



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

*Elaboración de un yogurt bajo en grasa,
adicionado con CLA (ácido linoléico
conjugado) encapsulado en esferas de
quitosán-alginato.*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:
MARTIN RODRIGUEZ ESPINOZA

ASESORA DE TESIS:
DRA. SUSANA PATRICIA MIRANDA
CASTRO

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

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

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

Elaboración de un yogurt bajo en grasa, adicionado con CLA (ácido linoléico conjugado) encapsulado en esferas de quitosán-alginato.

Que presenta el pasante: **Martin Rodriguez Espinoza**

Con número de cuenta: **414017759** para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 01 de Octubre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Susana Patricia Miranda Castro	
VOCAL	I.A. María Guadalupe López Franco	
SECRETARIO	M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
1er. SUPLENTE	Dra. María Guadalupe López Palacios	
2do. SUPLENTE	M. en C. Ana Elvia Sánchez Mendoza	

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

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por guiarme en este camino, haciendo que día a día se realicen mis sueños siempre de la mano de tu bendición, gracias por mis padres tan maravillosos, por mis hermanas que han sido muy compañía durante toda mi vida, gracias por cuidar a mi familia que es lo más sagrado que tengo, por darme fuerzas, perseverancia y ganas para poder lograr esta meta tan anhelada.

A **mis padres** por darme la vida, por brindarme su apoyo incondicional, consejos y el aliento para seguir adelante, porque sin ellos no sería la persona que soy ni estaría en el lugar que ahora me encuentro. ¡Soy inmensamente afortunado de tenerlos!

A mi papá **Martin Rodríguez** como un pequeño testimonio y eterno agradecimiento, a ti que me has dado lo más valioso en la vida; por su ejemplo de superación inalcanzable, por su sacrificio en tiempos muy difíciles, por ser el hombre más noble y sencillo que he conocido, por siempre preocuparse por mí, por su apoyo incondicional, porque sin ese apoyo hubiera sido sumamente difícil haber llegado a estas instancias, porque a pesar de las dificultades, siempre buscó la forma de ayudarme y salir adelante ¡TE AMO PA'!

A mi mami **María del Rosario Espinoza** por haberme dado la vida y soportarme cada día, por estar conmigo cada que te necesito, por ser la mujer más importante en mi vida, por todo el sacrificio que has hecho por sacarnos adelante a mis hermanas y a mí. Por haberme educado forjándome un gran sentido de la responsabilidad y los valores aprendidos, por estar siempre a mi lado en los mejores y peores momentos, porque nunca me dejo ni me dejará solo, porque siempre me animó y me apoyó a seguir adelante y cumplir mis metas. Por eso y por muchas cosas más ¡TE AMO!

A mis hermanas **Claudia, Ana y Nancy** por ser mis compañeras durante toda mi vida, porque son mi mayor ejemplo a seguir, porque sé que nunca me dejarán solo, por motivarme cada día y por apoyarme a su manera, por ser las mejores hermanas y tan maravillosas personas. Estoy inmensamente agradecido de que sean mis hermanas y estoy seguro de que cada una tendrá mucho éxito, siempre estaré para apoyarlas. ¡LAS AMO!

A mi familia en general cuñados, primos, tíos, sobrinos por ser una familia tan feliz y un gran ejemplo a seguir y especialmente a mis abuelitos por ser un gran ejemplo de motivación, por fomentar educación a mis padres que la transmitieron muy bien en mí. ¡Gracias familia!

A mis sobrinos **Karla, Karime, Victor, Evoleth, Josué y Lia** por estar en esta etapa de mi vida tan importante, por sus locuras, risas y porque espero esto les sirva de ejemplo para cumplir sus metas y sueños.

A mis amigos especialmente al grupo de los rayos a **Javier, Arturo, Edgar** (cali), **Luis** (Sharawy), **Natalia, Jaisel, Natalie, Any Cuandon, Armando, Cuellar, Daniela, Karla Katya, Ruth, Payan, Martita y Eddie** por ese apoyo incondicional durante toda la universidad unos más que otros pero siempre estuvieron presentes, por permitirme ser parte de sus vidas, por todas esas fiestas y risas que pasamos juntos, por todos esos momentos inolvidables y porque sé que les espera una vida de éxitos y metas que cumplir, porque son lo mejor de lo mejor al menos para mí y sé que pondrán el nombre de la escuela muy en alto, les deseo todo lo mejor y estoy inmensamente agradecido de haberlos conocido gracias por ser de la universidad una etapa inolvidable ¡LOS AMO!

A una de las mejores personas que he conocido, la persona más noble y sincera con lo que he tratado estos últimos años, por tu apoyo incondicional desde el día que nos conocimos en LEM 1 y a lo largo de toda la carrera hasta llegar a esta meta, que sin tu ayuda no hubiera sido posible, infinitas gracias por tan bonita amistad y apoyo moral que siempre fue de ayuda en momentos difíciles **Laura Quezada**, me siento muy afortunado de haberte conocido, por tan bonita familia que tienes y especialmente a **Clara Quezada** que sin su ayuda esto no hubiera sido posible, gracias. ¡TE QUIERO!

A la Doctora **Susana Patricia Miranda Castro** por brindarme su asesoría y su extenso conocimiento durante toda la etapa del proyecto, por haberme guiado, estar siempre al pendiente, pero sobre todo, por haber confiado en mí. Soy afortunado por haber sido su alumno, la aprecio mucho, de todo corazón, ¡muchas gracias!

A la I.A. **Daniela Hernández Regino** por haber estado conmigo gran parte de este del proyecto, por siempre brindarme su ayuda y su apoyo, por su gran constancia y dedicación. Estoy seguro que serás una gran docente y tendrás mucho éxito. ¡Muchas gracias por todo!

A todas las personas que con su apoyo contribuyeron directamente en el trabajo, al laboratorista **Juan**, ¡muchas gracias!

A mis sinodales y miembros del jurado, la I.A. **María Guadalupe López Franco**, la M en C. **Sandra Margarita Rueda Enríquez**, la Dra. **María Guadalupe López Palacios** y a la M. en C. **Ana Elvia Sánchez Mendoza** por contribuir con su conocimiento para el mejoramiento de esta tesis.

A mis profesores y profesoras que me impartieron su conocimiento durante toda la carrera, además de ayudarme a forjar carácter para seguir cosechando logros importantes.

Agradezco a todos aquellos que han contribuido a mi formación profesional y personal, por brindarme su cariño y confianza.

Pero sobre todo agradecido con **la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM**, por abrirme las puertas, mi segunda casa y mi alma máter. Por haberme formado como profesionista dentro de sus instalaciones. Pasaran los años y me seguiré sintiendo orgulloso de haber sido parte de tan grandiosa institución. ¡Gracias **UNAM**, siempre te llevaré en el corazón!

Por mi raza hablará el espíritu.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I. ANTECEDENTES.....	5
1.1 Obesidad y sobrepeso	5
1.1.1 Obesidad en México	7
1.1.2 Causas de la Obesidad y el Sobrepeso.....	9
1.1.3 Consecuencias de la Obesidad y Sobrepeso	10
1.2 Diabetes	10
1.2.1 Causas de la Diabetes.....	12
1.2.2 Consecuencias de la Diabetes	13
1.3 Colesterol y triglicéridos	13
1.3.1 Causas del colesterol y triglicéridos.....	15
1.3.2 Consecuencias del Colesterol y Triglicéridos	16
1.4 Recomendaciones en la dieta	16
1.5 Ácidos grasos esenciales.....	17
1.6 CLA (Ácido linoléico conjugado)	17
1.6.1 Propiedades biológicas del CLA	18
1.6.2 Fuentes de obtención de CLA	19
1.6.3 Producción de CLA.....	20
1.6.4 Beneficios del CLA a la salud del consumidor	23
1.6.5 Posibles efectos adversos del CLA.....	25
1.6.6 Consumo de CLA en la dieta humana.....	26
1.6.7 Productos que contienen CLA.....	27
1.7 Alimentos funcionales	28
1.7.1 Alimentos funcionales en México.....	28
1.7.2 Productos lácteos funcionales	29
1.7.3 Yogurt.....	29
1.7.4 Probióticos	30
1.7.5 Bacterias ácido lácticas	31
1.7.6. <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	32
1.7.7 Prebióticos	33

1.7.8 Inulina	34
1.8 Microencapsulación.....	34
1.8.1 Métodos de microencapsulación.....	35
1.8.2 Gelificación iónica	35
1.8.3 Materiales encapsulantes	36
1.8.4 Hidrocoloides	37
1.8.5 Alginato.....	37
1.8.6 Quitosán	38
CAPITULO II. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	41
2.1 Objetivos	41
2.2 Cuadro metodológico	42
2.3 Descripción del cuadro metodológico	43
CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	74
APÉNDICES	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos estadísticos de la OCDE, Ranking obesidad en hombres y mujeres. 2017.	7
Figura 2. Prevalencia de sobrepeso y obesidad, en la ENSANUT 2012 y ENSANUT MC 2016.....	8
Figura 3. Comparación de las categorías de IMC, de acuerdo a la región del país y tipo de localidad.	9
Figura 4. Prevalencia de Diabetes mellitus en población adulta entre 20 y 79 años de edad. Países de la OCDE 2011.	11
Figura 5. Prevalencia de diagnóstico de diabetes tipo 2 por sexo y edad. ENSANUT 2006, ENSANUT 2012 y ENSANUT MC 2016.	12
Figura 6. Estructura química del ácido linoleico (C18:2 cis-9, cis-12) (A) y de los isómeros trans-10, cis-12 CLA (C) y cis-9, trans-11 CLA (B).	18
Figura 7. Cadena química del alginato.	38
Figura 8. Estructura del quitosán (a) unidad de N-acetilglucosamina (b) unidad de glucosamina.	39
Figura 9. Rehidratación de medio de cultivo MRS	44
Figura 10. Esterilizadora ALL AMERICAN.	44
Figura 11. Incubadora Blue M. Lindbe	45
Figura 12. Muestras medio de cultivo MRS.....	45
Figura 13. <i>L. rhamnosus</i> sembrado en forma masiva.	47
Figura 14. Incubadora con agitación (New	47
Figura 15. Contador de colonias.	48
Figura 16. Formación de las cápsulas.....	50
Figura 17. Programa ImageJ.....	50
Figura 18. Potenciómetro HORIZON.....	52
Figura 19. Diagrama de proceso del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado. Modificado de (V. Vásquez-Villalobos et al., 2015).	53
Figura 20. Elaboración del yogur bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, a) desgrasado de la leche, b) inoculación c) incubación, fermentación de la leche, d) yogurt producto final.....	55
Figura 21. Incubación de placas 3MTM PetrifilmTM.	57
Figura 22. Evaluación sensorial.	58
Figura 23. CLA encapsulado.	61
Figura 24. Esferas analizadas para el método de esfericidad.	62
Figura 25. Pérdida de agua de las esferas en condiciones de refrigeración.	63
Figura 26. Medios de cultivo (3MTM PetrifilmTM). Coliformes totales (a), <i>Escherichia coli</i> (b), <i>Mesofílicos aerobios</i> (c), <i>Hongos y Levaduras</i> (d).....	66
Figura 27. Estudio perfil lipídico del consumidor antes de la ingesta del yogurt, parámetros más importantes a resaltar en el estudio son: Glucosa 120 mg/dL , Colesterol total 248 mg/dL, Triglicéridos 210 mg/dL.....	67
Figura 28. Estudio perfil lipídico del consumidor después de la ingesta del yogurt durante 30 días, parámetros más importantes a resaltar en el estudio son: Colesterol total 188 mg/dL, HDL 38.8 mg/dL, LDL 110.6 mg/dL, Triglicéridos 201 mg/dL.	68
Figura 29. Gráfica de Aceptabilidad del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado.	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de obesidad por índice de masa corporal (IMC) y circunferencia de la cintura.....	6
Tabla 2. Valores normales y elevados del perfil lipídico.....	15
Tabla 3. Principales ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos totales) presentes en diferentes aceites vegetales.....	22
Tabla 4. Resultados de producción de CLA con <i>Lactobacillus</i> utilizando diferentes sustratos.....	23
Tabla 5. Efectos del CLA en humanos.....	24
Tabla 6. Contenido de CLA en algunos productos cárnicos y de origen marino.	27
Tabla 7. Contenido de CLA en productos lácteos.....	27
Tabla 8. Microorganismos ácido-lácticos considerados como probióticos.....	32
Tabla 9. Principales efectos saludables de cepas del grupo <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	33
Tabla 10. Pruebas empleadas para la caracterización de la materia prima.	43
Tabla 11. Técnicas de Análisis químico Proximal.	46
Tabla 12. Formulación del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado.	52
Tabla 13. Especificaciones microbiológicas. Leche y derivados Lácteos.....	56
Tabla 14. Pruebas de Anden de la leche.	59
Tabla 15. Composición química de la leche entera.....	59
Tabla 16. Viabilidad de <i>Lactobacillus rhamnosus</i> en un periodo de 6 horas.	60
Tabla 17. Análisis de área, perímetro y circularidad en esferas.....	62
Tabla 18. Análisis de parámetros estadísticos para sinéresis.....	63
Tabla 19. Porcentajes de sinéresis.	63
Tabla 20. Valores de pH.....	64
Tabla 21. Composición química del yogurt adicionado CLA.	65
Tabla 22. Comparación de los resultados de la evaluación microbiológica (3MTM Petrifilm™) de la bebida carbonatada con los límites máximos de la NOM-243-SSA1- 2010.....	67
Tabla 23. Nivel de agrado del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado.	69

RESUMEN

La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. La Organización Mundial de la Salud reporta que existen 1,600 millones de adultos con sobrepeso y obesidad, en la actualidad cerca de 70 millones de ellos viven en México.

En México la prevalencia de sobrepeso y obesidad juvenil e infantil se encuentra en aumento, así como de enfermedades cardiovasculares, diabetes y altos niveles en el perfil lipídico esto debido a una deficiente alimentación. Para contrarrestar estas enfermedades se han diseñado diversas estrategias, algunas en el área de alimentos, buscando producir alimentos funcionales con menos calorías o con ingredientes que promuevan un mayor gasto energético; uno de los compuestos prometedores es el ácido linoléico conjugado (CLA), el cual tiene efecto en diversos aspectos de la obesidad como son la composición corporal, el aumento de masa magra, la reducción de la masa grasa, como efectos benéficos en el perfil lipídico, entre otros.

Por ello en el presente trabajo se desarrolló un yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado en esferas de quitosán-alginato, empleando la centrifugación como operación unitaria de separación de la grasa contenida en la leche, en la cual, posteriormente se incorporó inulina como agente prebiótico y como agente probiótico *Lactobacillus rhamnosus*, evaluando su viabilidad donde su supervivencia fue ascendente con el paso del tiempo, comenzando con una concentración de 2.19×10^{10} UFC/g de tal manera que se pueda ejercer un beneficio en la salud del consumidor. A la leche fermentada (yogurt), se le adicionaron esferas de quitosán con alginato conteniendo CLA. Se elaboraron las esferas partiendo de concentraciones ya reportadas (quitosán 1% + alginato 2% y CaCl_2 al 0.5M). Debido al aporte benéfico del CLA y a la incorporación de prebióticos y probióticos se procedió a realizar un perfil lipídico a un consumidor durante un mes de consumir el yogurt en una presentación de 250g conteniendo aproximadamente 1.5g de CLA por yogurt. Obteniendo diferencias significativas en los niveles de colesterol mientras que en los niveles de triglicéridos no hubo una diferencia significativa al concluir el tratamiento. Por otro lado, la variación en la disminución de la masa grasa y aumento

en la masa magra no se observó una diferencia significativa.

Respecto al valor nutritivo del yogurt se mantuvo con un aporte del 2.92% de proteínas, 9.25% de carbohidratos, 0.1% de grasa y con una aceptable calidad sanitaria el yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, resultó tener una buena aceptación sensorial.

INTRODUCCIÓN

La población mundial se ve cada vez más afectada por enfermedades crónicas degenerativas como la obesidad y la diabetes, problemas que en parte pueden ser consecuencia de una alimentación deficiente. La Organización Mundial de la Salud reporta que existen 1,600 millones de adultos con sobrepeso y obesidad en donde al menos 600 millones de éstos presentan obesidad (OMS, 2017) y cerca de 70 millones de ellos viven en México, (ENSANUT, 2016). Un posible enfoque para combatir esto, es la producción de alimentos funcionales, los cuales más allá del aporte nutrimental, contienen componentes biológicamente activos que ejercen efectos beneficiosos, desempeñando una función específica en las funciones fisiológicas y biológicas del organismo humano, independientes de la nutrición básica que se pueden incorporar a los alimentos, y pueden reducir enfermedades crónicas (Fuentes, et al., 2015). Buscando producir alimentos con menos calorías o con ingredientes que promuevan un mayor gasto energético, un ingrediente que ha demostrado tener propiedades benéficas en el cuerpo humano es el ácido linoléico conjugado (CLA) (González, et al., 2010).

Se ha descubierto que el CLA se ha presentado como una molécula bioactiva benéfica para la salud, que ayuda a nivelar el contenido de grasa corporal, causa mejoras en la diabetes, mejora el metabolismo lipídico, mejora la respuesta inmune del cuerpo y previene efectos anticancerígenos entre otros (Sánchez, et al., 2014).

El CLA es un grupo de ácidos grasos poliinsaturados que se encuentra de manera natural en una amplia variedad de alimentos como isómeros geométricos y posicionales del ácido linoléico (AL). Los principales organismos productores de CLA son los rumiantes, debido principalmente a la bioisomerización del AL por la compleja microflora que poseen en su sistema digestivo. Es por ello que el CLA se puede encontrar de forma natural en la carne principalmente en ganado vacuno, ovino y caprino, y en la leche y sus derivados en cantidades más pequeñas, así como también en una variedad de aceites vegetales (Sosa-Castañeda, et al., 2014).

Se sabe que el consumo de dietas con un elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados y/o monoinsaturados, es considerado beneficioso para la prevención de distintas enfermedades. Por el contrario, un elevado consumo de ácidos grasos

saturados y de ácidos grasos con isomería trans puede tener consecuencias negativas para la salud, entre otros efectos. Sin embargo, en los últimos años se ha planteado que algunos isómeros trans del ácido linoléico, particularmente sus formas conjugadas, podrían tener efectos beneficiosos en la salud humana, asociados a las enfermedades antes mencionadas (Obregón, et al., 2011).

El CLA es considerado como un aditivo seguro por la FDA y el Codex *Alimentarius*, por lo que en algunos países ya existen productos adicionados con CLA, principalmente productos lácteos (González, et al., 2010; GRAS, 2007). Es por esto, que el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un yogurt bajo en grasa saturada con la adición de CLA encapsulado en esferas de quitosán-alginato.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1 Obesidad y sobrepeso

La obesidad es una enfermedad crónica y multifactorial, caracterizada por la acumulación de un exceso de grasa corporal con efecto perjudicial para la salud. A veces va asociada a complicaciones graves (diabetes, enfermedad cardiovascular, cáncer, enfermedades digestivas, respiratorias) y se ha convertido en la segunda causa de mortalidad prematura después del tabaco (Chamorro, 2011).

Su prevalencia va en aumento, afectando a más del 15% de la población adulta en países industrializados (25-60 años), siendo más prevalente en mujeres que en varones, en ancianos y en aquellos grupos sociales con un nivel de renta y educativo más bajo. El sobrepeso afecta a casi el 40% de la población adulta (Chamorro, 2011).

El sobrepeso y la obesidad se definen según la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Según datos de la propia OMS, En 2014, el 39% de las personas adultas de 18 o más años tenían sobrepeso, y el 13% eran obesas.

A nivel mundial, el sobrepeso y la obesidad están vinculados con un mayor número de muertes que la insuficiencia ponderal. En general, hay más personas obesas que con peso inferior al normal. En 2014, más de 1900 millones de adultos de 18 o más años tenían sobrepeso, de los cuales, más de 600 millones eran obesos. Alrededor del 13% de la población adulta mundial (un 11% de los hombres y un 15% de las mujeres) eran obesos. Así mismo el 39% de los adultos de 18 o más años (un 38% de los hombres y un 40% de las mujeres) tenían sobrepeso (OMS, 2017).

La forma más efectiva para conocer el grado de obesidad y sobrepeso en las personas es de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC). El IMC es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla que se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos. Se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros $IMC = \text{kg}/\text{m}^2$ (SSA, 2018).

De acuerdo con criterios establecidos por la OMS, se considera que una persona tiene sobrepeso cuando su IMC rebaza los estándares establecidos como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de obesidad por índice de masa corporal (IMC) y circunferencia de la cintura.

IMC	Clasificación	Rangos
< 18.5	Peso insuficiente	Menos de 50 kg.
18.5 – 24.9	Peso normal	Entre 50.98 - 68.86 kg.
25 – 26.9	Sobrepeso grado I	Entre 68.89 - 74.37 kg.
27 – 29.9	Sobrepeso grado II (pre obesidad)	Entre 74.4 – 82.64 kg.
30 – 34.9	Obesidad de tipo I	Entre 82.67 – 96.42 kg.
35-39.9	Obesidad de tipo II	Entre 96.45 – 110.2 kg.
40-49.9	Obesidad de tipo III (mórbida)	Entre 110.22 – 137.75 kg.

Fuente: OMS, 2017.

El IMC proporciona la medida más útil del sobrepeso y la obesidad en la población, pues es la misma para ambos sexos y para los adultos de todas las edades; Sin embargo, hay que considerarla como un valor aproximado porque puede no corresponderse con el mismo nivel de grosor en diferentes personas.

La Obesidad actualmente representa la segunda causa de mortalidad prematura y evitable después del tabaco. Un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud estimó que en 2020 estas cifras podrían aumentar a 2300 y 700 millones respectivamente, si no se toman medidas urgentes de prevención (OMS, 2017).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), ha dado a conocer el informe Obesity Update 2017, en él se muestran los datos relativos a la situación del sobrepeso y la obesidad como se muestra en la figura 1. En la actualidad Estados Unidos es el país con mayor número de personas con sobrepeso u obesidad en el mundo con el 38.2% del total de su población; mientras que México con el 32.4% y Nueva Zelanda con el 30.7% ocupan el segundo y tercer lugar. Por otro lado, países asiáticos como Japón y Corea poseen el menor índice de personas con este problema con tan sólo el 3% cada uno.

