

Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química
Programa de Posgrado en Alimentos del Centro
de la República (PROPAC)

“Obtención de un producto de confitería a base de bagazo de mango Ataulfo (*Mangifera indica L.*) y evaluación de su efecto prebiótico *in vitro* “

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTA

L. N. Daniela Flores Zavala

DIRIGIDA POR

Dra. Marcela Gaytán Martínez

CO-DIRIGIDA POR

Dr. Abraham Wall-Medrano

Centro Universitario

Santiago de Querétaro, Querétaro, 2018



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química
Maestría Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

“Obtención de un producto de confitería a base de bagazo de mango Ataulfo (*Manguifera indica L.*) y evaluación de su efecto prebiótico in vitro”

Tesis

Presenta:

Daniela Flores Zavala

Dirigido por:

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Co-Dirigido por

Dr. Abraham Wall Medrano

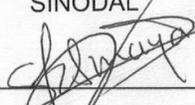
Dra. MARCELA GAYTÁN MARTÍNEZ
DIRECTOR

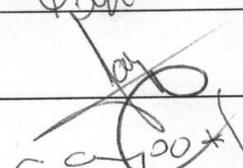
DR. ABRAHAM WALL MEDRANO
SINODAL

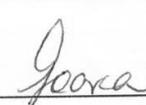
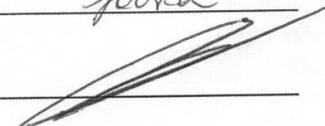
DRA. ROCIO CAMPOS VEGA
SINODAL

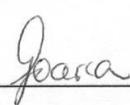
Dra. MA. GUADALUPE FLAVIA LOARCA PIÑA
SINODAL

Dr. GERARDO M. NAVA MORALES
SINODAL


Dra. Silvia L. Amaya Llano
Director de la Facultad


Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Octubre, 2018.

RESUMEN

En los últimos años la salud de la población infantil mexicana se ha visto afectada, esto puede ser atribuido principalmente a una ingesta excesiva de grasas saturadas, sal y azúcares añadidos. Este patrón alimenticio, junto con un descenso en la actividad física, está asociado a la presencia de comorbilidades. Por lo que una alternativa para aminorar esta problemática es la confitería funcional, la cual además de mejorar el perfil nutricional, agrega ingredientes funcionales con el fin de favorecer diversas funciones biológicas. Las gomitas son un producto preferido por los niños en edad escolar, por lo que pueden ser un excelente vehículo de bioactivos funcionales. Dentro del grupo de trabajo se desarrolló una gomita enriquecida con un subproducto agroindustrial (bagazo) de mango (*Manguiifera indica L cv Ataulfo*), con una elevada bioaccesibilidad y biodisponibilidad de compuestos fenólicos y alto potencial fermentable (producción de ácidos grasos de cadena corta). Lo anterior sugiere que la gomita pudiera tener un efecto prebiótico. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente y evaluar el efecto prebiótico *in vitro* de un producto de confitería enriquecido con bagazo de mango. Se analizó el efecto de contenido de agar y grenetina sobre el perfil de textura. Los resultados mostraron que la formulación con 30% de grenetina y 8% agar presentaba valores de elasticidad y masticabilidad similares a las fórmulas comerciales, pero presentó valores más altos de dureza. A la formulación anterior se le modificó la cantidad de agua con el fin de obtener una textura más suave. Se seleccionó la muestra 8 con 1:4 de agua que presentó dureza (13.5 ± 1.69 N), cohesividad (0.74 ± 0.07 UA), elasticidad (3.60 ± 0.20 mm) y masticabilidad (14.60 ± 1.7 N*cm), además de ser aceptada por los consumidores. A la fórmula final se le determinó bromatológicos y compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria. Se encontró que la gomita con bagazo de mango es buena fuente de fibra dietaria y compuestos fenólicos asociados a ella. Por último, se evaluó el efecto prebiótico de la gomita con bagazo, el bagazo de mango y fibra del bagazo de mango en 4 cepas probióticas, donde se observó que las cepas utilizaron la gomita con bagazo como sustrato para su crecimiento. Por lo anterior, se considera

que la confitería tipo gomita adicionada con bagazo de mango puede sugerirse que tiene un efecto prebiótico.

