) “*Análisis moderno de los alimentos*”, Acribia, 2ª Ed. España. pp 619.
10. García Peris, P. y Velasco Gimeno, C. (2007) Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutrición Hospitalaria*, p 20-25.
11. Gómez, M. G. (2003). *Manual de Industrias Lácteas.* Madrid, España: Mundi-Prensa .pp 436
12. Guggisberg, D., J.Cuthbert-Steven, & Piccinali, P. (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk yogurt as influenced by inulin addition. *International Dairy Journal* , p107-115.
13. Hunter, B. T. (2003). Inulin a Beneficial Carbohydrate. *Consumers Research Magazine* .

14. Jakubczyk E., Kosikowska M., Zastosowanie bakterii probiotycznych w przetwórstwie mleczarskim. *Przeegl. Mlecz.*, 2000, 10, 334-337.
15. Josep, M. L., & Shelly, R. d. (2004). *Tecnología de Productos Lácteos*. En M. L. Josep, & R. d. Shelly, *Tecnología de Productos Lácteos* Barcelona, España: Ediciones UPC. pp 230
16. K.J. Aryana, S. P. (2007). Fat-Free Plain Yogurt Manufactured with Inulins of various chain lengths and Lactobacillus Acidophilus. *Journal of Food Science* , p79-84.
17. Norma Mexicana NMX-F-317-S-1978 Determinación de pH en Alimentos.
18. Norma Mexicana NMX-F-607-NORMEX-2002. Determinación de Cenizas en Alimentos. Métodos de prueba.
19. Norma Mexicana 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.
20. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
21. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en placa.
22. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos.
23. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. bienes y Servicios. Método para la cuenta de Microorganismos Coliformes totales en placa
24. Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la determinación de Salmonella en Alimentos.
25. Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Determinación de Humedad en Alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
26. Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

27. Norma Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010. Yogurt, Denominación, Especificaciones Físicoquímicas y Microbiológicas, Información comercial y Métodos de prueba.
28. Norma Oficial Mexicana NOM-185-SSA1-2002. Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias.
29. Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. Productos y Servicios. Leche, Fórmula Láctea, Producto Lácteo combinado y Derivados Lácteos. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias. Métodos de prueba.
30. Mateos, J. A. (2005). *Tecnología de las leches fermentadas*. Acribia 3ª Ed España. pp 569.
31. Mondzelewska, M., & Klebukowska, L. (2009). Investigation fo teh potential for using inulin HPXas a fat replacer i n yogurt production. *International Journal of Dairy Technology* , p209-214.
32. Montoya S. (2009). Lácteos Funcionales: Haciendo más Fácil una Sana Alimentación. *Mundo Lácteo y Cárnico* ,p5-11.
33. Noomen, W. P., & Guerts, J. (1993). *In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Londres: Chapman & Hall. p119-126
34. P., W., & R., J. (1984). *Química y Física Lactológica*. 2ª Ed. Zaragoza España: Acribia. pp 423
35. Reinhard Matissek, Frank-M. Shnepel, (1992) “*Análisis de los alimentos*”, 3ª Ed. Acribia, Zaragoza. pp416.
36. Rivera, J. R., & Ramírez, M. (2009). Elaboración de Yogurt con Probióticos e Inulina. *Revista Facultativa de Agronomía* , p223-242.
37. Román, J. L., González, A. M., & Luque, A. (2010). Efecto de la Ingesta de un preparado Lácteo con Fibra Dietética Sobre El Estreñimiento Crónico Primario Idiopático. *Mundo Lácteo y Cárnico* , p18-26.
38. Spreer, E., & Dignoes, O. (1991). *Lactología Industrial*. 2ª Ed. España Acribia. pp 617.
39. Srivastava, M. (2008). *Development and Manufacture of Yogurt*. India: Alphasuf Science International. pp440

40. Tamime, A., & Robinson, R. (1991). *Yogurt ciencia y tecnología*. 2ª Ed. Acribia, España. pp368.
41. Veissere, D. R. (1998). *Lactología Técnica*. Zaragoza, 2ª Ed, España: Acribia. pp 629.
42. William W. Hines; Douglas C. Montgomery. (1996). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración*. 2ª Ed. México: Compañía Editorial Continental. pp 834
43. <http://www.cofocalec.org.mx>
44. <http://www.canilec.org.mx>