La media de la tasa de sobrepeso y obesidad de los países de la OCDE se establece en un 19'5% de la población adulta y en un 17% de la población infantil, por otro lado, se prevé que seguirá creciendo de forma constante al menos se estima que más de dos de tres personas tendrán sobrepeso u obesidad en el año 2020.

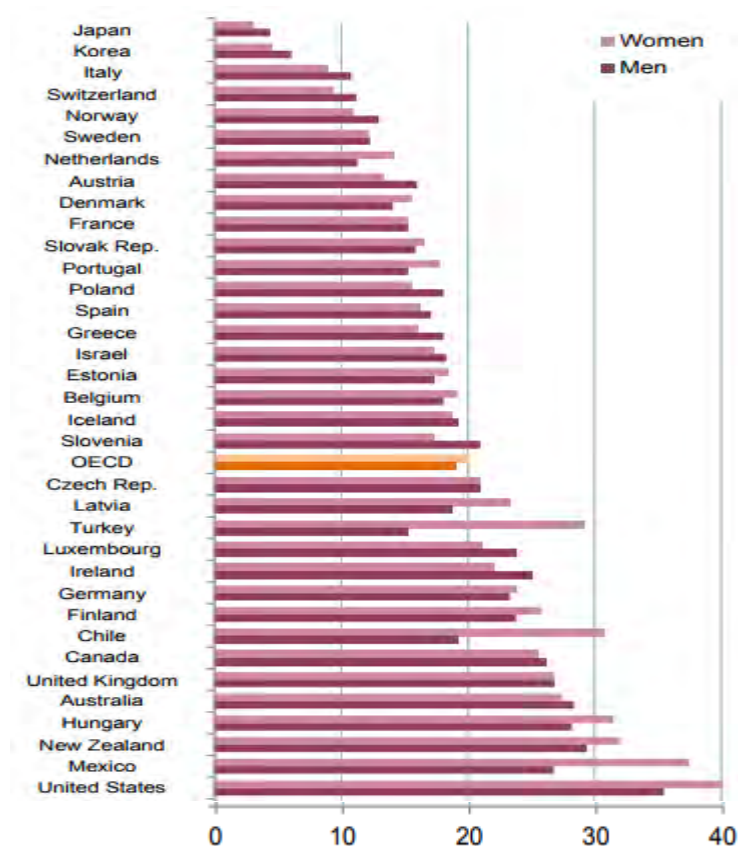


Figura 1. Datos estadísticos de la OCDE, Ranking obesidad en hombres y mujeres. 2017.

Fuente: OCDE, 2017.

1.1.1 Obesidad en México

La obesidad es el principal factor de riesgo modificable para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (las dos principales causas de mortalidad), entre otras complicaciones.

A pesar de que es considerado un país en vías de desarrollo, ocupa el segundo lugar en el índice de personas con sobrepeso y obesidad. Esto se debe básicamente a la gran influencia que recibe del estilo de vida norteamericano, sobre todo en las ciudades de muchos estados del país. Influencia que se refuerza mediante el estrecho vínculo económico y comercial existente entre México y algunos países desarrollados como Estados Unidos (Barquera, et al., 2012).

El 70% de los mexicanos padece sobrepeso y casi una tercera parte sufre de obesidad, es decir, aproximadamente 7 de cada 10 adultos tienen exceso de peso además, esta enfermedad se asocia principalmente con la diabetes y enfermedades

cardiovasculares, pero también con trastornos óseos y musculares y algunos tipos de cáncer (SSA, 2018). En los niños, la obesidad infantil se asocia a una mayor probabilidad de muerte prematura, así como de obesidad y discapacidad en la edad adulta.

De acuerdo con la información en el ámbito nacional, la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en la población en adultos la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue de 71.2% según la ENSANUT 2012 y de 72.5% en la ENSANUT 2016 (Figura 2).

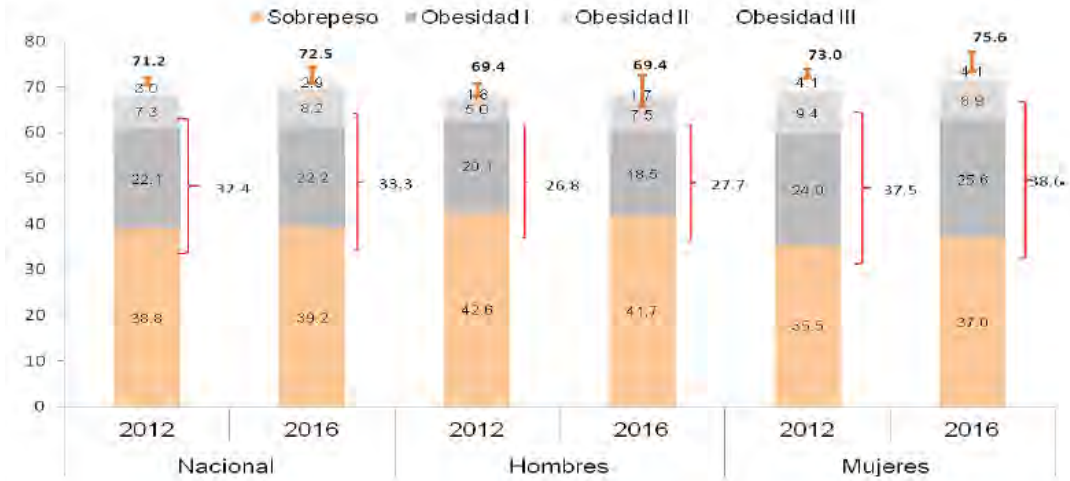


Figura 2. Prevalencia de sobrepeso y obesidad, en la ENSANUT 2012 y ENSANUT MC 2016.

Fuente: ENSANUT, 2012 y ENSANUT MC, 2016.

Al categorizar por sexo en la ENSANUT 2016, se observa que la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad (IMC ≥ 25 kg/m²) es mayor en las mujeres (75.6%) que en los hombres (69.4%); y que la prevalencia de obesidad (IMC ≥ 30 kg/m²) es también más alta en el sexo femenino (38.6%) que en el masculino (27.7%). Asimismo, la categoría de obesidad mórbida (IMC ≥ 40.0 kg/m²) es 2.4 veces más alta en mujeres que en hombres.

Por tipo de localidad, la prevalencia de sobrepeso fue 11.6% más alta en las localidades rurales que en las urbanas (Figura 3), y la prevalencia de obesidad fue 16.8% más alta en las localidades urbanas que en las rurales. En la categorización por regiones, la prevalencia de obesidad fue mayor en la región Norte que en el Centro (-22.2%), Ciudad de México (-11.4%) y región Sur (-8.2%).

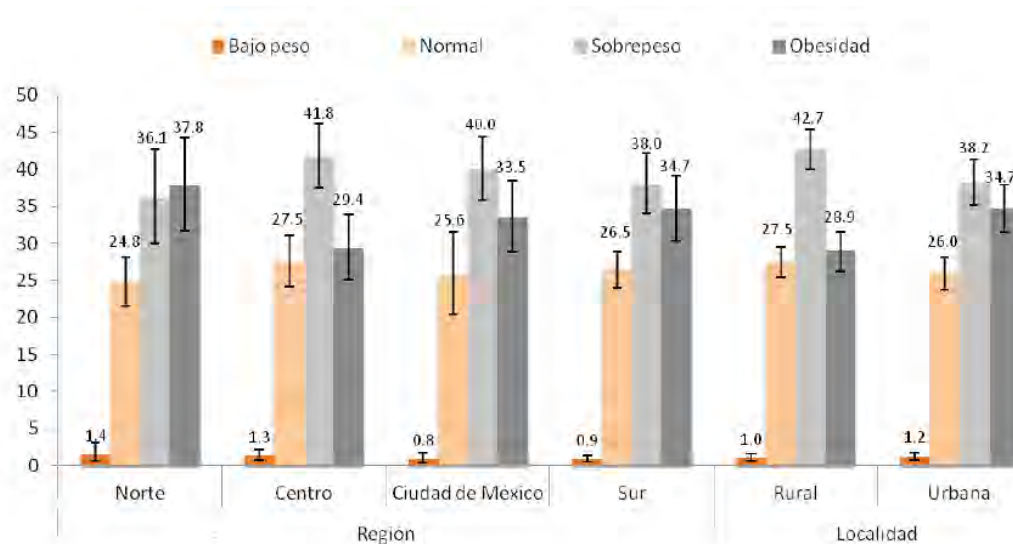


Figura 3. Comparación de las categorías de IMC, de acuerdo a la región del país y tipo de localidad.

Fuente: ENSANUT, 2016.

1.1.2 Causas de la Obesidad y el Sobrepeso

La causa fundamental es un desequilibrio energético entre calorías consumidas y gastadas. En el mundo, se ha producido un aumento en la ingesta de alimentos hipercalóricos (que son ricos en grasa, sal y azúcares, bajo en vitaminas, minerales y otros micronutrientes), y un descenso en la actividad física (como resultado de la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, de los nuevos modos de desplazamiento y de una creciente urbanización) (OMS, 2017).

Las causas que pueden llevar a una persona a presentar un alto nivel de sobrepeso u obesidad son muy variadas pues, aunque algunos casos se relacionan con problemas genéticos la gran mayoría tienen su origen en el estilo de vida sedentario que prevalece en las grandes ciudades.

Los hábitos alimenticios poco saludables y la falta de ejercicio ocasionan el 32% de las muertes de mujeres y el 20% de hombres en el país. La causa más común es una ingesta hiperenergética (alto contenido en grasas y azúcares), en relación al consumo y generalmente asociada a una falta de ejercicio físico. Todo ello se refleja en una morfología, Cada año mueren en el mundo 2.8 millones de personas debido al sobrepeso o la obesidad (SSA, et al., 2013).

1.1.3 Consecuencias de la Obesidad y Sobrepeso

Un IMC elevado es un importante factor de riesgo de enfermedades no transmisibles, como las siguientes:

- Las enfermedades cardiovasculares (principalmente las cardiopatías y los accidentes cerebrovasculares), que fueron la principal causa de muertes en 2012.
- Diabetes tipo 2
- Los trastornos del aparato locomotor (en especial la osteoartritis, una enfermedad degenerativa de las articulaciones muy discapacitante).
- Algunos cánceres (endometrio, mama, ovarios, próstata, hígado, vesícula biliar, riñones y colon).

El riesgo de contraer estas enfermedades no transmisibles crece con el aumento del IMC.

- La obesidad infantil se asocia con una mayor probabilidad de obesidad, muerte prematura y discapacidad en la edad adulta. Sin embargo, además de estos mayores riesgos futuros, los niños obesos sufren dificultades respiratorias, mayor riesgo de fracturas e hipertensión, y presentan marcadores tempranos de enfermedades cardiovasculares, resistencia a la insulina y efectos psicológicos (OMS, 2017).

1.2 Diabetes

La Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM 2) es una enfermedad de importancia creciente tanto en los países desarrollados como en las naciones en vías de desarrollo, ya sea porque se mide su importancia a través de su incidencia, prevalencia, o mortalidad, en los últimos años, la incidencia de la DM 2 ha aumentado progresivamente. La DM 2 es un problema de salud que afecta entre el 2 y el 5% de la población mundial, es una pandemia en aumento, según consideraciones de la OMS, el 44% de los casos de diabetes mellitus tipo 2 son atribuibles al sobrepeso y la obesidad.

La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad crónica que aparece cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. La carga de morbilidad de la diabetes está aumentando en todo el mundo, y en particular en los países en

desarrollo. (SSA, et al., 2013).

En el mundo hay más de 347 millones de personas con diabetes, se calcula que en 2004 fallecieron 3.4 millones de personas por esta causa, más del 80% de las muertes por diabetes se registran en países de ingresos bajos y medios, casi la mitad de esas muertes corresponden a personas de menos de 70 años y un 55% a mujeres; La OMS prevé que las muertes por diabetes se dupliquen entre 2005 y 2030. La dieta correcta, la actividad física regular, el mantenimiento de un peso corporal normal y el evitar el consumo de tabaco y de alimentos procesados con niveles altos en azúcares pueden prevenir o retrasar la aparición de la diabetes tipo 2 (SSA, et al., 2013).

En las personas con diabetes el riesgo de muerte es al menos dos veces mayor que en las personas sin diabetes. En nuestro país este problema presenta una dimensión más crítica, toda vez que la OCDE ubica a México en el primer lugar en la prevalencia de diabetes mellitus en la población de entre 20 y 79 años (Figura 4).

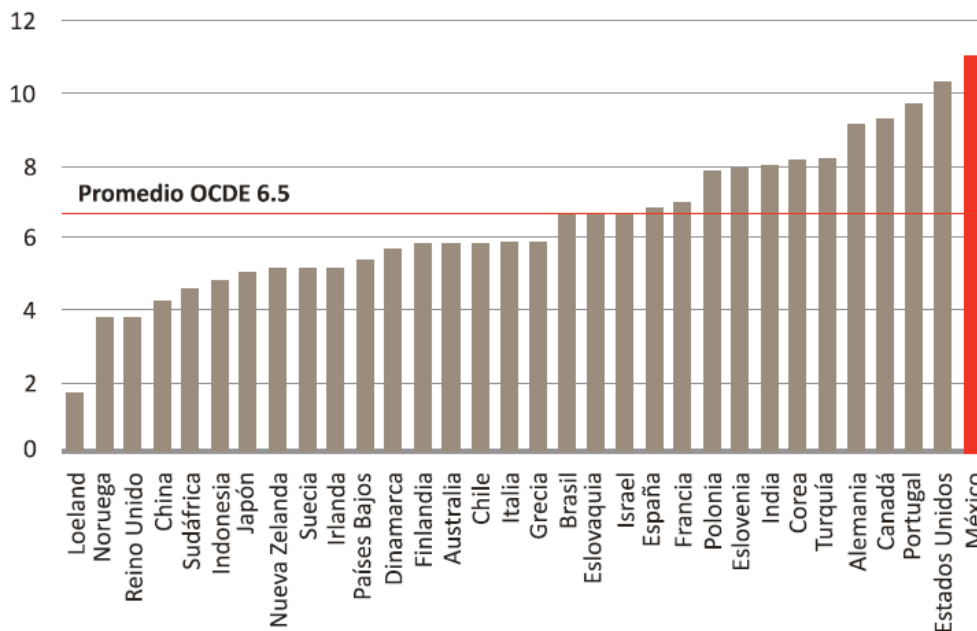


Figura 4. Prevalencia de Diabetes mellitus en población adulta entre 20 y 79 años de edad. Países de la OCDE 2011.

Fuente: Health at a Glance OCDE, 2011.

En México, los cambios socioculturales que acompañan al estilo de vida occidental han llevado a que, en menos de cuatro décadas, la diabetes se haya convertido en el

problema principal de salud pública en México, y se haya convertido en la principal causa de muerte en mujeres y la segunda entre los hombres a partir del año 2000. Se estima que para el año 2025 cerca de 11.7 millones de mexicanos tendrán diabetes (ENSANUT, 2016).

La prevalencia del diagnóstico de diabetes (10.3% de las mujeres y 8.4% de los hombres) fueron diagnosticados con diabetes como se muestra en la figura 5. Se observó un ligero aumento con respecto a la ENSANUT 2012 (9.2%) a la ENSANUT 2006 (7.2%) (Figura 5).

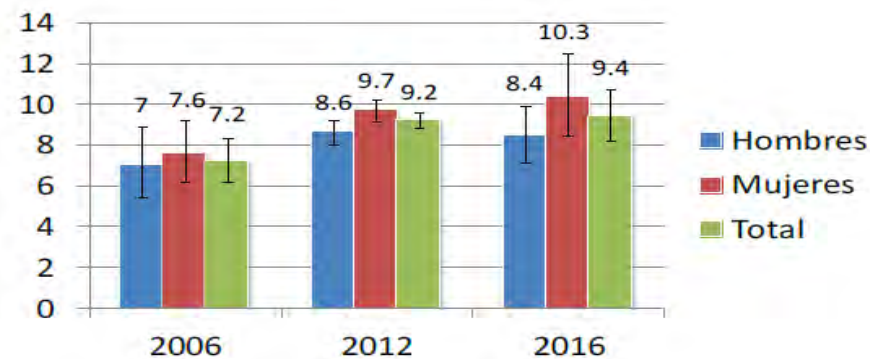


Figura 5. Prevalencia de diagnóstico de diabetes tipo 2 por sexo y edad. ENSANUT 2006, ENSANUT 2012 y ENSANUT MC 2016.

Fuente: ENSANUT, 2016.

1.2.1 Causas de la Diabetes

Las causas son complejas, pero en gran parte están relacionadas con el rápido aumento del sobrepeso, la obesidad y la inactividad física. La diabetes tipo 2, la forma más común de la enfermedad, es causada por varios factores, entre ellos, el estilo de vida, los genes, sobrepeso, obesidad e inactividad física (NIDDK, 2016).

Una persona tiene mayor probabilidad de desarrollar diabetes tipo 2 si no se mantiene físicamente activa y tiene sobrepeso u obesidad. Algunas veces, el exceso de peso causa resistencia a la insulina y es frecuente en personas con diabetes tipo 2. La ubicación de la grasa corporal también tiene importancia. El exceso de grasa en el vientre está vinculado con la resistencia a la insulina, la diabetes tipo 2 y las enfermedades del corazón y los vasos sanguíneos, aproximadamente la mitad de las muertes atribuibles a la diabetes tipo 2 tienen lugar antes de los 70 años de edad. Según proyecciones de la OMS, la diabetes será la séptima causa de mortalidad en 2030.

1.2.2 Consecuencias de la Diabetes

- Con el tiempo, puede dañar el corazón, los vasos sanguíneos, ojos, riñones y nervios.
- Los adultos con diabetes tienen un riesgo 2 a 3 veces mayor de infarto de miocardio y accidente cerebrovascular.
- Las neuropatías de los pies combinada con la reducción del flujo sanguíneo incrementan el riesgo de úlceras de los pies, infección y, en última instancia, amputación.
- La retinopatía diabética es una causa importante de ceguera y es la consecuencia del daño de los pequeños vasos sanguíneos de la retina que se va acumulando a lo largo del tiempo. El 2,6% de los casos mundiales de ceguera es consecuencia de la diabetes tipo 3
- La diabetes se encuentra entre las principales causas de insuficiencia renal.

1.3 Colesterol y triglicéridos

En el organismo existen tres tipos de lípidos, los simples, cuyo principal representante son los triglicéridos (TG) que constituyen el almacén de energía; los lípidos compuestos, que resultan de la unión de los lípidos simples y otras moléculas no lipídicas como fósforo, proteínas o hidratos de carbono y el tercer grupo son los lípidos derivados de la hidrólisis de lípidos de los otros dos grupos y que incluyen las vitaminas liposolubles y los esteroides como el colesterol (Chamorro, 2011).

Los lípidos desempeñan diversas funciones biológicas: como reserva energética (cada gramo de grasa produce 9 kilocalorías), forman parte de diversas estructuras celulares (membranas), y también tienen función hormonal o de mensajeros químicos, facilitando determinadas reacciones químicas y actuando algunos esteroides como hormonas. En la obesidad, además de un exceso de lípidos en el tejido adiposo, suele existir una alteración de los niveles de lípidos sanguíneos, denominada hiperlipidemia o dislipemia, factor de riesgo en las enfermedades cardiovasculares y otras patologías (Chamorro, 2011).

El colesterol es una sustancia similar a la grasa e indispensable para la vida. Se encuentra en las membranas celulares de nuestros organismos, desde el sistema nervioso al hígado y al corazón. El cuerpo necesita colesterol para fabricar

hormonas, ácidos biliares, vitamina D, y otras sustancias. Sin embargo, el aumento del colesterol en la sangre y su depósito en las arterias puede ser peligroso y producir aterosclerosis (estrechamiento o endurecimiento de las arterias por depósito de colesterol en sus paredes), en la tabla 2 se muestran los valores normales y elevados del colesterol y TG (Fundación H. F., 2018).

El colesterol es insoluble en los medios acuosos, por lo que se transporta en las lipoproteínas, constituidas por una parte lipídica o acuosa y otra proteica. Existen dos tipos diferentes de lipoproteínas que transportan el colesterol en la sangre:

- Lipoproteínas de baja densidad o LDL, que también se conocen como colesterol “malo”. Son las lipoproteínas encargadas de transportar el colesterol a los tejidos para su utilización, incluyendo las arterias. La mayor parte del colesterol en sangre es colesterol LDL (c-LDL). Cuanto mayor sea el nivel de colesterol LDL en sangre, mayor es el riesgo de enfermedad cardiovascular.
- Lipoproteínas de alta densidad, o HDL, también conocidas como colesterol “bueno”, porque son las encargadas de recoger el colesterol de los tejidos y transportarlo al hígado para su eliminación a través de la bilis. Un nivel bajo de colesterol HDL (c-HDL) aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular.

Los Triglicéridos son grasas que se encuentran en determinados alimentos y también se producen en el hígado, circulan en la sangre mediante unas lipoproteínas que se producen en el intestino y en el hígado y se transportan a los tejidos donde se utilizan como una reserva de energía para cubrir las necesidades metabólicas de los músculos y el cerebro (Fundación H. F., 2018).

Los triglicéridos circulantes son alimentos grasos ingeridos o de la síntesis del hígado a partir de otros nutrientes (hidratos de carbono), el exceso de calorías que consumimos y no son utilizadas se depositan en triglicéridos, en nuestros músculos y tejido adiposo (como fuente de energía) y son gradualmente liberados de acuerdo con las necesidades de energía de nuestro organismo (SSA2, 2002).

Tabla 2. Valores normales y elevados del perfil lipídico.

Colesterol total	
Por debajo de 200 mg/dl	Deseable
200-239 mg/dl	Límite alto
240 mg/dl	Alto
Por debajo de 180 mg/dl (menor de 18 años)	Deseable

Colesterol LDL	
Por debajo de 100 mg/dl	Óptimo o ideal
100-129 mg/dl	Bueno
130-159 mg/dl	Límite alto
160-189 mg/dl	Alto
190 mg/dl y superior	Muy alto

Colesterol HDL	
Menos de 40 mg/dl	Factor de riesgo cardiovascular
60 mg/dl y superior	Mayor protección contra la enfermedad cardiovascular

Triglicéridos	
Por debajo de 150 mg/dl	Deseable
150-199 mg/dl	Límite alto
200-499 mg/dl	Altos
Superiores a 500 mg/dl	Existe riesgo de pancreatitis

Fuente: Fundación Hipercolesterolemia Familiar, 2018.