Palabras claves: confitería funcional, bagazo de mango, fibra dietaria, microbiota colónica

SUMMARY

Mexican child population has been affected by obesity and comorbidities related to. This can be attributed mostly to an imbalanced nutrition and a low fiber intake. Hence an alternative to reduce this problematic is by the nutraceutical confectionery, which in addition to improve the nutritional profile, you can use functional ingredients that can promote the health of the children. Gummies are the preferred confectionery products by children in school age, gummies can also be a vehicle for bioactive compounds. In previous work, an enriched candy with mango bagasse was found that had a high permeability and bioaccessibility of phenolic compounds and also generates short-chain fatty acids. The results suggest that the enriched candy with mango bagasse can be considered a treat with nutraceutical potential. Therefore, the aim of the study was to characterize physicochemical and evaluate the prebiotic effect *in vitro* of the enriched candy with mango bagasse. The results showed that the formulation with 30% of gelatin and 10% of agar gum, had springiness and chewiness values similar to commercial formulations, but higher values of hardness. The amount of water was modified to the previous formulation to obtain a softer texture; the results for hardness (13.5 ± 1.69 N), cohesiveness (0.74 ± 0.07 UA), springiness (3.60 ± 0.20 mm) and chewiness (14.60 ± 1.7 N*cm), to the final formulation we evaluate bromatological analysis and polyphenols associated to dietary fiber. The prebiotic effect of the gummies with bagasse, the mango bagasse and the bagasse fiber in 4 probiotic strains was evaluated, where it was observed that the strains used the gummies with bagasse as substrate for their growth. According to the results, the enriched candy with mango bagasse can have a prebiotic effect.

Keywords: Nutraceutical confectionery, mango bagasse, dietary fiber, colonic microbiota

“Nunca pares, nunca te detengas, hasta que lo bueno sea mejor y lo mejor sea excelente”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me ha enseñado que puedo llegar a donde me lo proponga y siempre está a mi lado.

A mi familia que nunca ha dejado de confiar en mí, por brindarme todo lo necesario para cumplir mis metas.

A la Dra. Marcela Gaytán Martínez por su gran apoyo, dedicación y por haber creído en mí.

Al Dr. Abraham Wall Medrano por sus enseñanzas, su apoyo en todo momento y por alentarme a superarme.

A la Dra. Rocio Campos Vega, Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca y al Dr. Gerardo M. Nava Morales por su dedicación y enseñanzas durante la realización de este trabajo.

A mis amigos Delia Karina Pérez Torres, Gloria Andrea Pérez Álvarez, Rebeca Guevara Valderrama, Erika Alejandra Torres García, por estar conmigo en los momentos más difíciles, ser mi soporte y enseñarme que los amigos que se cruzan en tu vida, es porque tienen algo que enseñarte, compartirte y dejarte.

Al Dr. Francisco Javier Olivas Aguirre, no solo por su dedicación y aportación a este trabajo, sino también a sus grandes consejos y su gran amistad.

A la Dra. Ma. Estela Vázquez Barrios, Dra. Aurea Karina Ramírez Jiménez y Dra. María de la Luz Reyes Vega por su gran apoyo y dedicación brindada durante este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para realizar mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por permitirme pertenecer a esta casa de estudios y a mis compañeros del laboratorio de Toxicología (UAQ) y del laboratorio de la Nutrición y el Deporte (UACJ), por su gran apoyo.

INDICE GENERAL

Introducción.....	1
Antecedentes	3
1. Alimentación y salud infantil.....	3
1.1. Recomendaciones y consumo de alimentos en la edad escolar	3
1.1.1. Recomendaciones nutricionales.....	3
1.1.2. Consumo nutrimental del niño mexicano.....	5
1.1.3. Conducta y hábitos alimentarios en la niñez	6
1.2. Enfermedades de origen alimentario en la niñez	8
1.2.1. Desnutrición y micro deficiencias	8
1.2.2. Obesidad	9
1.2.3. Diabetes mellitus y otras enfermedades crónicas	10
1.2.4. Enfermedades periodontales.....	12
1.2.5. Constipación y disbiosis intestinal	12
2. Probióticos, prebióticos y postbióticos.....	14
2.1. Microbiota gastrointestinal (MGI).....	14
2.1.1. Funciones y efectos en la salud de la niñez	17
2.1.2. Composición de la MGI en el ciclo de vida.....	18
2.2. Probióticos.....	21
2.2.1. Definiciones y clasificación.....	23
2.2.2. <i>Lactobacillus</i> sp.: Clasificación, fuentes y funciones	23
2.3. Prebióticos, simbióticos y postbióticos	26
2.3.1. Definiciones y clasificación.....	26
2.3.2. Carbohidratos y fibras dietarias.....	27
2.3.3. Compuestos fenólicos	29