El colesterol y triglicéridos alto son uno de los factores de muerte en el mundo, son considerados riesgos globales de la salud mediante la OMS.

1.3.1 Causas del colesterol y triglicéridos

Las causas más frecuentes de aumento de los triglicéridos, cuando se encuentran más triglicéridos de los normales, el padecimiento se llama hipertrigliceridemia, se debe al sobrepeso, obesidad, el exceso de alcohol, la inactividad física, una dieta muy alta en hidratos de carbono (60% o más de las calorías) especialmente si son refinados y el tabaquismo (SSA2, 2002).

Tres nutrientes de la dieta pueden elevar los niveles de colesterol LDL:

- Grasa saturada, un tipo de grasa que se encuentra en los alimentos de origen animal.
- Ácidos grasos “trans”, se encuentran principalmente en alimentos elaborados con aceites y grasas hidrogenadas.

- Colesterol, que procede solamente de productos de origen animal.
- Sobrepeso. El exceso de peso tiende a aumentar su colesterol LDL. También aumenta los triglicéridos y baja el colesterol HDL. Perdiendo algunos kilos cuando hay sobrepeso ayudamos a bajar el colesterol LDL y los triglicéridos, y al mismo tiempo subimos el colesterol HDL.

1.3.2 Consecuencias del Colesterol y Triglicéridos

El aumento en las cifras de colesterol en sangre y su depósito en las arterias origina la enfermedad aterosclerótica cardiovascular que es la principal causa de mortalidad (Fundación, H.F., 2018).

La enfermedad aterosclerótica incluye las enfermedades:

- Coronaria (infarto de miocardio).
- Cerebrovascular (infarto cerebral o ictus).
- Enfermedad arterial periférica (claudicación o dolor en las piernas).
- Pancreatitis aguda (triglicéridos muy altos).

El colesterol elevado es uno de los principales factores de riesgo cardiovascular, junto con el tabaco, la hipertensión arterial y la diabetes mellitus.

1.4 Recomendaciones en la dieta

- Disminuir el consumo de grasas o cambie el tipo de grasas consumidas:
 Eliminar grasas saturadas y grasas trans. La Grasa saturada, un tipo de grasa que se encuentra en los alimentos de origen animal y en algunos aceites vegetales como el de palma, palmiste y coco. Cambie su dieta a los aceites saludables tales como: aceite de oliva extra virgen, aceite de canola, aceite de pescado) (FHF, 2018).
- Los Ácidos grasos “trans”, se encuentran principalmente en alimentos elaborados con aceites y grasas hidrogenadas como bollería industrial, snacks, palomitas de microondas, helados y patatas fritas de sobre. Cambiar el tipo de grasas de su dieta puede reducir el colesterol LDL en un 10-20%. El aceite de pescado puede elevar el HDL tanto como 5-10% (SSA2, 2002). Reducir las grasas saturadas comiendo productos lácteos libres en grasa (GeoSalud, 2018). Incrementar comidas con ácidos grasos contenidos en:

- Pescado de agua fría: la cábala, trucha de lago, arenques, sardinas, atún, salmón, Mariscos.
- Linaza.
- Frutas y semillas secas: nueces, almendras, germen de trigo, frijol.
- Eliminar frituras, mantequilla, manteca y azúcar.
- La carne debe ser asada o al vapor.
- Ácidos grasos omega 3 y 6.
- Alimentarse de frutas y verduras.

Para reducir las grasas y el colesterol en la dieta, se sugiere:

- Limitar el colesterol a 200 miligramos (mg) o menos al día.
- Disminuir la cantidad total de grasas que consume a 20-35% o menos del total de tus calorías diarias.
- Disminuir las grasas saturadas al 7% o menos por día.
- Consumir alimentos funcionales.
- Aumentar el consumo alimentos ricos en fibra en unos 20-30 gramos por día puede reducir el colesterol LDL un 10-15% (GeoSalud, 2018).

1.5 Ácidos grasos esenciales

Se denominan ácidos grasos esenciales al grupo de ácidos que el organismo no puede sintetizar y por lo cual tienen que ser ingeridos a través de los alimentos.

Los ácidos grasos esenciales son dos: el ácido linoléico (AL), precursor del ácido graso omega-6, y el ácido alfa-linolénico (AAL), precursor del ácido graso omega-3. Estos, son componentes intrínsecos de las membranas celulares y son relacionados con la neurotransmisión, ambos son necesarios para el crecimiento y la reparación de las células, además de ser utilizados para producir otros ácidos grasos ejemplo: el ácido linoléico conjugado (CLA) (Ayala 2009).

1.6 CLA (Ácido linoléico conjugado)

El término “ácido linoléico conjugado” (CLA por sus siglas en inglés: *conjugated linoleic acid*) se refiere a una mezcla de isómeros posicionales, conjugados, y con isomería cis-trans del ácido linoléico como se muestra en la figura 6. El CLA es un ácido graso poliinsaturado formado por 18 carbonos y dos dobles enlaces

conjugados separados por un único enlace simple los cuales pueden encontrarse en las cuatro configuraciones geométricas: cis, trans; trans, cis; cis, cis o trans, trans, y en las posiciones: 7,9; 8,10; 9,11; 10,12; 11,13 y 12,14 (Marina, 2015). El término “conjugado” se utiliza para describir un grupo de isómeros posicionales y geométricos cuyos dobles enlaces no están separados por un grupo metilénico. Entre los isómeros del CLA, la configuración cis 9 trans 11 es la más activa biológicamente y abundante pues se considera que representa entre el 80 - 90% del total de CLA seguida por las configuraciones trans-7, cis -9 y trans-10, cis-12 (Sanhueza et al., 2002).

1.6.1 Propiedades biológicas del CLA

Los dos principales isómeros de CLA con mayor actividad biológica ejercen efectos benéficos tanto en animales como en humanos. El ácido ruménico (RA; C18:2 cis-9, trans-11) es el principal compuesto del CLA, (constituye aproximadamente el 80% del total de ácido linoléico conjugado presente en los alimentos en forma natural, (González, et al., 2010); está asociado con propiedades anticarcinógenas, antiaterogénicas, antidiabéticas y con estimulación del sistema inmune, mientras que C18: 2 trans-10, cis-12) parece reducir el porcentaje de grasa corporal, tiene propiedades para aumentar la masa corporal magra y mejorar el metabolismo lipídico, está presente principalmente en estas mezclas sintéticas de CLA (Baddini, 2009).

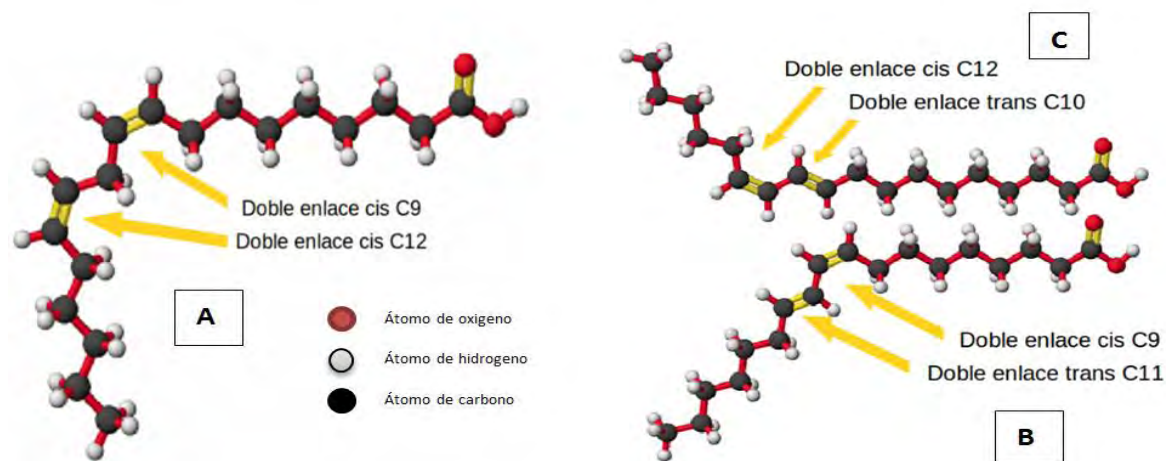


Figura 6. Estructura química del ácido linoléico (C18:2 cis-9, cis-12) (A) y de los isómeros trans-10, cis-12 CLA (C) y cis-9, trans-11 CLA (B).

Fuente: Sanhueza et al., 2002.

Cabe mencionar que las preparaciones comerciales de CLA generalmente están compuestas en un 90% por una combinación de los isómeros c9, t11-CLA y t10, c12- CLA, generalmente en un 45% cada uno (Park, et al., 2007).

Desde las últimas décadas existe un gran interés en estos compuestos que han sido identificados como agentes anticancerígenos y antiaterogénicos, hipocolestoremicos, moduladores del sistema inmune, modificación en el metabolismo de los lípidos (reduce grasa corporal y aumenta proteína), causa mejoras en la diabetes mellitus tipo II, y presencia de propiedades moduladoras del sistema inmunológico y ejercer efectos antiinflamatorios tanto en animales como en humanos (Baddini, 2009).

1.6.2 Fuentes de obtención de CLA

El AL (18:2, 9c-12c), es un ácido graso esencial omega-6 muy abundante en el reino vegetal y también animal, la gran mayoría de los aceites vegetales (con algunas excepciones como el aceite de oliva, el de palma, o el aceite de coco) aportan cantidades significativas de AL, en la grasa animal también se le encuentra, junto con los ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Con la incorporación de una mejor tecnología para el análisis y la identificación de los ácidos grasos componentes de grasas, aceites o de muestras de tejidos (aplicación de cromatografía gaseosa capilar, HPLC de alta resolución, y espectrometría de masas), fue posible identificar que en toda muestra de aceite o de grasa, particularmente en aquellas de origen animal, siempre está presente una pequeña cantidad de CLA (Baddini, 2009).

El CLA se encuentra de forma natural en los alimentos obtenidos de animales rumiantes (ganado vacuno, ovino y caprino principalmente en el tejido graso), en concentraciones que varían entre 0.55 mg/g grasa y 26 mg/g grasa y en la leche y sus derivados en cantidades muy pequeñas que representan hasta el 0,65% del total de ácidos grasos. Las principales fuentes alimentarias de CLA son los productos lácteos en los que más del 80% de CLA están en forma de isómero cis-9, trans-11. El 20% restante consiste en varios isómeros menores, la leche y los productos lácteos son la fuente común más rica de CLA en productos alimenticios, de igual manera el CLA se obtiene también en forma sintética a través de la isomerización alcalina del AL en aceite de soja, maíz, o cártamo en cantidades menores (Baddini, 2009).

1.6.3 Producción de CLA

Los resultados presentados por los estudios en cuanto a los beneficios del CLA, han generado desarrollos encaminados hacia la producción más eficiente y práctica de este compuesto. En este sentido, los métodos de producción de CLA que han sido estudiados recientemente, comprenden tanto su producción vía metabólica en rumiantes a través del cambio de la dieta animal, así como su obtención por isomerización del AL vía reacción química principalmente en aceites vegetales o vía enzimática, e incluso su producción mediante fermentación microbiana (Kelly, 1998) con intervención de la ingeniería genética (Nuñez, 2010).

Producción Ruminal

En cuanto a la producción de CLA por formación en el rumen de bovinos, ovinos y caprinos, los estudios muestran que la manipulación de la dieta a incrementando el consumo de fuentes ricas en AL (aceite de girasol, cártamo, maíz, soya algunas semillas como la de algodón), influyen la formación de este compuesto en la cavidad ruminal (Nuñez, 2010).

La ruta metabólica para la producción de CLA en leche y carne de rumiantes presenta dos etapas, la primera es la biohidrogenación del AL por acción de la bacteria del rumen *Butyrivibrio fibrisolvens* encontrada y la segunda está relacionada con la conversión de ácido vaccénico en el hígado de los rumiantes o en la glándula mamaria (Baddini, 2009).

Producción Química

Diferentes investigaciones están siendo enfocadas a estudiar y buscar mecanismos y/o procesos que permitan producir cantidades mayores de CLA y de sus isómeros de interés, para posteriormente incorporarlos en diferentes tipos de grasas comestibles y poder aprovechar los beneficios profilácticos y terapéuticos que presentan. Dentro de los métodos disponibles para la producción de CLA se tiene la isomerización de algún ácido relacionado al CLA por medios biológicos y/o químicos. Actualmente, el CLA como suplemento dietario es producido por la isomerización de ácido linoleico en condiciones alcalinas reacción que genera diferentes co-productos transformándose en una mezcla de isómeros de los cuales no todos cuentan con

efectos biológicos (Lin, 2003). No obstante, estudios recientes han revelado que cada isómero puede tener diferentes efectos en el metabolismo y las funciones celulares actuando a través de diferentes vías metabólicas. Hasta la fecha, los procesos más eficientes y económicamente factibles involucran la síntesis química por isomerización en condiciones alcalinas, que permiten convertir el ácido linoléico a CLA (Nuñez, 2010).

Isomerización química CLA

El CLA puede ser obtenido para propósitos industriales a partir de aceites vegetales, (de girasol, colza, lino, soja, cacahuete, maíz, algodón, cártamo y palma) que son procesados a elevadas temperaturas. Para ello se emplea como método básico con enfoque industrial la isomerización del AL por catálisis alcalina, mediante el uso de etilenglicol (tóxico) como solvente o propilenglicol e hidróxido de potasio o sodio o alcóxido de potasio como catalizador.

Actualmente se busca evitar la presencia de residuos de los solventes más utilizados (ej., etilenglicol, dimetil sulfóxido, etc.) en el producto final debido a su toxicidad. En contraste, con dichos solventes la toxicidad del propilenglicol es mínima o nula, permitiendo que los productos puedan ser utilizados en alimentos para consumo humano (Nuñez, 2010).

Estudios demuestran que comparando los diferentes tipos de aceites vegetales se llega a la conclusión que los aceites ricos en AL producen un incremento mayor de las concentraciones de CLA en productos alimenticios (tabla 3), aunque otros tipos de aceites vegetales, como el lino y la colza, también se utilizan con éxito para enriquecer la leche con CLA (Marina, 2015).

Tabla 3. Principales ácidos grasos (g/100 g de ácidos grasos totales) presentes en diferentes aceites vegetales.

Ingredientes	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
Algodón ¹	0,8	25,3	-	2,8	17,1	53,2	0,1
Colza ¹	-	4,3	0,3	1,7	59,1	22,8	8,2
Soja ¹	0,2	10,7	0,3	3,9	22,8	50,8	6,8
Girasol ¹	0,1	5,5	-	3,6	21,7	68,5	0,1
Cacahuete ¹	-	11,5	-	3,0	53,0	26,0	-
Cártamo ¹	-	8,0	-	3,0	13,5	75,0	0,5
Oliva ¹	-	13,0	1,0	2,5	74,0	9,0	-
Lino ¹	-	6,4	-	3,1	20,1	18,2	51,4
Palma ²	1,1	44,0	0,3	4,5	39,2	10,1	0,4
Gérmén de maíz ³	0,5	11,4	1,2	1,7	25,3	53,3	3,3

Fuente: Marina, A. S., 2015.

Producción de CLA por bacterias lácticas

El creciente interés por la posible capacidad de los cultivos lácticos para incrementar el contenido de CLA en alimentos, ha permitido el desarrollo de un variado número de estudios en los cuales diferentes cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterias* y *Propionibacterias* de reconocido uso probiótico bajo condiciones controladas en medios de laboratorio presentaron habilidad para la formación de CLA a partir de la isomerización de AL (Sosa, 2014; Nuñez, 2010). En algunos de los microorganismos evaluados se ha demostrado la presencia del enzima ácido linoleico isomerasa (ALI) la cual es capaz de convertir AL en CLA (Lin 2003). Por lo cual, la producción de CLA vía fermentativa es una alternativa interesante. Las bacterias ácido lácticas pueden realizar reacciones de transformación de ácidos grasos, tales como isomerización, hidratación, deshidratación y saturación de acuerdo con los resultados registrados, tales funciones únicas permiten pensar en nuevos usos de estos probióticos incrementando su valor en los productos en los cuales son empleados (Ogawa et al., 2005).

Cepas de los géneros *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Propionibacterium*, *Streptococcus* y *Lactobacillus* principalmente este último género como se muestra en la tabla 4, han sido identificadas como productoras de ALC a partir de ácidos grasos polinsaturados como el AL. Se indica, además, que la producción de ALC puede aumentar mediante reacciones de biohidrogenación del AL por *Bifidobacterias* y algunos otros microorganismos (Sosa, 2014).

Diferentes estudios han evaluado la capacidad productora de CLA de ciertas

Bacterias Ácido Lácticas (BAL) en medio de cultivo suplementado con una fuente de AL como sustrato, bajo diferentes condiciones de temperatura, tiempos de incubación, diferentes sustratos y pH (Alonso et al., 2003). Cabe mencionar que la concentración de CLA en los productos lácteos fermentados está influenciada por la cantidad inicial de CLA en la leche, el tipo de procesamiento, las BAL utilizadas en la fermentación y los prebióticos (Nuñez, 2010).

Tabla 4. Resultados de producción de CLA con *Lactobacillus* utilizando diferentes sustratos.

Cepa	Medio	c9, t11 %	t9, t11%	Otro%	t10, c12%	Productividad	Referencia
Cultivo <i>yogur</i>	c ^h /hSO	79		21		0.90 mg/g	Xu, 2004
<i>Butyrovibrio fibrisolvens</i>	r/LA	95				220mg/L	Kim, 2003
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	r/LA	67	33			4900 mg/L	Ogawa, 2001
<i>Lactococcus lactis I-01</i>	c/SF					11 mg/g	Kim, 2002
<i>Lactobacillus plantarum</i>	r/LA	38	62			40000 mg/L	Kishino, 2002
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	c/LA	85	5		10	131 mg/L	Alonso, 2003
<i>Lactobacillus casei</i>	c/LA	85	3		12	111 mg/L	Alonso, 2003
<i>Lactobacillus reuteri</i>	r/LA	59			41	300 mg/L	Lee, 2003
<i>Lactobacillus plantarum</i>	r/RA	21	79			2400 mg/L	Ando, 2003
<i>Lactobacillus plantarum</i>	r/COe	26	74			2700 mg/L	Ando, 2004
<i>Lb. Acidophilus 74-2</i>	ch/hSO	48		52		0.94 mg/g	Xu, 2004
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	c/hSO	58		42		1.68mg/g	Xu, 2005
<i>LactobacillusDelbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	r/LAj	56	26	2	16	208 mg/L	Lin, 2005
<i>LactobacillusDelbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	r/LA	15	8	27	50	41.8 mg/L	Lin, 2002
<i>LactobacillusDelbrueckii</i> ssp. <i>Bulgaricus</i>	e/LA	36	1	11	52	1.7 mg/L	Lin, 2002

C: Cultivo, r: reacción celular, e: extracto enzimático, LA: ácido linoleico, RA: ácido ricinoleico, CO: aceite de castor; SF: aceite de girasol; hSO: aceite hidrolizado de soya. ^c µg·mg⁻¹ proteína. ^d mg/g grasa ^e Lipasa adicionada ^f cis-9, trans-11 isómero. ^h Leche, ⁱ células inmovilizadas.

Fuente: Bisig et al. 2007.

1.6.4 Beneficios del CLA a la salud del consumidor

El ácido linoléico conjugado ha recibido especial atención dados sus efectos benéficos para la salud. Autores como (Pariza et al., (1985), Belury (1997), han realizado publicaciones en las que demuestran sus efectos como anticancerígeno, anti arteriosclerosis, anti obesidad y su efecto positivo en la disminución del colesterol. En estudios adicionales atribuyeron la reducción de la incidencia de cáncer mamario en estudios en animales principalmente y humanos (Nuñez, 2010).

Mediante la extrapolación de ensayos en animales se deduce que 3 g de CLA / día es la dosis para obtener efectos beneficiosos en humanos (Rodríguez, 2009). Se sabe que el consumo de dietas con un elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados y/o monoinsaturados, es considerado beneficioso para la prevención de distintas enfermedades. Por el contrario, un elevado consumo de ácidos grasos

saturados y de ácidos grasos con isomería trans puede tener consecuencias negativas para la salud, aumentando los niveles de colesterol circulante, entre otros efectos (Nuñez, 2010). Numerosos estudios han demostrado que el CLA, y más concretamente los isómeros cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12, producen efectos beneficiosos en diferentes especies animales y una gran efectividad en humanos (Miranda, 2014); como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Efectos del CLA en humanos

Isómero	Tiempo de tratamiento/dosis	Efecto	Autor	Modelo estudio
<i>Efectos en la reducción de grasa en humanos obesos</i>				
cis-9,trans-11-CLA	12 semanas; 3 g CLA/d	Aumento significativo en peso corporal	Risérus et al. (2004) ⁶	25H
Mezcla de isómeros CLA (Clarinol®)	6 meses; 3,4 g CLA/d	Disminución de la masa grasa 1% a los 3 meses y 3,4% a los 6 meses	Gaullier et al. (2007) ⁷	93M/93H
Mezcla de isómeros CLA	16 semanas; 6,4 g CLA/d	Reducción IMC y masa grasa	Norris et al. (2009) ⁸	35M
Productos cárnicos y lácteos enriquecidos con CLA procedentes de ganado de pastoreo	56 días; 1,17 g CLA/d	Ausencia de efecto en el peso corporal, la masa grasa y la muscular	Brown et al. (2011) ⁹	18M
<i>Efectos en la lipidemia</i>				
Mezcla de isómeros CLA	8 semanas; 0,7 g CLA/d: semanas 1-4, y 1,4 g CLA/d: semanas 5-8	Disminución significativa de colesterol HDL	Mougios et al. (2001) ¹⁰	13H/9M
Mezcla de isómeros CLA o 80:20 cis-9,trans-11 y trans-10,cis-12-CLA	8 semanas; 3 g 50:50 CLA/d o 3 g 80:20 CLA/d	Disminución de TG en el caso de la mezcla 50:50 y disminución de VLDL en el caso de la mezcla 80:20	Noone et al. (2002) ¹¹	18H/33M
Productos cárnicos y lácteos enriquecidos con CLA procedentes de ganado de pastoreo	56 días; 1,17 g CLA/d	Ausencia de cambios en CT, TG, HDL, LDL, VLDL o IDL	Brown et al. (2011) ⁹	18M
<i>Efectos en la resistencia a la insulina y diabetes</i>				
Mezcla de isómeros CLA o trans-10,cis-12-CLA	12 semanas; 3,4 g CLA/d o t-10,c12- CLA/d	t10,c12-CLA: aumento de resistencia a la insulina y glucemia	Risérus et al. (2002) ¹²	57H
cis-9,trans-12-CLA	12 semanas; 3 g CLA/d	c9,t11-CLA: aumento de resistencia a la insulina en hombres obesos	Risérus et al. (2004) ⁶	25H
Mezcla de isómeros CLA	8 semanas; 4 g CLA/d	Mejora de resistencia a la insulina a través de una disminución de la liberación de insulina en ayuno	Eyjolfson et al. (2004) ¹³	4H/12M
<i>Efectos en la inflamación</i>				
cis-9,trans-11-CLA o trans-10,cis-12-CLA	13 semanas; 3 g c9,t11-CLA o t10,c12-CLA/d	Ausencia de cambios en PCR, IL-6, IL-8 y TNF α	Ramakers et al. (2005) ¹⁴	38H/38M
Mezcla de isómeros CLA	12 semanas; 3 g CLA/d	Disminución en de citoquinas proinflamatorias, TNF α e IL-1 β . Aumento de citoquina antiinflamatoria: IL-10	Song et al. (2005) ¹⁵	8H/20M

CT: colesterol total; H: hombres; IL: interleucina; IMC: índice de masa corporal; M: mujeres; Mezcla de isómeros CLA: 50:50 cis-9, trans-11- y trans-10, cis-12-CLA; TG: triglicéridos, TNF: factor de necrosis tumoral.

Fuente: Miranda, 2014.

En un estudio con duración de 24 meses, se evaluó el efecto de la suplementación con 3.4g por día de CLA en 134 humanos adultos con sobrepeso, usando una mezcla 1:1 de los isómeros cis-9, trans-11-CLA y trans-10, cis-12-CLA. El estudio reveló que la suplementación favoreció la pérdida de peso y grasa corporal, y aumentó el nivel de trombocitos en la sangre, así como el porcentaje de proteína en la composición corporal. Por otro lado, el colesterol total y LDL del plasma sanguíneo disminuyó, mientras que el colesterol HDL y los triglicéridos no reportaron cambio (Benjamín, et al., 2009). Los estudios en seres humanos confirmaron los efectos del CLA en la mejora de la composición corporal y mejora el metabolismo lipídico.

La diabetes es provocada por una deficiencia de insulina (tipo I), resistencia a la insulina (tipo II), o por ambas situaciones. La suplementación con CLA puede ayudar al manejo de esta enfermedad, especialmente en la diabetes tipo II a través de la reducción del peso corporal. Varios estudios sugieren que el isómero trans-10, cis-12-CLA es el isómero bioactivo responsable de cambios en el peso corporal de pacientes con diabetes tipo II. (Benjamín, et al., 2009).

Adicionalmente, en individuos con sobrepeso, el consumo de CLA normaliza la tolerancia a la glucosa. A su vez, el CLA reduce los niveles de glucosa, triglicéridos e insulina en sangre. De hecho, el efecto regulador de glucosa en sangre por parte del CLA es un ejemplo de la variedad de efectos que pueden tener los diferentes isómeros del CLA. Como se mencionó, parece ser que el isómero t10, c12-CLA aumenta la resistencia a la insulina, mientras que el isómero c9, t11-CLA tiene el efecto contrario (Velazquez, 2014).

1.6.5 Posibles efectos adversos del CLA

A pesar de que el consumo de CLA en sujetos con sobrepeso ha resultado beneficioso en el tratamiento de la diabetes, cuando se suministra CLA a individuos con sobrepeso, pero sin diabetes, el CLA puede promover resistencia a la insulina, creando un estado prediabético. Ésta última parece ser causada por el isómero t10, c12-CLA, aunque una mezcla de éste y el isómero c9, t11-CLA no ocasiona resistencia a la insulina. El consumo de CLA está contraindicado para mujeres en etapa de lactancia, ya que reduce el contenido de grasa de la leche materna, la cual es importante para el desarrollo del lactante.

Otros estudios han mostrado que el isómero trans-10, cis-12-CLA puede actuar como promotor del cáncer de colon, así como inductor de la hiperproinsulinemia relacionada con una baja sensibilidad a la insulina. Debido a que la hiperproinsulinemia predispone a la diabetes y enfermedades cardíacas, se debe regular el uso de suplementos para bajar de peso que contengan este isómero de CLA (Benjamín, et al., 2009; Velazquez, 2014).

Como fue mencionado con anterioridad, una explicación para los resultados tan diversos entre los estudios, es que cada isómero del CLA tiene efectos diferentes, lo que puede tener como consecuencia resultados opuestos entre un isómero y otro. Una posible solución para este problema es usar una mezcla en proporciones adecuadas de los isómeros de CLA (las cuales dependen del objetivo que se pretenda alcanzar con el alimento funcional), junto con ácidos grasos n-3. (Benjamin, et al., 2009). Por lo tanto, las concentraciones de CLA deben usarse con precaución. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) sugirió que la ingesta de CLA (hasta 6 meses) no parece perjudicar la sensibilidad a la insulina, el control de la glucemia o la función hepática; sin embargo, aunque es poco probable que los efectos informados sobre los lípidos sanguíneos afecten negativamente el riesgo de enfermedad cardiovascular, los efectos a largo plazo del consumo de CLA no se han evaluado suficientemente en humanos (Velazquez, 2014).

1.6.6 Consumo de CLA en la dieta humana.

Es difícil hacer una estimación adecuada de la cantidad de CLA que los humanos consumimos mediante la dieta, debido a grandes variaciones en la alimentación de un país a otro. Sin embargo, se ha calculado un consumo de CLA dentro del rango de 95–440 mg CLA/día, considerando que entre el 25 y 30% de esta cantidad proviene de productos cárnicos (Schmid, et al., 2006).

Se estima que el consumo de CLA por día en México se encuentra entre 0.3 y 0.63 g. Esta estimación considera hombres y mujeres entre 18 y 35 años, con dietas correspondientes a una actividad física moderada. El país donde el consumo de CLA es más alto es Australia, donde la cantidad de AL conjugado consumido por día llega hasta 1.5g. Sin embargo, aún este consumo está por debajo de los 3 g diarios recomendados (considerando una persona de 70 kg de peso). Aumentar el consumo

de productos ricos en CLA por naturaleza no es una buena estrategia para aumentar el consumo de CLA, ya que estos productos (tales como la leche entera) generalmente se asocian con un alto contenido graso. Es por ello que una buena alternativa para aumentar el consumo de CLA en la dieta es aumentar el contenido de CLA en los productos que ya lo contienen por sí mismos (Velazquez, 2014).

1.6.7 Productos que contienen CLA.

Los productos cárnicos y productos de origen marino son una fuente importante de CLA. En la Tabla 6 se muestra el contenido de CLA en algunos productos.

Tabla 6. Contenido de CLA en algunos productos cárnicos y de origen marino.

Producto	Contenido de CLA (mg CLA/g grasa)
Salami	4.2
Mortadela	2.9
Jamón cocido	2.7
Jamón ahumado	2.9
Cordero	5.8
Ternera	2.7
Pollo	0.9
Cerdo	0.6
Salmón	0.3
Carne de vaca	4.3

Fuente: Schmid, et al., 2006.

Como se ha mencionado anteriormente, los productos lácteos también son una fuente importante de CLA. La Tabla 7 indica el contenido de CLA en diversos derivados lácteos.

Tabla 7. Contenido de CLA en productos lácteos

Producto Lácteo	Contenido de CLA (mg CLA/g grasa)
Leche homogenizada	5.5
Leche condensada	7.0
Yogurt natural	4.8
Queso cheddar	4.1
Ricotta	5.6
Suero de leche	5.4
Mozarella	4.9
Cottage	4.5
Parmesano	3.0

Fuente: Schmid, et. al., 2006.

Actualmente, los aceites ricos en CLA (80% del total) producidos por isomerización alcalina del aceite de cártamo se utilizan en la elaboración de alimentos enriquecidos con CLA (Rodríguez & Fontecha, 2007). Sin embargo, la ingesta de fuentes naturales daría lugar a un consumo muy elevado de estos productos. Cabe mencionar que la FDA ya ha autorizado la incorporación de CLA a otros productos como bebidas lácteas, bebidas a base de soya, barras de cereal, zumo de frutas, vino, etc.

1.7 Alimentos funcionales

En este trabajo se utilizará la definición propuesta por el International Food Information Council (IFIC, 2002) que define a los alimentos funcionales como aquellos alimentos que proveen beneficios a la salud más allá de la nutrición básica”. Se entiende usualmente bajo esta denominación a cualquier alimento o ingrediente potencialmente saludable que pueda proveer beneficios a la salud más allá de los nutrientes tradicionales que contiene (Rodríguez, 2016).

El término Alimentos Funcionales fue utilizado por primera vez en Japón, en 1980, para dirigirse a aquellos alimentos fortificados con componentes especiales, que ofrecen ventajas fisiológicas. Los alimentos funcionales pueden beneficiar a todo el organismo, como es en el caso de los probióticos, y los prebióticos, pueden disminuir el riesgo de algunas enfermedades, y en algunos casos pueden curar ciertas enfermedades.

La mayoría de los alimentos funcionales se encuentran en las categorías de lácteos, panadería, alimentos infantiles y bebidas suaves. Algunos alimentos funcionales son las bebidas funcionales, las mismas pueden ser enriquecidas con vitaminas A, C y E, omega-3, soja, luteína, calcio, inulina, entre otros (López, 2012).

1.7.1 Alimentos funcionales en México.

México está trabajando en evaluar la posibilidad de un marco de referencia que permita plasmar en los productos, lineamientos nutrimentales o saludables con estricto apego a criterios científicamente sustentados. De igual manera se estudia el efecto de las posibles adecuaciones a la Ley General de Salud Vigente, a sus reglamentos y a normas oficiales vigentes (Ramírez, 2010).

En la actualidad la información que deben contener las etiquetas de los productos

alimenticios que se expenden en México está regulada por varias normas oficiales, las cuales se refieren específicamente a etiquetado y que entraron en vigor a partir de 1996; por ende, todos los alimentos y bebidas no alcohólicas que se elaboran y comercializan en México están relacionados con una o varias normas.

Esta tendencia de contribuir con productos alimenticios a las necesidades nutricionales ha crecido de manera sustancial hasta nuestros días. Podemos observar como la industria de alimentos ha diversificados alternativas que intentan brindar opciones para solucionar problemas de nutrición, tanto por exceso, como por déficit de nutrimentos, tratando de contribuir dentro de sus posibilidades a la solución de ambas situaciones y con ellos busca el crecimiento del sector de alimentos que se adecuen a las recomendaciones dietéticas (León, 2016).

1.7.2 Productos lácteos funcionales

Muchos de los productos elaborados tradicionalmente por la industria láctea pueden considerarse como alimentos con funcionalidad fisiológica. Se sabe desde hace mucho tiempo que los productos lácteos como la leche líquida, el queso, el yogur y muchos otros productos son excelentes fuentes de varias vitaminas y minerales importantes, como la riboflavina, el fosforo y el calcio.

Los científicos han estudiado los efectos beneficiosos para la salud de los productos lácteos fermentados como el yogurt, kéfir o varios otros tipos de leches fermentadas. En este tipo de productos la funcionalidad fisiológica está ligada a las bacterias lácteas y los productos metabólicos que resultan de su interacción con el medio lácteo (Mazza, 2000).

1.7.3 Yogurt

El yogur es un alimento funcional, un derivado lácteo obtenido por fermentación de bacterias ácidolácticas de la leche. Desde la antigüedad es ampliamente conocido los efectos en la salud humana del yogur, entre ellos figuran: prevención de cáncer de colon, disminución de colesterol, mejoramiento de la flora intestinal, efectos en el sistema inmune entre otros. Las bacterias responsables de estos efectos son las bacterias ácido-lácticas-probióticas como *Bifidobacterias*, *Streptococcus* y principalmente *Lactobacillus* (Adolfo, 2012).

El yogurt es uno de los productos de leche fermentada popular conocido por miles de años y ha tenido mucha atención en pocos años con la llegada de los probióticos en los productos lácteos. El ácido láctico producido por la fermentación de la lactosa actúa sobre la proteína de leche para dar al yogurt sus características de textura y sabor. Al ser nutricionalmente rica en proteínas, calcio, riboflavina, vitamina B6 y vitamina B12, el yogurt se considera que tiene más beneficios nutricionales que la leche. Tiene una larga historia de usos medicinales en particular, para una variedad de enfermedades gastrointestinales y diarrea donde en los últimos años, el yogurt se ha utilizado como un vehículo para las bacterias probióticas (León, 2016).

De acuerdo a la NOM-181-SCFI-2010 el yogurt es el producto obtenido de la fermentación de leche, estandarizada o no, por medio de la acción de microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*, y teniendo como resultado la reducción del pH.

Según la FAO/OMS (1977) el yogurt es una leche coagulada obtenida por fermentación láctica ácida, producida por *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, de la leche pasteurizada o concentrada con o sin adiciones (de leche en polvo, etc.). Los microorganismos del producto final deben ser viables y abundantes.

El yogurt es una leche fermentada obtenida por multiplicación en la leche de dos bacterias lácticas específicas asociados: estas bacterias lácticas se cultivan en leche previamente pasteurizada con el fin de eliminar total o parcialmente la flora microbiana preexistentes. Después de la fermentación, el yogurt se enfría a una temperatura comprendida entre 1 y 10°C, excluyendo cualquier otro tratamiento térmico, en este momento ya está listo para su consumo. La fabricación del yogurt incluye varias etapas: la preparación y tratamiento de leche, el desarrollo de la fermentación, la detención de la fermentación y el envasado (León, 2016).

1.7.4 Probióticos

El término probiótico es una palabra relativamente nueva que significa “a favor de la vida” y actualmente se utiliza para designar las bacterias que tienen efectos beneficiosos para los seres humanos y los animales (FAO & OMS 2006).

Los probióticos son microorganismos inoocuos que se incorporan a los alimentos y

que, una vez ingeridos, sobreviven en el tubo digestivo del consumidor donde regulan la microbiota intestinal y ejercen efectos beneficiosos para su salud. Los probióticos son principalmente bacterias lácticas pertenecientes a los géneros *Lactobacillus* o *Bifidobacterium* que, en su mayoría, han sido aisladas a partir de deposiciones de individuos sanos. Estos microorganismos probióticos pueden ser liberados al consumidor a través de productos lácteos fermentados los cuales son utilizados como vehículos alimentarios para este fin (Adolfo, 2012).

Los probióticos pueden ser considerados como “ingredientes funcionales” que se utilizan para “funcionalizar” alimentos, es decir agregar una propiedad funcional definida que le otorga un valor agregado al producto. Los productos alimenticios que contienen probióticos entran, por lo tanto, en la categoría de “Alimentos funcionales”, pues entregan beneficios para la salud del consumidor, más allá de los beneficios nutricionales del alimento que los contiene (Cáceres & Gotteland, 2010).

1.7.5 Bacterias ácido lácticas

En este grupo se incluye una clasificación funcional de bacterias no patógenas, no toxigénicas, gram positivas, fermentativas, que se asocian a la producción de ácido láctico a partir de carbohidratos, lo que las hace útiles para la fermentación de los alimentos. En este grupo se incluyen las especies de *Lactobacillus* o *Bifidobacterium* *Lactococcus*, y *Streptococcus* como se muestra en la tabla 8. El desarrollo de las BAL tiene lugar a valores de pH entre 4.5 y 6, deteniéndose su actividad a un pH entre 3.2 y 3.8, aunque con rendimientos de ácido láctico diferentes según sean homofermentativas o heterofermentativas (León, 2016).

Dentro de las BAL más utilizadas como bacterias probióticas se encuentran el género *Lactobacillus* como: *acidophilus*, *casei*, *lactis*, *helveticus*, *salivarius*, *plantrum*, *bulgaricus*, *ramnosus*, *johnsonii*, *reuteri*, *fermentum* y *Lactobacillus delbrueckii*, otros microorganismos son: *Streptococcus thermophilus*, *Pediococcus*, *Enterococcus faecium*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium Breve* y *Bifidobacterium Longum*; de estas bacterias, los *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterias* son los grupos más utilizados como probióticos en la elaboración de bebidas lácteas fermentadas como el yogurt (Adolfo, 2012).

Tabla 8. Microorganismos ácido-lácticos considerados como probióticos

Especies lactobacillus	Especies Bifidobacterias	Otras bacterias ácido-lácticas
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>L. amylovarus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pedococcus acidilactici</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>L. johnsonii</i>		
<i>L. paracasei</i>		
<i>L. plantarum</i>		
<i>L. reuteri</i>		
<i>L. rhamnosus</i> <i>L. (lactobacillus);</i>	<i>B. bifidobacterium</i>	

Fuente: Adolfo, 2012.

1.7.6. *Lactobacillus rhamnosus*

Contrariamente a la mayoría de los probióticos, *Lactobacillus rhamnosus* es una cepa que fue aislada en Nueva Zelanda a partir de queso Cheddar. Estudios in vitro y en modelos animales han mostrado su capacidad de interferir con microorganismos patógenos tales como salmonella o *E. coli enterotoxigénico* y su presencia a nivel fecal ha sido confirmada en voluntarios sanos luego de ser consumido en un producto lácteo. Sin embargo, la mayoría de la información disponible sobre los efectos de esta cepa en humanos se refiere a su capacidad de reforzar las defensas del individuo, más particularmente en sujetos con inmunosupresión leve. *L. rhamnosus* es una cepa probiótica que está clínicamente probado como un medio seguro y eficaz para mantener el sistema inmunológico del cuerpo, ya que a estas BAL principalmente utilizadas como probióticos se les realiza un proceso de selección (screening), evaluando su capacidad de resistir al pH ácido del estómago y a las enzimas digestivas y sales biliares del intestino, y de adherir a las células epiteliales intestinales, todas propiedades que favorecen su sobrevivencia y permanencia en el tubo digestivo.

El proceso de selección también evalúa en estas cepas la existencia de actividades funcionales tales como actividades antioxidantes, anti-inflamatoria, inmunoestimulante, antitumoral, analgésica, antibacteriana, entre otros, que permiten a la cepa seleccionada modular funciones fisiológicas en el huésped y ejercer sus efectos saludables en la tabla 10 se muestran algunos efectos saludables. Cabe destacar que dichas propiedades son cepa-específicas, es decir, que una cepa

determinada ejerce sólo algunas de todas las propiedades descritas para los probióticos. Por ejemplo, las propiedades funcionales de *L. rhamnosus* GG, *L. rhamnosus* DR20 y *L. rhamnosus* LCR35 son distintas a pesar de que estas tres cepas pertenezcan al mismo género (*Lactobacillus*) y a la misma especie (*rhamnosus*), en la tabla 9 se muestran algunos de los principales efectos del *L. rhamnosus* (Cáceres & Gotteland, 2010).

Morfología: Bacilos Gram positivos de longitudes variadas, que se producen comúnmente en cadenas cortas.

Áreas de aplicación: Bebidas, Confitería, Lácteos, Suplementos dietéticos, Postres congelados (DUPONT, 2013).

Tabla 9. Principales efectos saludables de cepas del grupo *Lactobacillus rhamnosus*.

Cepa	Efecto
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> Lcr35	Prevención del asma antiinflamatoria. Efecto sobre las células epiteliales Intestinales.
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> HN001	Atenuación de alergia. Capacidad de interferir con microorganismos patógenos tales como salmonella o <i>E. coli</i> enterotoxigénico. Inhibe la infección respiratoria aguda.
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	La inhibición de <i>Streptococcus mutans</i> en biopelículas de saliva. La modulación de la función inmune. Protege el tracto urogenital y tracto intestinal.

Fuente: Cáceres & Gotteland, 2010.

1.7.7 Prebióticos

Los prebióticos son “componentes alimenticios no-vivos (principalmente fibras dietarias), cuyo consumo confiere un beneficio para la salud del huésped en asociación con la modulación de la microbiota” (Cáceres & Gotteland, 2010). Los prebióticos, que también se conocen como «potenciadores probióticos» o «alimentos del colon», son nutrientes no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento y la actividad de uno o más microorganismos del colon, los cuales actúan para promover la salud y el bienestar del huésped. Los prebióticos desarrollados hasta el momento son principalmente oligosacáridos no digeribles, que de forma

tradicional se han utilizado para añadir fibra a los alimentos sin añadir volumen (León, 2016).

1.7.8 Inulina

La inulina es un carbohidrato de almacenamiento presente en muchas plantas, vegetales, frutas y cereales y por tanto forma parte de nuestra dieta diaria. A nivel industrial, la inulina se obtiene de la raíz de la achicoria y se usa como ingrediente en los alimentos, ofreciendo ventajas tecnológicas e importantes beneficios a la salud (León, 2016).

La propiedad de la inulina más extensivamente estudiada es su comportamiento como prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento, donde estudios in vivo muestran que solo 4 g de inulina o de sus compuestos relacionados diarios son efectivas para incrementar el número de bacterias beneficiosas en el colon (*bifidobacterias* y *lactobacillus*), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (ejemplo: *E. coli* y bacterias de la especie *Clostridium spp.*). Entre otras propiedades a la salud de la inulina, se mencionan: el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Madrigal & Sangronis, 2007).

La inulina está constituida por moléculas de fructosa, siendo el término “fructanos” usado para denominar este tipo de compuesto. Los fructanos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (intestino grueso, colón). De esta manera, este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética (Madrigal & Sangronis, 2007).

1.8 Microencapsulación

Se define como una tecnología de empaquetar sólidos, líquidos o materiales gaseosos en cápsulas miniatura, selladas, que pueden soltar sus volúmenes a las proporciones controladas bajo influencias de condiciones específicas (León, 2016).

El material atrapado es más a menudo en forma de partículas (sólido o líquido) y se conoce como el material del núcleo o de la fase interna. El material que forma el recubrimiento se conoce como material de apoyo, encapsulante, material de la pared, vehículo o recubrimiento de membrana. Hay muchos beneficios de la microencapsulación como son:

- Protección de bacteriófagos
- Aumento de la supervivencia durante la liofilización y congelación
- Una mayor estabilidad durante el almacenamiento
- Aumento de la supervivencia después de la exposición a la solución gástrica (Krasaekoopt & Bhandari, 2012).

1.8.1 Métodos de microencapsulación

Hay una gran cantidad de métodos para la producción de microencapsulas estos se pueden clasificar en tres categorías como métodos físicos (tales como secado por aspersión), métodos químicos (tales como el método de atrapamiento del hidrocólido) y métodos fisicoquímicos. Los métodos físicos implican con la conversión de líquido en la matriz inmóvil sólido como polvo seco, mientras que, los métodos químicos se refieren a la formación de matriz de un hidrocólido a través de reacción química. Los probióticos encapsulados por métodos físicos son liberados por la rehidratación mientras que los probióticos encapsulados en matriz de gel por métodos químicos son liberados sólo cuando la matriz de gel se rompe debido a cambios en el pH o condición iónica (Krasaekoopt & Bhandari, 2012).

1.8.2 Gelificación iónica

El método de gelificación iónica tiene varias ventajas tales como el uso de soluciones acuosas, la preparación de partículas de pequeño tamaño, el control del tamaño de partícula por la variación de parámetros tales como las concentraciones de quitosán, y la posibilidad de la encapsulación de un rango grande de moléculas (León, 2016).

El sistema más común es el entrecruzamiento de alginatos con iones de calcio. Los alginatos son polímeros de ácido manurónico y gulurónico, solubles en agua a temperatura ambiente que gelifican en presencia de ciertos iones polivalentes. En general una solución de alginato se deja gotear en una solución de CaCl_2

obteniéndose en tiempos cortos, bolillas esféricas de tamaño controlado y homogéneo. Es un método que presenta gran flexibilidad, pues alginatos de distinto peso molecular y distinta composición química (distintas proporciones de ácidos gulurónico y manurónico) rinden geles de muy buenas características químicas y físicas. El requerimiento de Ca^{+2} depende de la composición química del gel. La concentración de CaCl_2 en la mezcla de gelificación puede variar entre 0,05 y 2 %. El rango de temperaturas de operación va desde 0 hasta 80°C. Las bolillas que se obtienen presentan diámetros entre 0,1 y 5 mm. Este sistema puede someterse a un secado parcial, con lo que el tamaño disminuye y aumenta la estabilidad mecánica sin variación en la porosidad. La desventaja que presenta es la inestabilidad frente a ciertos agentes capaces de secuestrar iones Ca^{+2} (ej. Fosfatos). Los puntos destacables de este método son:

- Reversibilidad de la gelificación: obliga a tomar precauciones en cuanto a la composición del medio a utilizar, principalmente pH y presencia de agentes que puedan secuestrar a los contraiones por precipitación o por formación de complejos.
- Buena estabilidad mecánica respecto al empaquetado en columna y a la agitación. Formación de bolillas regulares, y con tamaño controlado.
- Alta capacidad de carga sin pérdida de estabilidad mecánica, pero con pérdida de eficiencia debido a resistencias difusionales.
- Rendimientos de actividad catalítica de entre 80 y 100% en condiciones de reacción controladas.
- Método suave, que permite que las células mantengan viabilidad y estabilidad. (Departamento de Ciencia & Tecnología, 2005).

1.8.3 Materiales encapsulantes

Hay varios tipos de materiales de matriz utilizados para la encapsulación de probióticos, ácidos grasos, sustancias líquidas o sólidas por métodos físicos, químicos y fisicoquímicos. hidrocoloides, tal como alginato, goma de gelano, xantana, carragenina, y recientemente se utilizan proteínas como materiales de encapsulación (Krasaekoopt & Bhandari, 2012).

1.8.4 Hidrocoloides

Los hidrocoloides son un grupo diverso de polímeros de cadena larga que son fácilmente dispersos, total o parcialmente solubles, y con tendencia a hincharse en el agua. Cambian las propiedades físicas de la solución para formar geles, o habilitar engrosamiento, emulsificación, recubrimiento y estabilización la presencia de muchos grupos hidroxilo aumenta notablemente su afinidad por el agua vinculante haciéndolos hidrófila (León, 2016).

Los hidrocoloides tienen una espléndida gama de propiedades funcionales y funcionan como agentes espesantes, agentes gelificantes, agentes espumantes, recubrimientos comestibles, emulsionantes, estabilizadores, etc. La razón principal para el uso extensivo de hidrocoloides en la industria alimentaria es su capacidad para unirse con agua y modificar las propiedades de los ingredientes alimentarios (León, 2016).

1.8.5 Alginato

El alginato se informó por el químico británico E. C. Stanford en 1881. El alginato un polisacárido aniónico e hidrófilo, es uno de los materiales naturales biosintetizados más abundantes que se derivan principalmente de dos fuentes, plantas marinas, es decir, algas marrones (40% de materia seca) y las bacterias. Comercialmente, las especies de alginatos se derivan principalmente de las algas pardas, incluido *Laminaria hyperborea*, *Ascophyllum nodosum* y *Macrocystis pyrifera*. Los alginatos aislados de bacterias tales como las especies de *Azotobacter* y *Pseudomonas* no suelen ser económicamente viables para aplicaciones comerciales y están limitadas a estudios de investigación en pequeña escala (León, 2016).

Generalidades del Alginato

En la forma estructural, el alginato contiene bloques lineales de (1 → 4) ácido β- D- manurónico (M) y de ácido α -L- gularónico (G). Por lo general, los bloques se componen de tres diferentes formas de segmentos de polímero: residuos G consecutivos, residuos M consecutivos y alternando residuos de MG como se muestra en la figura 7. La composición de copolímero, secuencia y pesos moleculares varían con el origen y especies que producen el copolímero (León, 2016).

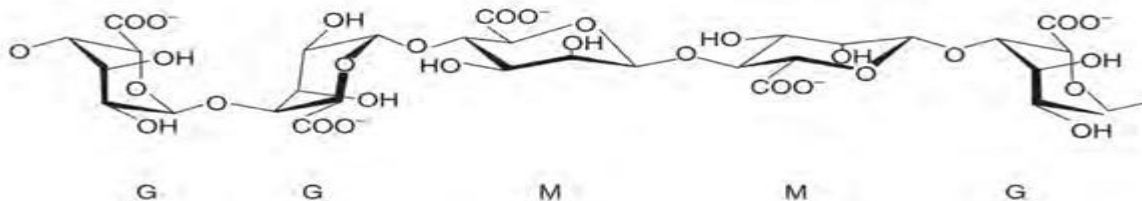


Figura 7. Cadena química del alginato.

Fuente: Krasaekoopt, 2012.

El uso de alginato como material de apoyo en la microencapsulación usando el método químico se basa en su capacidad para formar un gel estable al calor fuerte, que se puede desarrollar y configurar a temperatura ambiente (Krasaekoopt & Bhandari, 2012).

Aplicaciones

El alginato forma un gel sólido bajo las condiciones de manipulación suaves que permite que sea utilizado para atrapar las células en perlas y formas. Curiosamente la encapsulación de células de algunos tipos de perlas de alginato puede en realidad aumentar la supervivencia celular y el crecimiento. Además, el alginato ha sido explorado para su uso en el hígado, los nervios, el corazón y la ingeniería de tejidos de cartílago. Farmacéutica, de alimentos (como añadido) y técnica aplicaciones (como en la pasta de impresión para la industria textil) son parte cuantitativa del mercado de alginatos (León, 2016).

1.8.6 Quitosán

Alrededor del 45% de los mariscos procesados consta de camarones, la pérdida de que se compone de exoesqueleto y cefalotórax, este último se ha convertido en un problema para el medio ambiente. Estos residuos representan el 50-70% del peso de la materia prima; sin embargo, contiene componentes valiosos, tales como proteínas y quitina. La quitina, al lado de la celulosa, es el segundo polisacárido más común en la tierra, con una producción anual de aproximadamente desde 1010 hasta 1012 toneladas. La quitina normalmente está aislada de los exoesqueletos de los crustáceos, moluscos, insectos y ciertos hongos.

Debido a la quitina tiene una estructura compacta, que es insoluble en la mayoría de los disolventes, se le efectúan modificaciones químicas. El derivado más común es el

quitosán, derivado por desacetilación parcial de la quitina. Cuando el grado de desacetilación (DDA) alcanza un porcentaje superior al 50%, el quitosán se vuelve soluble en soluciones acuosas ácidas y se comporta como un polielectrolito catiónico (León, 2016).

Generalidades del Quitosán

El quitosán es un polisacárido catiónico lineal compuesto esencialmente de β (1 \rightarrow 4) vinculadas unidades de glucosamina junto con cierta proporción de unidades de N-acetilglucosamina (figura 8). Por lo general, se obtiene por desacetilación de la quitina extensa, un homopolímero de la β (1 \rightarrow 4) vinculado N-acetil-D-glucosamina, presente en las conchas de crustáceos, moluscos, las paredes celulares de los hongos, y la cutícula de los insectos (Peniche et. al 2003).

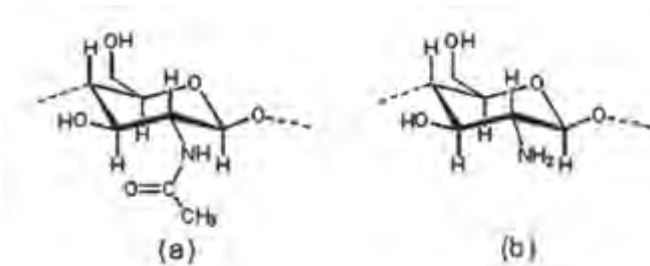


Figura 8. Estructura del quitosán (a) unidad de N-acetilglucosamina (b) unidad de glucosamina.

Fuente: Peniche et. al., 2003.

El quitosán está ganando importancia en el campo de la alimentación y farmacéutica debido a su carácter catiónico polimérico único, buena biocompatibilidad, no toxicidad y biodegradabilidad. Las propiedades de quitosán varían de acuerdo con su fuente. Los términos quitina y quitosán no se refieren a compuestos específicos, sino a dos tipos de copolímeros, que contienen los dos residuos de monómeros anhidro-N-acetil-D- glucosamina y anhidro-D-glucosamina, respectivamente. La quitina es uno de los polímeros más abundantes en la tierra.

Varias técnicas para extraer quitina a partir de diferentes fuentes han sido reportadas. El método más común se conoce como el procedimiento químico. El método químico para el aislamiento de la quitina a partir de la biomasa de los caparazones de los crustáceos que implica varios pasos principales: eliminación de la materia inorgánica (carbonato de calcio) en medio ácido diluido

(desmineralización), y por lo general se lleva a cabo la desmineralización mediante el uso de HCl. Seguido de la extracción de la materia de proteínas en medio alcalino (desproteínización), y se realiza tradicionalmente mediante el tratamiento de los residuos de los caparazones con soluciones acuosas de NaOH o KOH. La eficacia de la desproteínización alcalino depende de la temperatura de proceso, la concentración de álcali, y la relación de su solución a las conchas. La quitina es convertida en quitosán industrialmente más aplicable.

Una modificación estructural de la quitina a menudo se realiza por hidrólisis alcalina. Es soluble en medio ácido acuoso debido a la presencia de grupos amino (León, 2016).

Aplicaciones

Dado el gran número de trabajos que existen sobre este material es conveniente realizar una clasificación por área sobre las aplicaciones que se le han ido dando. A continuación, se presentan algunas de ellas.

Química analítica: aplicaciones cromatográficas, intercambiadores de iones, absorción de iones de metales pesados y absorción de ácidos, fabricación de electrodos específicos para metales, etc.

Biomedicina: membrana de hemodiálisis, suturas biodegradables, sustituyentes artificiales de la piel, agente cicatrizante en quemaduras, sistemas liberadores de fármacos, liberación de insulina, transporte de agentes anticancerígenos, tratamiento de tumores (leucemia), control del virus del SIDA, etc.

Agricultura y ganadería: recubrimiento de semillas para su conservación durante el almacenamiento, sistemas liberadores de fertilizantes, aditivo para alimento de animales, en formulación de pesticidas, etc.

Cosméticos: espumas de afeitar, cremas para la piel y el cuerpo.

Dietéticos: adelgazantes (existe una amplia variedad de productos comerciales que ofrecen el polímero como atrapado de grasas en el estómago).

CAPITULO II. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

2.1 Objetivos

Objetivo general: Elaborar un yogurt bajo en grasa saturada con adición de ácido linoléico conjugado (CLA) encapsulado en esferas de quitosán-alginato, para regular y mejorar el perfil lipídico del consumidor.

Objetivo particular 1: Determinar el análisis químico proximal de la leche entera y posteriormente desgrasada mediante técnicas oficiales para conocer su aporte nutrimental.

Objetivo particular 2: Evaluar la viabilidad del *Lactobacillus rhamnosus* en el yogurt mediante la técnica de cuenta en placa (UFC) para conocer la concentración inicial del microorganismo.

Objetivo particular 3: Elaborar esferas de CLA encapsulado en quitosán-alginato empleando la técnica de gelificación ionotrópica para adicionarlas en el yogurt bajo en grasa.

Objetivo particular 4: Elaborar un yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, partiendo de una formulación teórica, diseñada con base a la ingesta diaria recomendada de nutrientes establecida para la población mexicana.

Objetivo particular 5: Evaluar la calidad sanitaria de la bebida a través de pruebas microbiológicas para garantizar su inocuidad.

Objetivo particular 6: Realizar el perfil lipídico de una persona con el fin de comparar los niveles del perfil lipídico al inicio y al final de un mes de consumir este yogurt adicionado con CLA encapsulado.

Objetivo particular 7: Evaluar el grado de aceptación de las propiedades organolépticas del yogurt bajo en grasa mediante pruebas hedónicas para una posible comercialización del producto.

2.2 Cuadro metodológico

OBJETIVO GENERAL
Elaborar un yogurt bajo en grasa saturada con adición de ácido linoléico conjugado (CLA) encapsulado en esferas de quitosán-alginato, para regular y mejorar el perfil lipídico del consumidor.

Actividades Preliminares

1- Caracterización de la materia Prima.
2- Preparar el cultivo "in vitro" de *Lactobacillus rhamnosus* en caldo MRS (Man, Rogosa, and Sharpe).

Objetivo Particular 1

Determinar el análisis químico proximal de la leche entera y posteriormente desgrasada mediante técnicas oficiales para conocer su aporte nutrimental.

- Actividades:**
- ✓ **Humedad:** Termobalanza (AOAC 1990, vol. II)
 - ✓ **Proteínas:** Micro-Kjeldahl (AOAC 1990, vol. II)
 - ✓ **Cenizas:** Klem (AOAC 1990, vol. II)
 - ✓ **Grasa:** Gerber (AOAC 1990, vol. II)
 - ✓ **Carbohidratos:** Lane y Eynon (AOAC 1990, vol. II)

Objetivo Particular 2

Evaluar la viabilidad del *Lactobacillus rhamnosus* en el yogurt mediante la técnica de cuenta en placa (UFC) para conocer la concentración inicial del microorganismo.

- Actividades:**
- ✓ Conteo de microorganismos viables en el yogurt (UFC).

Objetivo Particular 3

Elaborar esferas de CLA encapsulado en quitosán-alginato empleando la técnica de gelificación ionotrópica para adicionarlas en el yogurt bajo en grasa.

- Actividades:**
- ✓ Encapsular el CLA en esferas de quitosán-alginato por gelificación ionotrópica. (1% quitosán + 2% de alginato y 0.1 M de CaCl₂).
 - ✓ Evaluar las propiedades físicas de las esferas.
 - Sinéresis
 - Esfericidad
 - pH

Objetivo Particular 4

Elaborar el yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, partiendo de una formulación teórica, diseñada con base a la ingesta diaria recomendada de nutrientes establecida para la población mexicana.

- Actividades:**
- ✓ Elaboración del concentrado
 - ✓ Desgrasado y Pasteurización
 - ✓ Inoculación
 - ✓ Batido
 - ✓ envasado

Objetivo Particular 5

Evaluar la calidad sanitaria de la bebida a través de pruebas microbiológicas para garantizar su inocuidad.

- Actividades:**
- ✓ Método rápido con kit microbiológico 3M™ Petrifilm™
(*Coliformes totales, Escherichia coli, Hongos, levaduras y mesofílicos aerobios*)
(NOM-243-SSA1-2009)

Objetivo Particular 6

Realizar el perfil lipídico de una persona con el fin de comparar los niveles del perfil lipídico al inicio y al final de un mes de consumir este yogurt adicionado con CLA encapsulado.

- Actividades:**
- ✓ Realizar perfil lipídico al inicio y al final de un mes de consumir el yogurt.

Objetivo Particular 7

Evaluar el grado de aceptación de las propiedades organolépticas del yogurt bajo en grasa mediante pruebas hedónicas para una posible comercialización del producto.

- Actividades:**
- ✓ **Prueba de aceptación** (estimación de significancia).
 - ✓ **Prueba de preferencia pareada** (análisis de porcentajes).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

2.3 Descripción del cuadro metodológico

Actividad Preliminar 1

Caracterización de la materia Prima.

Se contempló la calidad de la materia prima (leche de vaca), mediante las pruebas de andén (Tabla. 10), las cuales son análisis que se le realizan a la materia prima para saber si estas cumplen con todas las especificaciones esperadas, de tal forma que no puedan mermar de alguna manera el producto.

Tabla 10. Pruebas empleadas para la caracterización de la materia prima.

PRUEBAS	TÉCNICA	INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA	NORMA
PRUEBAS DE ANDÉN			
Acidez	Titulación	Las bacterias presentes en la leche pueden alcalinizar, por la descomposición de la albúmina con formación de amoníaco. La acidez en la leche la originan: caseína lactoalbúminas, ácido carbónico, citratos, y fosfatos.	NMX-F-420-1982, Productos alimenticios para uso humano. Determinación de acidez en leche fluida.
Densidad	Lactodensímetro	La densidad está en función de la grasa y del agua, así como de sus proporciones. Cuando el contenido de grasa aumenta la densidad disminuye cuando los sólidos no grasos aumentan, la densidad se incrementa.	NMX-F-424-S-1982.
pH	Potenciómetro	El pH, controla procesos de coagulación, actividad de enzimas, desarrollo de bacterias, está relacionada con la concentración de grupos H ⁺ , OH ⁻ y ácidos orgánicos presentes.	NMX-F-420-1982.

*Las pruebas de andén fueron realizadas por triplicado.

Actividad Preliminar 2

Preparación de caldo MRS

MATERIAL	EQUIPO	REACTIVO
*Vidrio de reloj *Probeta 1 L *Vaso de precipitado 2 L *2 Matracas Erlenmeyer 1 L *Espátula *Barra magnética de agitación	*Agitador magnético (THERMO SCIENTIFIC, Mod. Cimarec) *Esterilizadora (ALL AMERICAN, Mod. 25x) *Balanza digital (Ohaus, Mod. Scout-pro)	*Medio de cultivo MRS

De acuerdo a las instrucciones del envase se rehidrataron 55 g del medio cultivo MRS (Man, Rogosa y Sharpe) se disolvieron en 1 litro de agua destilada, se dejó reposar 10 minutos, se homogeneizó la mezcla y se pasó a matraces Erlenmeyer, los cuales se esterizaron a 121°C (15 libras de presión) por 15 min.



Figura 9. Rehidratación de medio de cultivo MRS.



Figura 10. Esterilizadora ALL AMERICAN.

Preparación de agar MRS

MATERIAL	EQUIPO	REACTIVOS
*Vidrio de reloj *Espátula *Probeta 1 L *Vaso de precipitado 2L *2 Matracas Erlenmeyer 1L *Cajas Petri estériles	*Agitador magnético (THERMO SCIENTIFIC Mod. Cimarec) *Esterilizadora (ALL AMERICAN Mod. 25 x) *Balanza digital (Ohaus Mod. Scout-pro) *Incubadora (Blue M Lindberg Mod. GI 200A)	*Agar bacteriológico *Medio de cultivo MRS

Se agregaron 15 g de agar bacteriológico a un litro de medio de cultivo MRS, se homogenizó la mezcla y se distribuyó en matraces para su esterilización a 121°C durante 15 minutos, el contenido fue vertido en cajas Petri, las cuales fueron incubadas para verificar su esterilidad y posteriormente se guardaron en el refrigerador para los posteriores análisis.



Figura 11. Incubadora Blue M. Lindbe



Figura 12. Muestras medio de cultivo MRS

Objetivo particular 1

Determinación del análisis químico proximal

El análisis químico proximal es el método convencional de evaluación que se usa para determinar el contenido de la composición aproximada en un AQP clásico (Proteína, Grasa, Fibra, Humedad, Cenizas y CHOS) de un alimento. Las técnicas utilizadas para determinar el AQP de la leche y del producto final se encuentran resumidas en la Tabla 11.

Tabla 11. Técnicas de Análisis químico Proximal.

PRUEBAS	TÉCNICA	FUNDAMENTO	REFERENCIA
GRASA	Gerber	Se basa en la realización de una hidrólisis de la capa de proteína que recubre los glóbulos de grasa, genera calor y libera la grasa. La centrifugación favorece la separación de la grasa que se lee volumétricamente en la escala correspondiente. La presencia de alcohol- isoamílico rompe la tensión superficial y favorece la separación.	NOM-243- SSA1-2009. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba, AOAC, 1990, Vol II.
CARBOHIDRATOS	Lane y Eynon	Se determina la lactosa aprovechando su propiedad de ser un azúcar reductor directo, el tartrato alcalino cúprico, es convertido a oxido cuproso cuando se hierve en presencia de un azúcar reductor.	NOM-243- SSA1-2009. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba AOAC, 1990, Vol II.
PROTEÍNAS	Micro Kjeldhal	Se basa en la descomposición de compuestos de nitrógeno orgánico. Fijación del N ₂ en forma de (NH ₄) ₂ SO ₄ , liberación del N ₂ en forma de NH ₃ mediante la adición de una base fuerte de NaOH y aplicación de calor. Recepción del NH ₃ en H ₃ BO ₃ y su posterior titulación con HCL valorado.	NOM-243- SSA1-2009. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba AOAC, 1990, Vol II.
CENIZAS	Método General	El método se basa en la destrucción de la materia orgánica, la muestra se incinera sin producir flama y posteriormente calcinando en mufla, las cenizas contienen los minerales en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, cloruros y silicatos.	NOM-243- SSA1-2009. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba, AOAC, 1990, Vol II.
HUMEDAD	Termo-balanza	Evaporación del agua a temperaturas cercanas al punto de ebullición Se favorece la evaporación, al añadir arena ya que se incrementa la superficie de contacto y la circulación del aire.	NOM-243- SSA1-2009. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba, AOAC, 1990, Vol II.

*Las técnicas de análisis químico proximal fueron realizadas por triplicado.

Objetivo particular 2

Conteo de microorganismos viables en el yogurt (UFC).

Preparación del inóculo

MATERIAL	EQUIPO	MUESTRA BACTERIANA
*Mecheros Bunsen *Cajas Petri con MRS *Matraz Erlenmeyer 250 ml *Asa bacteriológica *Varillas de vidrio	*Incubadora (Blue M Lindberg Mod. GI 200A) *Incubadora con agitación orbital (New Brunswick scientific co 625)	* <i>Lactobacillus rhamnosus</i> (DUPONT)

Se partió de un cultivo puro liofilizado de *Lactobacillus rhamnosus* el cual fue hidratado con solución salina fisiológica y sembrado en caja Petri con agar MRS. Posteriormente, después de 2 días de incubación el crecimiento del microorganismo fue recolectado, haciendo un raspado de la cepa en la caja Petri, transfiriéndolo a un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapón de algodón que contenía 50 ml de caldo MRS y se incubó durante 24 horas.



Figura 13. *L. rhamnosus* sembrado en forma masiva.



Figura 14. Incubadora con agitación (New Brunswick scientific co 625).

Recuento en placa (UFC/mL).

MATERIAL	EQUIPO	SOLUCIONES
*Mecheros Bunsen *Asa bacteriológica *10 tubos de ensayo de 100 ml *Cajas Petri con MRS *Gradilla *Vaso de precipitado 500 ml *Micropipetas	*Incubadora (Blue M Lindberg Mod. GI 200A) *Contador de colonias	*Solución salina 0.85% *Alcohol inflamable

Del inóculo obtenido, se tomó 1 ml y se colocó en el primer tubo de ensayo, el cual contenía 9 ml de solución salina al 0.85%, posteriormente se realizaron diluciones seriadas hasta 10^6 , en tubos de solución salina. De las últimas dos diluciones se tomó 1ml y se aplicó el método de siembra en agar MRS, extendiendo perfectamente la muestra sobre la superficie utilizando una varilla de vidrio estéril (en forma de escuadra o “L”) haciendo movimientos giratorios de manera perpendicular al medio de cultivo hasta lograr la completa incorporación del inóculo en el medio, cuidando en todo momento la esterilidad del proceso. Las placas obtenidas, se incubaron en posición invertida a 37°C por 24 horas, realizándose por duplicado. Transcurridas las 24 horas se contó el número de colonias presentes en cada muestra determinándose así las UFC/g.

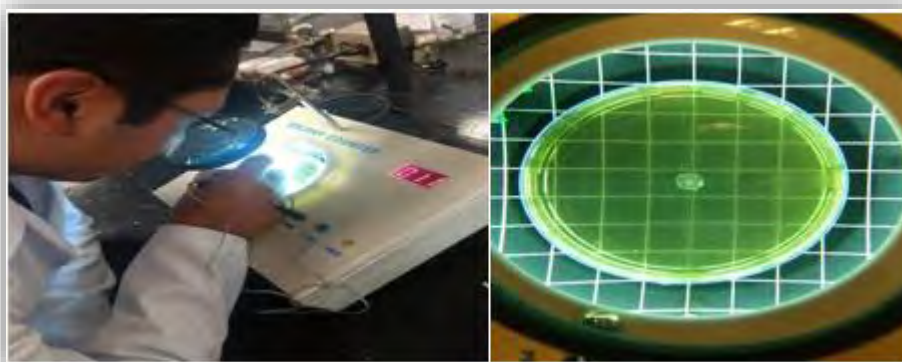


Figura 15. Contador de colonias.

Objetivo particular 3

Encapsular el CLA en esferas de quitosán-alginato

Preparación de soluciones

MATERIAL	EQUIPO	REACTIVOS
*Espátula *Probeta 200 ml *Vidrio de reloj *4 vasos de precipitado 200 ml *Barra magnética de Agitación	*Agitador magnético (THERMO SCIENTIFIC Mod. Cimarec) *Potenciómetro (HORIZON Modelo: 5997) *Balanza digital (Ohaus Mod. Scout-pro)	*Quitosán *Alginato (keltone) *Hidróxido de sodio (NaOH) *Cloruro de calcio (CaCl ₂)

Solución de quitosán al 1%.

Se pesó 1g de quitosán (obtenido del exoesqueleto de camarón de acuerdo a la patente 293022, perteneciente a la doctora Susana Patricia Miranda Castro del Laboratorio de Biotecnología, FESC UNAM) y se colocó en 100ml de agua destilada. A la solución se le agregó 1 ml de ácido acético glacial para disolver mediante un agitador magnético. Posteriormente se añadió una solución de NaOH al 12% y con ayuda del potenciómetro se ajustó el pH de la solución requerido a 5.

Solución de alginato al 2%.

Se pesaron 2 g de alginato (Keltone de alto peso molecular), el cual se disolvió en 100 ml agua destilada mediante un agitador magnético.

Se preparó una solución de CaCl₂ al 0.5 M.

Encapsulación

MATERIAL	EQUIPO	SOLUCIONES
*Aguja estéril (0.8mm) *Barra magnética de agitación *3 vasos de precipitado 150ml *Agitador magnético	*Termoagitador (THERMO SCIENTIFIC Mod. Cimarec)	*Quitosán 1% *Alginato 2% *CaCl ₂ 0.5 M *CLA (GNC) *Colorante rojo (McCormick) *Sabor fresa (International flavors and fragrances)

En un estudio previo, Garduño (2011) elaboró esferas de quitosán-alginato a diferentes concentraciones las cuales fueron sometidas a condiciones gastrointestinales, donde reportó las mejores condiciones utilizando 1% quitosán-2% alginato + 0.05M CaCl₂, concentraciones que se tomaron como referencia para el presente estudio; sin embargo, el único valor que se modificó fue la concentración del CaCl₂ para que las esferas mostraron mayor rigidez y una mayor consistencia aumentándolo a 0.5M.

La formación de esferas, se llevó a cabo por medio de la técnica de gelificación iónica en la cual con ayuda del agitador magnético se homogenizó la solución de alginato (39%) / CLA (31.45%) / quitosán (24%) / color (1.6%) / sabor (4%). Esta solución, se goteó dentro de la solución de CaCl₂ a una distancia de 15 cm aproximadamente

empleando una aguja hipodérmica como se muestra en la figura 16. Las esferas se dejaron en reposo dentro de la solución durante media hora, se lavaron con agua estéril para eliminar residuos de iones de calcio.

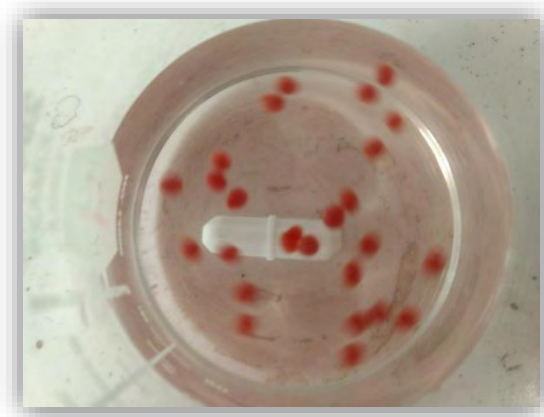


Figura 16. Formación de las cápsulas.

Evaluación de propiedades físicas de la esfera Método esfericidad

MATERIAL	PROGRAMA
<ul style="list-style-type: none"> *Soporte universal *Pinza de soporte *Regla *Cámara fotográfica 	<ul style="list-style-type: none"> *Image J

El método consistió en la captura de fotografías de las esferas obtenidas durante la encapsulación proyectándolas en el programa ImageJ, mediante el uso de éste se calculó el área real, perímetro y circularidad de las esferas (durante la experimentación se empleó la misma cámara a la misma altura con ayuda del soporte universal). En la Figura 17 se muestra el programa ImageJ que se utilizó para el método de esfericidad.

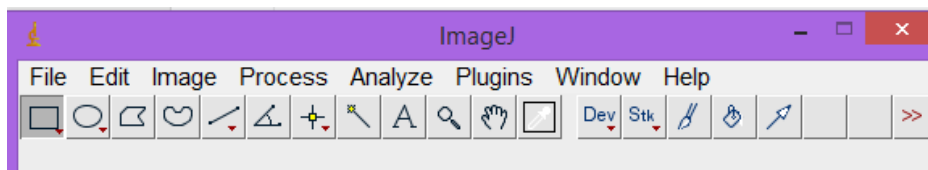


Figura 17. Programa ImageJ.

El programa ImageJ se programó de acuerdo a la escala siguiente. Unidad de longitud en milímetros y una distancia en pixeles de 29.6/1 mm. Del programa ImageJ se obtuvieron los siguientes datos:

- Área: es calibrada en milímetros cuadrados
- Perímetro: la longitud de la frontera
- Circularidad: el parámetro que cuantifica esta propiedad se define utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{4\pi A}{P^2}; \text{ un valor de 1 indica un círculo perfecto.}$$

Dónde:

A= área P= perímetro.

De cada parámetro se efectuó una repetición y se obtuvo la media aritmética, desviación estándar y el coeficiente de variación.

Evaluación de sinéresis

MATERIAL	EQUIPO
*Cajas petri de vidrio *Espátula	*Balanza analítica

La sinéresis se calculó mediante el volumen de líquido que exudaron las esferas, esto se evaluó durante 10 días. Donde se pesaron 3 g de esferas en cajas Petri selladas y se mantuvieron en refrigeración.

El porcentaje de sinéresis se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%S = \frac{P2}{P1} \times 100$$

Dónde:

P1= Peso inicial de la muestra.

P2= Peso inicial de la muestra menos el peso final de la muestra.

Determinación de pH

MATERIAL	EQUIPO
Vaso de precipitado 50 ml.	Potenciómetro (HORIZON Modelo: 5997-20).

Se determinó el pH de la solución antes de su encapsulamiento y una vez que las esferas estuvieron incorporadas en el yogurt mediante un potenciómetro (figura 18).



Figura 18. Potenciómetro HORIZON.

Objetivo Particular 4

Elaboración del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA.

Se elaboró el yogurt bajo en grasa empleando *L. rhamnosus* como probiótico y como cultivo indicador de la leche, así mismo, se adicionó el CLA encapsulado, como un ingrediente que ayude a incrementar el valor funcional del producto. En la elaboración del yogurt, se empleó una formulación teórica basada en la ingesta diaria nutrimental recomendada para la población mexicana, otorgándole al consumidor una importante fuente de energía de proteínas y cumpliendo con los estándares de la NOM-181-SCFI-2010 para considerar un yogurt bajo en grasa.

En la tabla 12, se describe la formulación del yogurt que se elaboró, posteriormente en la figura 19, se muestra el diagrama de proceso del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, ocupando un proceso similar al de V. Vásquez-Villalobos et al., 2015.

Tabla 12. Formulación del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado.

INGREDIENTE	%
LECHE	77
CULTIVO LACTICO	3
INULINA	2
FRUTA	15
STEVIA	3
TOTAL	100

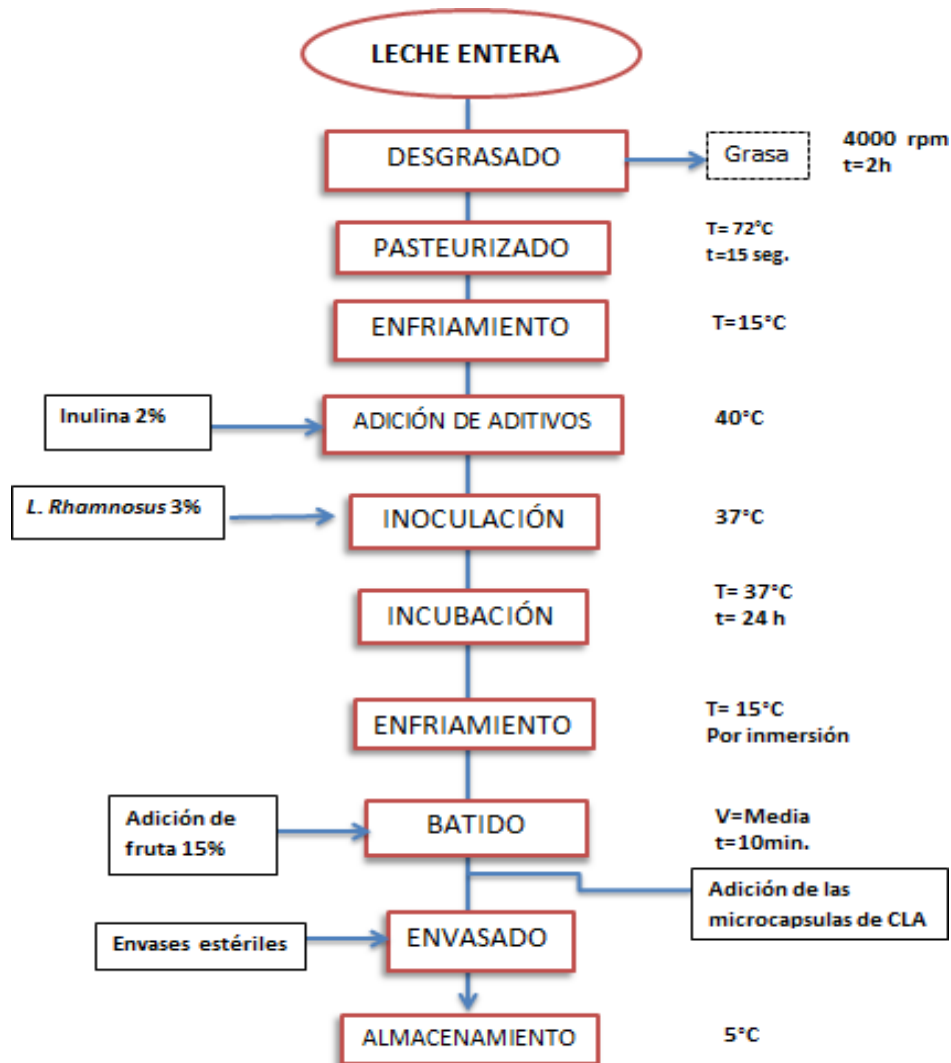


Figura 19. Diagrama de proceso del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado. Modificado de (V. Vásquez-Villalobos et al., 2015).

Descripción del proceso

- ✓ La elaboración del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA se realizó con las mejores condiciones higiénicas posibles, los materiales e instrumentos que se utilizaron en su elaboración fueron perfectamente lavados y esterilizados, con el objetivo de tener un producto que cumpla con las especificaciones microbiológicas de la NORMA Oficial Mexicana NOM-243- SSA1-2010.
- ✓ Para el desgrasado de la leche se usó la centrifuga de discos ubicada en la nave 2000 de la FESC., en la cual se agregaron 20 litros de leche entera de vaca para ser centrifugados a 4000rpm cumpliendo los estándares de la NOM-181-SCFI-

2010, separando la fase pesada (grasa, crema) de la fase ligera (leche) durante la centrifugación, el proceso de desgrasado duro 2h obteniendo 19 litros aprox. de leche desgrasada.

- ✓ Es imprescindible que cualquier producto alimenticio esté libre de microorganismos patógenos que pudieran perjudicar severamente la salud del consumidor, por ende, la leche ya desgrasada se pasteurizó a una temperatura de 72°C en un tiempo de 15 segundos (simulación UHT), garantizando la ausencia de cualquier forma vegetativa patógena sin comprometer las características químicas y sensoriales del producto. Inmediatamente de haber sido pasteurizada, se enfrió en baño María a una temperatura de 15°C.
- ✓ Posteriormente se adicionó la inulina a una temperatura de 40°C para ser utilizada como prebiótico debido a su capacidad selectiva de estimular el crecimiento, favoreciendo el incremento del número de bacterias beneficiosas y por consiguiente la disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales para el consumo humano.
- ✓ Se empleó el *L. rhamnosus* liofilizado como cultivo iniciador en caldo MRS y se incubó a 37°C por 24 horas en una incubadora orbital con agitación a 150 rpm. Posteriormente, este caldo con el *Lactobacillus*, se centrifugó por 20 min a una velocidad de 3000 rpm. Una vez centrifugado, se descartó el sobrenadante y el paquete celular se pasó a la leche y se incubó a 37°C por 24 h. Pasado este tiempo, la leche estaba cuajada y tenía un pH de 4.4, Esta leche cuajada (yogurt) se procedió a enfriarla por inmersión hasta alcanzar la temperatura de 15°C, para realizar el batido.
- ✓ En el batido del yogurt, se adicionó la fruta (ver apéndice 1) y manualmente se homogenizó durante 10 minutos. Posteriormente se adicionó el CLA encapsulado en esferas de alginato-quitosán.
- ✓ Finalmente, el yogurt fue envasado en recipientes de vidrio esterilizados, para posteriormente refrigerarlo a una temperatura de 5°C.
- ✓ Se elaboraron aproximadamente 500 ml de yogurt para realizar las posteriores pruebas y análisis.
- ✓ La inulina empleada como prebiótico en la formulación ® fue la marca comercial

Enature, el *L. rhamnosus* utilizado en la formulación® fue la marca comercial DUPONT. La concentración de cultivos lácticos fue empleada con base a la recomendación del proveedor y en la especificación de la **NOM-181-SCFI-2010** la cual tiene como límite el uso máximo del 7 % de cultivos lácticos empleados para la elaboración de yogurt.

En la Figura 20, se muestran algunas imágenes del proceso de elaboración del yogurt bajo en grasa a adicionado con CLA encapsulado.



Figura 20. Elaboración del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, a) desgrasado de la leche, b) inoculación c) incubación, fermentación de la leche, d) yogurt producto final.

Objetivo Particular 5

Calidad sanitaria del yogurt.

El yogurt al contener fuente de carbohidratos y proteínas lácteas, fue recomendable tomar como estándar de calidad sanitaria las especificaciones microbiológicas de la 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.

La evaluación sanitaria al yogurt se realizó con kits microbiológicos (3M™ Petrifilm™), los microorganismos analizados fueron: *Coliformes totales*, *Escherichia coli*, Mesofílicos aerobios, Hongos y Levaduras. Las especificaciones microbiológicas de la NOM-243-SSA1-2010 se describen en la tabla 13.

Tabla 13. Especificaciones microbiológicas. Leche y derivados Lácteos.

Microorganismo	Límite máximo
<i>Coliformes totales</i>	≤ 10 UFC/g o mL
<i>Escherichia coli</i>	≤ 3 NMP/g o mL
<i>Mesofílicos aerobios</i>	100,000 UFC/g o mL
<i>Hongos y levaduras</i>	50 UFC/g o mL

Se preparó una solución salina al 0.85%. De esta solución se agregaron 9ml en un tubo de ensayo, se tapó con algodón, y se esterilizó. A la solución esterilizada, se le agregó 1ml de muestra (yogurt) y se mezcló vigorosamente. Posteriormente, se levantó el film superior de la placa Petrifilm™, y con ayuda de una micropipeta se añadió 1ml de la mezcla en el centro del film, dejando caer el film superior para sellar la placa, evitando la formación de burbujas. Las placas de Coliformes totales, *E. coli* y Mesofílicos aerobios. Se incubaron a una temperatura de 37°C durante 24 horas, las placas de hongos y levaduras se dejaron a temperatura ambiente durante 72 horas, transcurrido el tiempo de incubación, se realizó el conteo microbiano consultando la guía de interpretación de resultados 3M™ Petrifilm™. De esta manera, se evaluó si el yogurt cumplió con los estándares de calidad sanitaria que

exige la NOM-243-SSA1-2010. En la Figura 21, se muestra la incubación de las placas.



Figura 21. Incubación de placas 3MTM Petrifilm™.

Objetivo Particular 6

Realizar perfil lipídico del consumidor

Para regular y mejorar el perfil lipídico del consumidor y poder visualizar los resultados esperados al consumir el yogurt funcional se optó por realizar un perfil lipídico a un consumidor durante 30 días de consumir el yogurt en una presentación de 250 g conteniendo aproximadamente 1.5 g de CLA por yogurt. El perfil lipídico se le realizó a un consumidor, antes de consumir el yogurt para conocer sus parámetros normales de salud y se volvió a realizar el perfil lipídico al finalizar el consumo del yogurt durante 30 días, esto con el fin de conocer la funcionalidad del producto en el perfil lipídico.

Objetivo Particular 7

Evaluación sensorial del producto.

Se realizó la evaluación sensorial del yogurt bajo en grasa con adición de CLA encapsulado en esferas de quitosán-alginato, con 50 jueces no entrenados de edades variadas (19 a 53 años), pidiéndoles que no ingirieran ningún tipo de alimento o bebida durante la evaluación. Para la evaluación se efectuaron pruebas de nivel de agrado y pruebas hedónicas, evaluando parámetros como: sabor, color, olor, textura, dulzor y apariencia con siete niveles de aceptación (me gusta mucho,

me gusta moderadamente, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta poco, me disgusta moderadamente y me disgusta mucho). A cada juez se le otorgó una encuesta con sus respectivas indicaciones (ver Apéndice 2). Con los datos obtenidos de la evaluación sensorial, se realizaron los análisis estadísticos correspondientes y se determinó si el yogurt fue sensorialmente aceptado. En la Figura 24, se muestra una imagen de la evaluación sensorial anteriormente descrita.

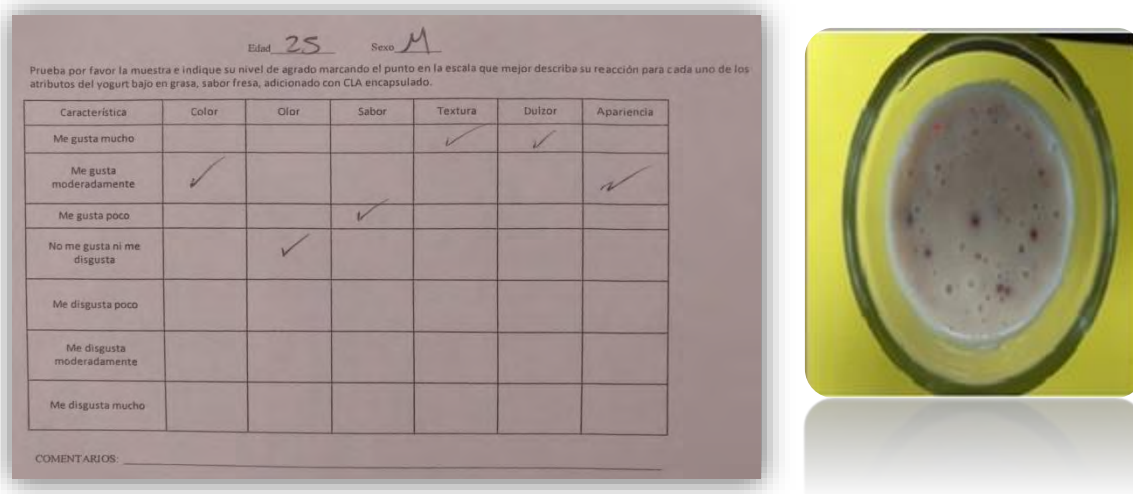


Figura 22. Evaluación sensorial.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición pruebas de andén

En la Tabla 14 se observa que los resultados de las pruebas de anden realizadas a la leche de vaca están dentro de los límites de la **NMX-155-SCFI- 2012**, **NMX-F-424-1982** y **NMX-F-420-1982** por lo tanto, la materia prima es apta para el desarrollo del yogurt, ya que no representa ningún riesgo para el consumidor.

Tabla 14. Pruebas de Anden de la leche.

PRUEBA	VALORES TEORICOS	VALORES OBTENIDOS
ACIDEZ	1.4 - 1.7 g/L	1.87 g/L
DENSIDAD	1.029 - 1.032	1.030 g/mL
pH	6.5	6.5

Composición Química de la leche

En la Tabla 17, se observan los resultados del AQP realizado tanto a la leche entera como a la leche desgrasada y pasteurizada.

Tabla 15. Composición química de la leche entera.

COMPONENTE	% LECHE ENTERA	% LECHE DESGRASADA Y PASTEURIZADA
PROTEINA	3.08	3.02
HUMEDAD	79.33	91.49
GRASA	>7	0.1
CENIZAS	0.57	0.73
CARBOHIDRATOS	4.66	4.66
TOTAL	100	100

En efecto, se observa que la leche desgrasada obtuvo una considerable disminución de grasa (0.1%) respecto al porcentaje de grasa en la leche entera con un valor mayor al 7%, ya que en el caso de la leche entera al realizarse la lectura del porcentaje de grasa en los butirómetros Gerber, esta rebasaba la escala del butirómetro. Con un porcentaje proteico del 3.02%, 4.66% de carbohidratos y 0.1% de grasa, la leche desgrasada se considera con buen aporte nutricional, igualmente cumple con los parámetros requeridos de la **NMX-155-SCFI- 2012** de especificaciones fisicoquímicas de la leche considerada desgrasada, otorgándole al consumidor una importante fuente de proteína y una reducción en el porcentaje de grasa saturada, siendo así, apta para consumidores de todas las edades y/o personas con problemas de obesidad y sobrepeso.

Conteo de microorganismos viables en el yogurt (UFC).

Se realizó el conteo aplicando la técnica de cuenta en placa (UFC), con el fin de conocer la concentración inicial del microorganismo *Lactobacillus rhamnosus* presentes en el yogurt.

A continuación, se muestra el conteo del *Lactobacillus rhamnosus* obtenidos a su concentración inicial y por un periodo de 6 horas, se realizó por duplicado y se muestran los promedios en la tabla 16.

Tabla 16. Viabilidad de *Lactobacillus rhamnosus* en un periodo de 6 horas.

Horas	UFC/g
0	219
1	224
2	239
3	358
4	447
5	494
6	553

Con los datos obtenidos se pudo determinar la concentración inicial del *Lactobacillus rhamnosus* de 2.19×10^8 unidades formadoras de colonias presentes, este número es tomado en cuenta para cumplir los estándares establecidos bajo la normatividad de la **NOM-181-SCFI-2010** en el área de los alimentos cumpliendo los estándares (106–107 UFC) mínimos requeridos para la elaboración de yogurt.

Evaluación de propiedades físicas en las esferas

En un estudio previo, Garduño (2011), elaboró esferas de quitosán-alginato a diferentes concentraciones las cuales fueron sometidas a condiciones gastrointestinales, donde reportó las mejores condiciones utilizando 1% quitosán-2% alginato + 0.05M CaCl₂, concentraciones que se tomaron como referencia para el presente estudio; sin embargo, el único valor que se cambió fue la concentración del CaCl₂ para que las esferas mostraran mayor rigidez y una mayor consistencia aumentándolo a 0.5M.

Se formaron las esferas de gel instantáneamente al contacto con la solución de CaCl₂ atrapando las células en una red tridimensional como se muestra en la figura 23. El éxito de la técnica de encapsulación del gel de alginato es debido al ambiente suave que proporciona para el material atrapado, así mismo ésta es de bajo costo y presenta biocompatibilidad con ácidos grasos.



Figura 23. CLA encapsulado.

Método de esfericidad

Una vez obtenidas las esferas de quitosán/alginato se evaluó la esfericidad para 5 esferas como se muestra en la figura 24. Posteriormente en la tabla 17 se muestran los datos obtenidos en el programa ImageJ, de cada parámetro se obtuvo la media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación.

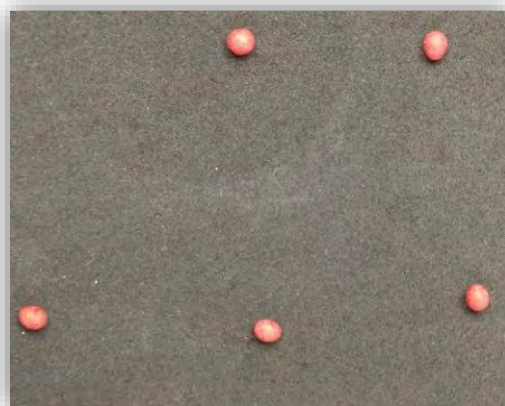


Figura 24. Esferas analizadas para el método de esfericidad.

Tabla 17. Análisis de área, perímetro y circularidad en esferas.

Esfera	Diámetro(mm)	Área	Perímetro	Circularidad
1	3.2247	8.1670	10.7650	0.9100
2	3.2520	8.3060	10.8170	0.8920
3	3.1077	7.5850	10.3310	0.8931
4	2.7315	6.1970	9.2250	0.8856
5	2.8513	6.3850	9.5040	0.8883
x	3.0434	7.338	10.1474	0.8928
DE	0.2011	0.9587	0.6989	0.0095
CV	0.0649	0.1205	0.0679	0.0107

El área promedio de las 5 esferas fue de 7.338 mm² valores que dependieron del diámetro de la aguja utilizada, y se muestra que las esferas tuvieron una circularidad de 0.89 lo que nos indica que las esferas que se obtuvieron fueron uniformes.

Sinéresis de esferas

Los resultados de la sinéresis se muestran en la tabla 18 a partir de los cuales se graficó la media de 3 muestras estudiadas para visualizar mejor la pérdida de peso como se muestra en la figura 25, así mismo en la tabla 19 se muestra el porcentaje de sinéresis perdido durante los días de evolución.

Tabla 18. Análisis de parámetros estadísticos para sinéresis.

	CAJA 1 (g)	CAJA 2 (g)	CAJA 3 (g)	X	DE	CV
Día 0	3	3	3	3	0	0
Día 1	2.7	2.8	2.9	2.8	0.1	0.0357
Día 3	2.7	2.7	2.9	2.77	0.1155	0.0417
Día 5	2.5	2.6	2.8	2.63	0.1528	0.0580
Día 7	2.4	2.5	2.7	2.53	0.1528	0.0603
Día 10	2.3	2.4	2.6	2.43	0.1528	0.0628

Tabla 19. Porcentajes de sinéresis.

Día	%
1	6.67
3	7.78
5	12.22
7	15.56
10	18.89

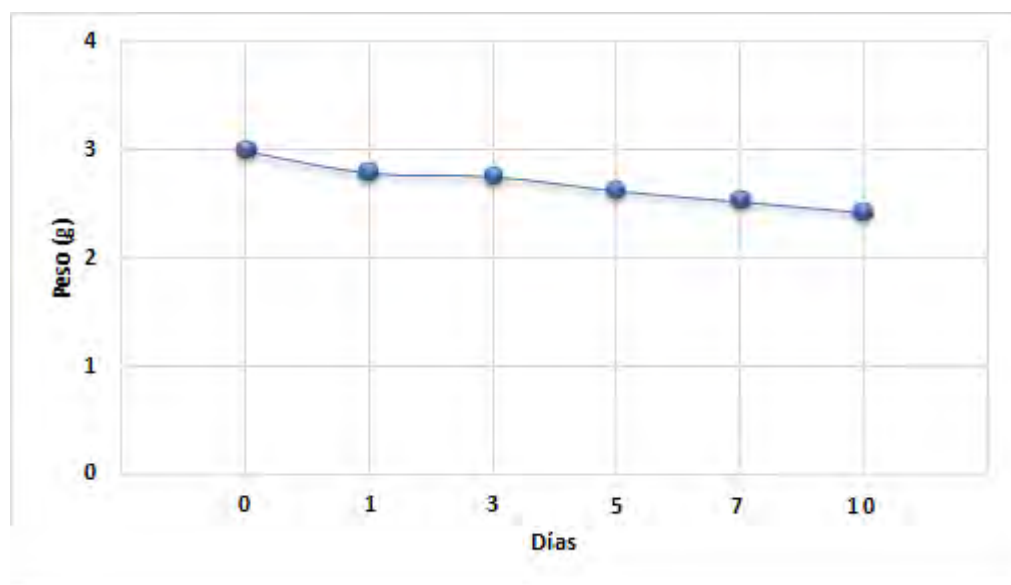


Figura 25. Pérdida de agua de las esferas en condiciones de refrigeración.

Podemos observar con los datos obtenidos, que con el transcurso del tiempo el agua contenida en las esferas de alginato se evaporó de manera proporcional al tiempo transcurrido, al paso de 10 días el agua liberada de las esferas fue de 18.89% disminuyendo por tanto el volumen de la esfera. Por tal motivo, se recomienda incrementar el tiempo de reposo de las esferas dentro de la solución (quitosán+CaCl₂) para fortalecer la esfera o bien aumentar la concentración de CaCl₂ para así incrementar los enlaces de iones de calcio de tal manera que se favorecerá la capacidad de retención de moléculas de agua de las esferas.

pH

En la tabla 20 se muestran los diferentes valores de pH para las muestras de la solución a encapsular y de la solución en la que se mantuvieron las esferas incorporadas durante su período de vida.

Tabla 20. Valores de pH.

	pH
Solución de CaCl ₂	5.4
Alginato+CLA+Quitosan+Color+Sabor fresa	6.2
Esferas	5

Los valores de pH a lo largo del almacenamiento del producto se mantuvieron constantes con un pH de 5, donde el CLA fue tolerante y se mantuvo viable, además se comprueba que no hubo un cambio en el gel formado por las esferas de alginato/quitosán debido a que no estuvieron expuestas a variaciones de pH ya que por debajo de pH 2 y por encima de pH 6.5 el alginato pierde viscosidad y resistencia de gel rápidamente.

Elaboración del yogurt

Se elaboró exitosamente la formulación del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado en esferas de alginato-quitosán, se envasó y se almacenó en

refrigeración para su posterior análisis. En cuanto al yogurt elaborado con la adición de la inulina como prebiótico experimentalmente, se observó que incrementó cuantitativamente el crecimiento del *L. rhamnosus* ayudando a la producción de ácido láctico para que se lleve a cabo la fermentación de la leche en buenas condiciones, además de incorporarle tanto prebióticos como probióticos al yogurt lo convierten en una bebida y/o yogurt funcional para el consumo humano. Buscando a su vez ser una bebida novedosa con un aporte adicional de CLA de alto valor biológico ausentes en bebidas y/o en yogures convencionales como la mayoría que se consumen en nuestro país.

Composición Química del yogurt

En la Tabla 21, se reportan los resultados del análisis químico proximal del yogurt adicionada con CLA encapsulado en esferas de alginato-quitosán.

Tabla 21. Composición química del yogurt adicionado CLA.

COMPONENTE	%
PROTEINA	2.92
HUMEDAD	86.8
GRASA	0.1
CENIZAS	0.79
CARBOHIDRATOS	9.25
TOTAL	100

En efecto, se observa que el yogurt obtuvo una considerable disminución de grasa (0.1%) respecto al porcentaje de grasa inicial en la leche entera con un valor mayor al 7%. Con un porcentaje proteico del 2.92%, 9.25% de carbohidratos y 0.1% de grasa, el yogurt adicionado con CLA, se considera un producto con buen aporte nutrimental, otorgándole al consumidor una importante fuente de energía de proteínas y así mismo cabe mencionar que el contenido de grasa saturada (0.1%) se mantuvo en el proceso de elaboración del yogurt cumpliendo con los estándares de la **NOM-181-SCFI-2010** para considerar un yogurt bajo en grasa. Con la adición de la fruta (fresa), el porcentaje de carbohidratos se elevó respecto al porcentaje inicial

de la leche desgrasada y pasteurizada. Para evitar el aumento considerable en calorías se utilizó un edulcorante natural (stevia) sin substituir algún otro componente. Puede ser un producto apto para consumidores de todas las edades, personas con problemas de obesidad y sobrepeso, así mismo para personas con diabetes, excepto para personas que presenten alergenicidad a algún ingrediente.

Calidad sanitaria del yogurt

En la Figura 26, se muestran las placas (medios de cultivo 3M™ Petrifilm™) de la evaluación microbiológica de Coliformes totales, *Escherichia coli*, Mesofílicos aerobios, Hongos y Levaduras en el yogurt adicionado con CLA Posteriormente en la Tabla 22, se muestran los resultados de las unidades formadoras de colonias (UFC) interpretados con la ayuda de la guía 3M™ Petrifilm™.

Estos resultados se contrastan con las especificaciones microbiológicas y límites máximos de la NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010.

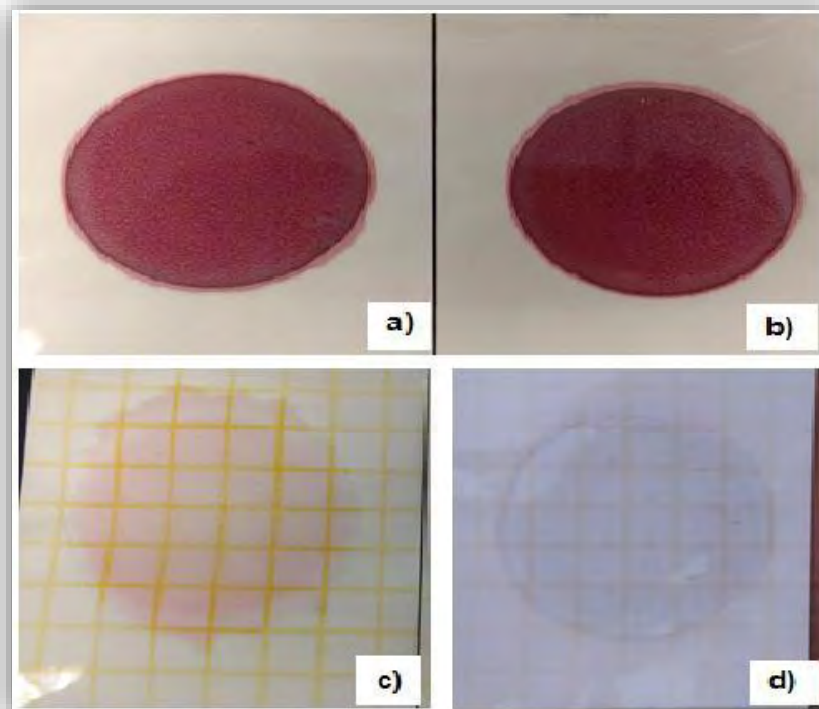


Figura 26. Medios de cultivo (3M™ Petrifilm™). Coliformes totales (a), *Escherichia coli* (b), *Mesofílicos aerobios* (c), *Hongos y Levaduras* (d).

Tabla 22. Comparación de los resultados de la evaluación microbiológica (3MTM Petrifilm™) de la bebida carbonatada con los límites máximos de la NOM-243-SSA1-2010.

Microorganismo	Límite máximo (NOM-243-SSA1-2010)	Calidad sanitaria Yogurt adicionado con CLA
Coliformes totales	≤10 UFC/g o MI	Ausente
Escherichia coli	≤ 3 NMP/g o MI	Ausente
Mesofílicos aerobios	100,000 UFC/g o mL	Ausente
Hongos y levaduras	50 UFC/g o MI	Ausente

En la Tabla 22, se observa que los resultados de la evaluación microbiológica del yogurt adicionado con CLA están por debajo de los límites máximos de la **NOM- 243-SSA1- 2010**, por ende, el producto es apto para consumo humano, ya que no representa ningún riesgo sanitario para el consumidor.

Perfil Lipídico

En la Figura 27 se muestra el estudio realizado del perfil lipídico del consumidor antes de los 30 días de ingerir el yogurt, posteriormente en la figura 28 se muestran los resultados del perfil lipídico realizado después del periodo de ingesta del yogurt adicionado con CLA encapsulado en esferas de quitosán-alginato.

Determinación	Resultados	Unidades	Valores Normales
QUÍMICA CLÍNICA			
GLUCOSA	A 120.00	mg/dL	74.00 - 108.00
COLESTEROL TOTAL	A 248.00	mg/dL	140.00 - 200.00
TRIGLICERIDOS	A 210.00	mg/dL	0.00 - 200.00
Exámenes Validados Por: ROSARIO MATORANO MALDONADO Matrícula: 000000009630383			
UROANÁLISIS			
EXAMEN GENERAL DE ORINA			
GLUCOSA	NEGATIVO	mg/dL	NEGATIVO
BILIRUBINAS	NEGATIVO	mg/dL	NEGATIVO
CETONAS	NEGATIVO	mg/dL	NEGATIVO

Figura 27. Estudio perfil lipídico del consumidor antes de la ingesta del yogurt, parámetros más importantes a resaltar en el estudio son: Glucosa 120 mg/dL, Colesterol total 248 mg/dL, Triglicéridos 210 mg/dL.

Química Sanguínea 24	
Química Clínica - Tecnología: Quimioluminiscencia Automática	
Glucosa	74 mg/dL
Urea en Suero	31 mg/dL
Creatinina en Suero	0.9 mg/dL
Acido Úrico en Suero	8.3* mg/dL
Colesterol Total	188 mg/dL
HDL	38.8 mg/dL
LDL	110.6 mg/dL
Índice Aterogénico	4.8
Triglicéridos	201* mg/dL

Figura 28. Estudio perfil lipídico del consumidor después de la ingesta del yogurt durante 30 días, parámetros más importantes a resaltar en el estudio son: Colesterol total 188 mg/dL, HDL 38.8 mg/dL, LDL 110.6 mg/dL, Triglicéridos 201 mg/dL.

Mediante los resultados obtenidos en el perfil lipídico realizado a un consumidor del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado en esferas de quitosanolginate, en una presentación de 250g conteniendo aproximadamente 1.5g de CLA por yogurt, se dedujo que el efecto del CLA fue favorable sobre el perfil lipídico del consumidor durante el periodo de ingesta, cabe mencionar que el yogurt fue ingerido diariamente 2 veces al día durante este periodo. Los resultados a destacar en este estudio fue el colesterol con un valor inicial de 248mg/dL (superando los valores normales de colesterol en una persona sana), y con un valor final de 188mg/dL logrando estar dentro de los niveles normales de colesterol en una persona (valores que implementan la SSA.), donde se determinó que hubo una diferencia. Por otro lado, respecto a los niveles de triglicéridos obtenidos en este estudio no hubo una variación significativa; con un valor inicial de 210 mg/dL (valor ubicado por encima de los parámetros normales) y con un valor final de 201 mg/dL (valor más cercano a los parámetros normales) al concluir el tratamiento. Respecto a la variación en la disminución de grasa corporal y aumento en la masa magra no hubo una diferencia significativa, se espera que con un tratamiento más prolongado exista una disminución en la grasa corporal y por ende un aumento en la masa magra del consumidor.

Aceptación sensorial del yogurt

A continuación, en la Tabla 23, se presentan los resultados de la evaluación sensorial para el nivel de agrado de color, olor, sabor, dulzor, apariencia y textura del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, posteriormente en la figura 29, se muestra la gráfica de resultados obtenidos respecto al porcentaje de aceptabilidad de cada propiedad organoléptica del yogurt.

Tabla 23. Nivel de agrado del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado.

NIVEL DE AGRADO	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	DULZOR	APARIENCIA
Me gusta mucho	15	4	11	11	10	11
Me gusta moderadamente	18	9	16	17	14	20
Me gusta poco	11	12	13	11	8	7
No me gusta ni me disgusta	5	9	3	8	8	10
Me disgusta poco	1	8	5	2	8	1
Me disgusta moderadamente	0	4	0	1	1	0
Me disgusta mucho	0	4	2	0	1	1
Total	50	50	50	50	50	50

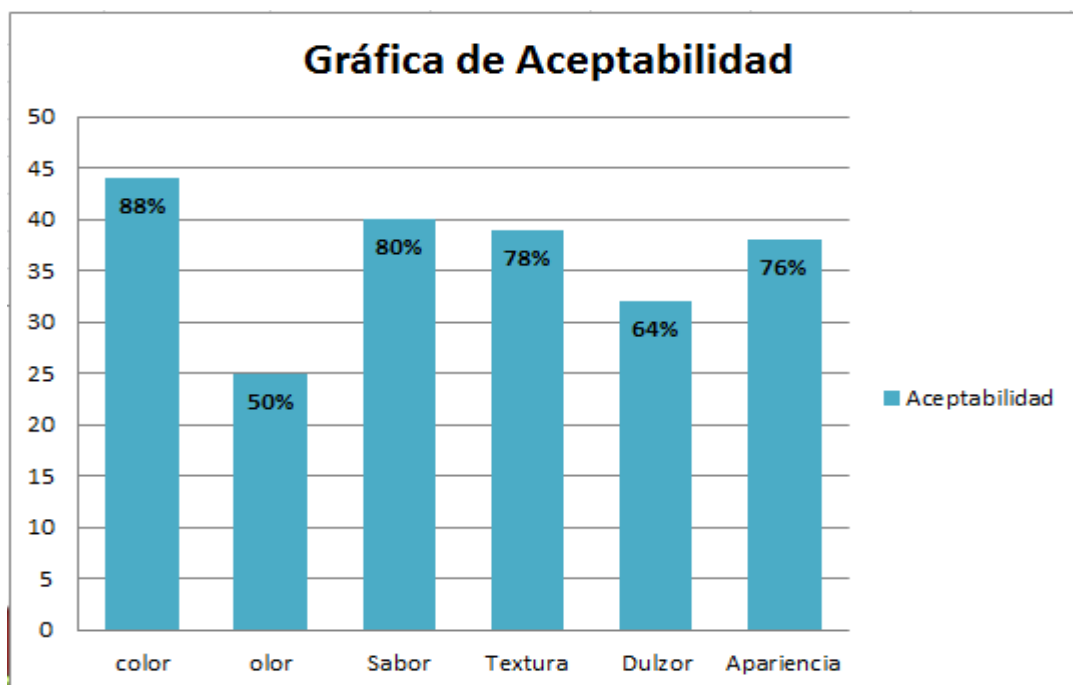


Figura 29. Gráfica de Aceptabilidad del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba sensorial realizada al yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, se observó que el atributo con mayor aceptación fue el color con un 88%, mientras que el olor fue la propiedad organoléptica con el menor porcentaje de aceptación con un 50%, en cuanto a sabor, textura y apariencia el porcentaje entre ellos fue similar brindando una buena aceptabilidad del producto, respecto al porcentaje de dulzor, éste se vio influenciado según el umbral de percepción de cada persona, resultando un porcentaje del 64% de aceptación.

CONCLUSIONES

Hoy en día los cultivos probióticos y las bebidas funcionales poseen gran importancia a nivel mundial, debido a que mediante numerosos estudios se ha logrado demostrar que poseen diversos efectos benéficos para el ser humano, tales como el favorecimiento del equilibrio de la microflora intestinal, estimulación del sistema inmune, entre otros.

Las esferas de CLA contenidas dentro del yogurt no se vieron afectadas debido a que no estuvieron expuestas a tratamientos prolongados de calor ni variaciones extremas de pH para que se provocara una degradación de la membrana o del gel formado.

Se obtuvo la formación de esferas bajo las concentraciones ya establecidas (quitosán 1% + alginato 2% y CaCl_2 al 0.5M), las cuales conservaron sus dimensiones durante su almacenamiento una vez incorporadas en el yogurt. La combinación de los polímeros quitosán-alginato junto con los iones de calcio permitió una buena estabilidad de las esferas en el medio líquido que se encontraban, sin embargo, al evaluar la sinéresis de las esferas, por si solas se pudo observar una ligera pérdida de peso por lo que se recomienda que para futuros estudios se tendrían que dejar reposar por mayor tiempo las esferas en la solución (CaCl_2) o aumentar la concentración de las mismas soluciones para aumentar su estabilidad y lograr que disminuya el porcentaje de sinéresis.

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se confirma que el uso de quitosán-alginato para encapsular un ácido graso es viable para tener cápsulas estables y resistentes junto con la adición de CaCl_2 , además en el medio líquido donde se encontraban el agente prebiótico (inulina) como el pH fueron favorables tanto para el medio de almacenamiento de las cápsulas como para el crecimiento del *Lactobacillus rhamnosus*.

El yogurt con el probiótico *Lactobacillus rhamnosus* cuenta con la viabilidad suficiente 2.19×10^8 UFC/g para ser un producto funcional debido a que cumple y supera las UFC requeridas por la **NOM-181-SCFI-2010** la cual indica el yogurt deberá contener como mínimo 106 UFC/g en cultivos alternativos adicionales que permanecieron viables y abundantes hasta la fecha de caducidad del producto para

así ejercer un beneficio en la salud del consumidor.

Con el consumo de una gran variedad de alimentos, el ser humano tiene la posibilidad de recibir un sinnúmero de beneficios a la salud, a través de diversas biomoléculas activas como es el caso del CLA. Realizado el perfil lipídico al consumidor en este se refleja una disminución significativa principalmente en los niveles de colesterol después de su ingesta diaria del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado durante 30 días. Por otro lado, en los valores de triglicéridos no hubo diferencia significativa al término del tratamiento, respecto a los resultados obtenidos se puede decir que, el yogurt aporta el complemento de la alimentación diaria para adquirir los 3 g/día de CLA que se recomiendan consumir para poder tener un efecto benéfico sobre el perfil lipídico. La dosis, la composición de isómeros y la duración del tratamiento favorecen las discrepancias encontradas entre los distintos trabajos de investigación. Por otro lado, el tamaño muestral, el sexo y el estado nutricional (peso y composición corporal) y fisiopatológico (dislipemia, hipertensión arterial, alteración en el metabolismo glucídico o síndrome metabólico) del consumidor, así como la práctica o no de actividad física y el control de la dieta durante la intervención podrían influir en los resultados obtenidos en este estudio.

Se puede concluir que la mezcla de isómeros del CLA comercializados en forma muy eficaz por sus efectos sobre el peso corporal, sus efectos benéficos en el perfil lipídico y en la salud, en este estudio dieron resultados principalmente en el perfil lipídico mediante su consumo diario en una presentación de 250g conteniendo aproximadamente 1.5g de CLA por yogurt. Es muy probable que el acceso comercial a estos isómeros continúe siendo como mezcla de CLA y no como compuestos purificados, debido al alto costo que implica su separación y concentración. Se espera que con un tratamiento más prolongado es decir de 12 semanas mínimas de duración, realizados con una mezcla en iguales cantidades de los dos isómeros principales de CLA (cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12) y con dosis de entre 3 y 4g se espera obtener los resultados más beneficiosos sobre el perfil lipídico en el consumidor que presentan sobrepeso u obesidad, es decir, aumento en la masa magra además el aumento en el nivel de trombocitos en la sangre, así como el

porcentaje de proteína en la composición corporal. Cabe mencionar que al consumidor de este yogurt su sistema digestivo mejoro considerablemente atribuyéndolo al *L. rhamnosus* y sus efectos benéficos principalmente en el tracto intestinal.

En cuanto al yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado, al ser un producto novedoso e inusual, sorpresivamente logró obtener buena aceptación sensorial con lo cual, el proceso de desgrasado de la leche como la coagulación del yogurt por el *Lactobacillus rhamnosus* y la adición de las microcápsulas de CLA no afectó el sabor en general del yogurt ni afectó alguna propiedad fisicoquímica, pero si su olor, otorgándoles una ligera sensación a un aroma ácido al momento de evaluar el producto. Dicho problema se podría solucionar bajando la concentración del probiótico utilizado (*L. rhamnosus*) y utilizar algún otro probiótico a una concentración igual o más elevada, o sustituir este probiótico por alguna mezcla de *lactobacillus* que ayuden a la fermentación de la leche, de igual manera se podría incrementar la pulpa de fruta utilizada (fresa) o susutituir la por alguna fruta menos ácida. Por otro lado, el CLA tiene un olor ligeramente ácido pero aplicando la encapsulación de alginato-quitosán en gran porcentaje el olor se inhibió. Cabe mencionar, que ese porcentaje mínimo de olor restante, se podría reducir, ya sea, incrementando el sabor añadido a las esferas (fresa) o aplicando un aroma adicional a dichas esferas. En cuanto a la textura del yogurt, el tamaño de las microcápsulas de CLA, no causaron problemas al consumidor provocando una aceptación en cuanto a textura y apariencia.

Por su calidad sanitaria, su aceptación sensorial y su aporte nutrimental, el yogurt bajo en grasa adicionado con CLA encapsulado podría ser comercializado, ya que presenta mejor valor nutrimental que cualquier yogurt convencional, sin embargo, para poder analizar dicha posibilidad, es indispensable realizarle análisis más específicos como: estabilidad, análisis fisicoquímicos, caracterización reológica, pruebas de anaquel, y análisis de costos. Dichas actividades podrían ser propuestas para futuros proyectos.

REFERENCIAS

- Adolfo, R., & Huertas, P. (2012). Yogur en la salud humana. *Investigación*, 9(2), 162–177.
- Alonso, L. E P Cuesta, y S E Gilliland. (2003). —Production of free conjugated linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* of human intestinal origin. *Journal of Dairy Science* 86:1941-1946.
- AOAC. (1990). *Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemist. Vol.II, Washington, D.C.
- Atkinson RL. (1999). Ácido linoleico conjugado para alterar la composición corporal y tratar la obesidad. En: Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ (eds.). *Avances en la investigación del ácido linoleico conjugado*. Champaign, IL: prensa AOCS, 328-353.
- Ayala, A.-E. G. (2009). Ácido linoleico conjugado Un nuevo ingrediente funcional. *Ámbito Farmacéutico Nutrición*, 28, 44–49.
- Baddini F. A., Fernandes P. A., Ferreira da C. N. and Goncalves. B. R. (2009). Conjugated linoleic acid (CLA): effect modulation of body composition and lipid profile. *Nutricion Hospitalaria*, 24(4), 422–428.
- Barquera, S. N., Barrera, I. C., Hernández, L., & Rivera, J. D. (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. *Evidencia para la política pública en salud*. ENSANUT Encuesta Nacional de Salud Y Nutrición 2012, 2–5.
- Belury, M. (1997). Dietary conjugated linoleic acid induces peroxisome-specific enzyme accumulation and ornithine decarboxylase activity in mouse liver. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 8:579-584.
- Benjamin S. y Spener F. (2009). Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits [Publicación periódica] // *Nutrition & Metabolism*.
- Cáceres P. R., Gotteland M. R. (2010). Alimentos probióticos en Chile: ¿qué cepas y qué propiedades saludables? *Instituto de Nutrición Y Tecnología de Los Alimentos (INTA)*, Universidad de Chile, Santiago., 37, 97–109.

- Chamorro Ortiz de Zárate, E. (2011). Uso De Ácido Linoleico conjugado (CLA) en Sobrepeso / Obesidad. Evaluacion de su Efectividad y seguridad. *Sanidad Alimentaria, Dirección de Salud Pública*, 1–34.
- D.R. Secretaría de Salud. (2013). Estrategia Nacional para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes. *Secretaria de Salud, primer ed.* (México, D.F), 105.
- Departamento de Ciencia y Tecnología. (2005). Trabajo Practico: Biocatalizadores inmovilizados. [En línea]. Disponible en <http://bioprocesos.unq.edu.ar/biopro%20ii/celulas%20inmovilizadas%20tp>.
- DUPONT. (2013). Lactobacillus rhamnosus HN001™. [En línea]. Disponible en <http://www.danisco.com/product-range/probiotics/howarur-premium-probiotics/howarur-rhamnosus-probiotics/>
- Ensanut. (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016., (México, D.F), 1–154.
- FAO Y OMS. (2006). Probióticos en los alimentos: Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Estudio FAO Alimentación y Nutrición no. 85 Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FHF. (2018). Fundación Hipercolesterolemia Familiar. [En línea]. Disponible en <http://www.cholesterolfamiliar.org/hipercolesterolemia-familiar/colesterol-y-trigliceridos/>.
- Fuentes, B. L., Acevedo, C. D., Chantré, C. A., & Gelvez, O. V. M. (2015). Alimentos funcionales: Impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 13(2), 140.
- Garduño B. E., (2011). Viabilidad de Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus en esferas de quitosán-alginato sometidas a condiciones gastro-intestinales in vitro, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México.
- GeoSalud (2018). Nutrición, colesterol y trigliceridos altos. [En línea]. Disponible en <https://www.geosalud.com/nutricion/trigliceridos-colesterol-altos.html>.

- González, M.B.E., Jiménez, S. Z., M. L. C. L. y E. S.-P. (2010). Ácido linoleico conjugado como estrategia para el control de la obesidad. *Revista Salud Pública Y Nutrición*, 11(4), 9.
- Krasaekoopt, W., & Bhandari, B. (2012). Properties and applications of different probiotic delivery systems. *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*, 541–594.
- León-Lugo F. M. (2016). Evaluación de la viabilidad de *Lactobacillus rhamnosus* encapsulado en esferas de quitosán-alginato incorporadas en un yogurt bebible., TESIS que para obtener el título ingeniero en alimentos; *Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM*, Edo. de México., 64.
- León-Sánchez, E. J. R., María, I. D. C., Paz, D., Dra, I. I., & De, C. M. (2014). *Conjugated linoleic acid: from nature to biotechnological use*, XXVI, 235–258.
- Lin, T. Y. (2003). Influence of lactic cultures, linoleic acid and fructo-oligosaccharides on conjugated linoleic acid concentration in non-fat set yogurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 58, 11–14.
- López Perez L. A. (2012). Desarrollo de una bebida funcional adicionada con *Lactobacillus casei* y un antioxidante natural (jugo de granada), TESIS que para obtener el título de Ingeniero en alimentos; *Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM*, Edo. de México., 88.
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 57(4), 387–396.
- Marina, A. S. (2015). Obtención de una leche enriquecida de forma natural en ácidos grasos omega-3 y ácido conjugado linoleico (CLA) sin disminución de la cantidad de la grasa láctea. *Departament de Ciència Animal I Dels Aliments, Universitat Auntonoma de Barcelona*, 239.
- Mazza, G. (2000). Alimentos funcionales, aspectos bioquímicos y de procesado, Editorial Acribia, España. 355- 357
- Miranda, J. A. N., Fernandez-Quintela, A., & Del Puy P. M. (2014). ¿Son los isómeros del ácido linolénico conjugado una alternativa a isómeros del ácido

linoleico conjugado en la prevención de la obesidad? *Jonatan. Endocrinología Y Nutrición*, 61(4), 209–219.

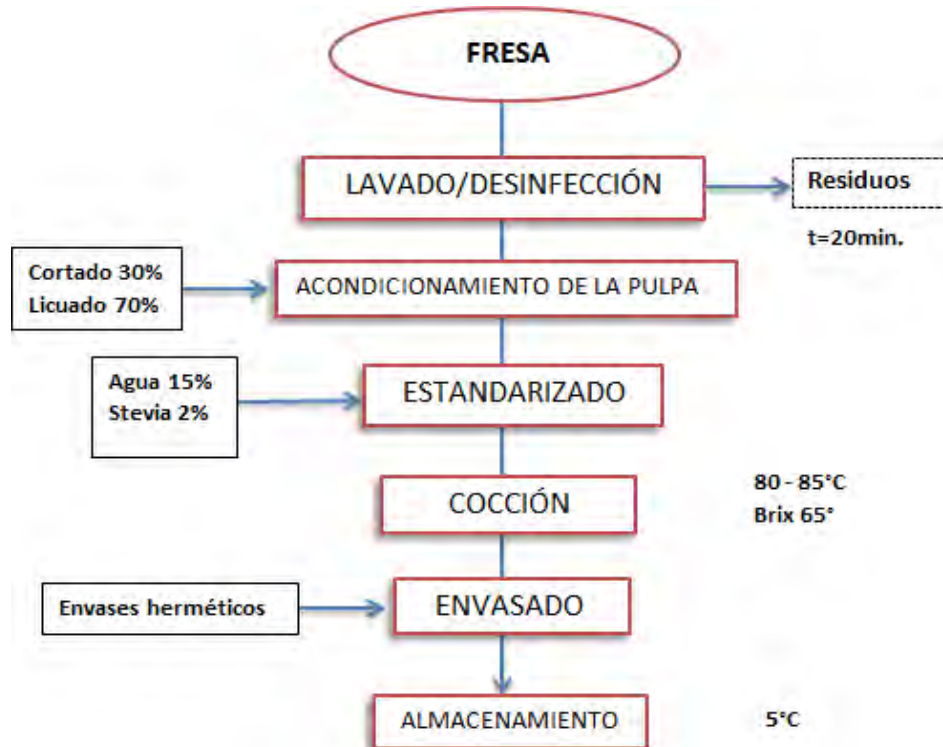
- NIDDK. (2016). The National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases Health Information Center. [En línea]. Disponible en <http://https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/diabetes/informacion-general/sintomas-causas>
- Nieto, I. M., Santacruz I., Moreno, R. (2014). Consolidación de materiales cerámicos por gelificación de polisacáridos, 34(1), 2–27.
- NMX-F-420-1982, Productos alimenticios para uso humano Determinación de acidez e leche fluida
- NMX-F-424-S-1982 Productos alimenticios para uso humano - Determinación de la densidad en leche fluida
- NOM-184-SSA1-2002 Leche, formula lactea y producto lacteo combinado. Especificaciones sanitarias
- NORMA Oficial Mexicana NOM-037-SSA2-2002, Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias. [En línea]. Disponible en <http://ww.salud180.com/salud-z/triglicéridos>.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba
- NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones y sanitarias. Metodos de prueba.
- Núñez, M. R. B. (2010). Desarrollo de bebidas lácteas funcionales con énfasis en ácido linoleico conjugado (CLA). *Departamento de ingeniería química y ambiental Bogotá D.C*, 1–146.
- Obregón R, M., & Valenzuela, A. (2011). Ácido linoleico conjugado, metabolismo de lípidos y enfermedad cardiovascular. *Rev Chil Nutr*, 36, 258–268.

- OCDE, (2017). Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, con mayor tasa de obesidad. [En línea]. Disponible en <http://gastronomiaycia.republica.com/2017/05/25/ranking-de-paises-de-la-ocde-con-mayor-tasa-de-obesidad-2017/>.
- Ogawa, Jun et al. (2005). —Production of conjugated fatty acids by lactic acid bacteria. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 100:355-364.
- Organización Mundial de la Salud (2017). Obesidad y sobrepeso. [En línea]. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.
- Pariza, Michael W., y Walter A. Hargraves. (1985). —A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz anthracene. *Carcinogenesis* 6:591-593.
- Park Y. y Pariza M. (2007). Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid [Publicación periódica] // *Food Research International*, 40, 311-323.
- Ramírez Zermeño, R. & Pérez Bejarano, J. (2010). Alimentos funcionales principios y nuevos productos, México: Trillas.
- Rodríguez. A. L. M., & Fontecha, J. (2007). Hot topic: Fatty acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomer composition of commercial CLA-fortified dairy products: *evaluation after processing and storage*. *J. Dairy Sci.*, 90(5), 2083–2090.
- Rodríguez. A. L. M., Harte, F., & Fontecha, J. (2009). Fatty acid profile and CLA isomers content of cow, ewe and goat milks processed by high-pressure homogenization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(1), 32–36. [En línea]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.10.003>.
- Rodríguez. B. S., & Giraldo, G. I. (2016). Encapsulación de Alimentos Probióticos mediante Liofilización en Presencia de Prebióticos Encapsulation of Probiotic by Freeze Drying in the Presence of Prebiotic, 27(6), 135–144.
- Sanhueza C. J., Nieto K. S. y Valenzuela A. B. (2002). Ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomeria trans potencialmente beneficioso., *Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile*. 29, N°2, 44–49.

- Schmid A. [y otros]. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: ArReview [Publicación periódica] // *Meat Science*, 73, 29 - 41.
- Sosa. J., Hernández. M. A., González. C. A. F., Vallejo. C. B. (2014). Producción de ácido linoleico conjugado (CLA) por bacterias ácido lácticas (BAL) y su efecto benéfico para la salud. *Asociación Interciencia*, 8, 540–546.
- Sosa-Castañeda, J.; Hernández-Mendoza, A.; González-Córdova, A. F.; Vallejo-Cordoba, B. (2014). *Producción de ácido linoleico conjugado (CLA) por bacterias ácido lácticas (BAL) y su efecto benéfico para la salud. Asociación Interciencia*, 8, 540–546.
- SSA, (2018). Secretaria de salud pública. [En línea]. Disponible en <http://www.gob.mx>.2018.
- Vásquez-Villalobos V., Aredo V., Velásquez, M. L. (2015). Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de yogur de leche descremada de cabra frutado con mango y plátano en pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 3, 14. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.04>
- Velazquez. D. M. (2014). Desarrollo de productos cárnicos adicionados con ácido linoléico conjugado, TESIS que para obtener el título de química de alimentos; *Facultad de Química UNAM, Mexico D.F.*, 82.

APÉNDICES

1- Diagrama proceso del concentrado de fresa



Procedimiento

Lavado y desinfección: la materia prima se somete a un lavado retirando todos los residuos presentes en la fruta para posteriormente desinfectarla durante 20 min.

En el acondicionamiento de la pulpa: la materia prima se corta en trozos pequeños y se licúa para generar pulpa alrededor de un 70%, adicionalmente se cortan trozos más pequeños para adicionarlos a la pulpa en menor porcentaje (30%).

Posteriormente la pulpa ya licuada, se estandariza agregando el 15% de agua de la formulación al igual se agrega el 2% del edulcorante natural (stevia), la mezcla se lleva a cocción a una temperatura de entre 80 y 85 °C hasta alcanzar una concentración de 65 °Brix.

Finalmente alcanzando la concentración de sólidos solubles deseada (65°Brix), se procede a envasar el concentrado en envases de plástico herméticos, una vez envasado el concentrado se enfría por refrigeración hasta alcanzar los 5°C para su posterior almacenamiento.

2-Encuesta realizada en la evaluación sensorial del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA.

2- Encuesta realizada en la evaluación sensorial del yogurt bajo en grasa adicionado con CLA.



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

Evaluación sensorial Encuesta de Aceptabilidad
Edad _____ Sexo _____ Ocupación _____

Prueba por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos del yogurt bajo en grasa, sabor fresa, adicionado con CLA encapsulado.

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

COMENTARIOS: _____