2.4. Simbióticos y postbióticos	30
3. El mango (<i>Mangifera indica</i> L.).....	30
3.1. Clasificación, valor comercial y consumo nacional.....	30
3.2.1. Productos a base de pulpa de mango.....	32
3.2.2. Generación de sub-productos del mango.....	33
3.3. Valor nutricional y funcional del mango y sus sub-productos.....	33
3.3.1. Macronutrientes.....	35
3.3.2. Micronutrientes.....	35
3.3.3. Fibra antioxidante.....	36
3.3.4. Fitoquímicos antioxidantes.....	37
3.4.1. Bioaccesibilidad y biodisponibilidad.....	38
3.4.2. Acción pre- y postbiótica de fitoquímicos del mango.....	39
II. Justificación.....	41
III. Hipótesis.....	42
IV. Objetivos.....	42
4.1. Objetivo general.....	42
4.2. Objetivos específicos.....	42
V. Metodología.....	43
5.1. Fuente y transporte de materias primas.....	43
5.1.1. Reactivos.....	43
5.1.2. Liofilización y almacenamiento.....	43
5.1.3. Gomas enriquecidas con BM (GBM).....	44
5.1.4. Diseño experimental y formulaciones iniciales.....	44
5.1.5. Moldeo.....	45
5.1.6. GBM modificadas.....	45

5.2. Caracterización físico-química de materias primas, BM y GBM.....	45
5.2.1. Textura	45
5.2.2. Actividad de agua (Aw).....	46
5.2.3. Polifenol oxidasa (PPO)	47
5.2.4. Azúcares reductores	47
5.2.5. Color.....	47
5.3. Análisis proximal	48
5.3.1. Humedad.....	48
5.3.2. Lípidos.....	48
5.3.3. Proteínas	49
5.3.4. Cenizas	49
5.3.5. Fibra dietaria	50
5.4. Evaluación microbiológica	51
5.4.1. Mohos y levaduras	51
5.4.2. Coliformes totales.....	51
5.5. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.....	51
5.5.1. HPLC-DAD	52
5.6. Capacidad antioxidante (ABTS y DPPH).....	52
5.6.1. ABTS.....	52
5.6.2. DPPH	52
5.7. Compuestos fenólicos asociados a fibras dietarias.....	53
5.8. Vida de anaquel	55
5.9. Evaluación sensorial	55
5.10. Efecto prebiótico <i>in vitro</i>	56
5.10.1. Cepas bacterianas.....	56

5.10.2. Obtención de fibra de bagazo de mango.....	57
5.10.3. Ensayo cualitativo de potencial prebiótico de GCF y controles	57
5.10.4. Cinéticas de crecimiento bacteriano.....	58
5.10.5. Consumo de dextrosa y producción de lactato.....	59
5.11 Análisis estadístico	59
VI. Resultados y discusión	59
6.1. Caracterización físico-química de BM y GBM (iniciales y modificadas)	59
6.1.2. Caracterización fisicoquímica de gomita con modificación de agua añadida y su comparativo con fórmulas comerciales.	64
6.1.2.1. Actividad de agua	66
6.2. Evaluación sensorial	67
6.3. Composición proximal	69
6.4. Vida de anaquel de GBM (F8, 1:4).....	70
6.4.1. Actividad de agua de muestras en vida de anaquel	70
6.4.2. Polifenol oxidasa de muestras en vida de anaquel	72
6.4.3 Azúcares reductores de muestras en vida de anaquel.....	73
6.4.4 Color de muestras en vida de anaquel.....	74
6.4.5 Análisis microbiológico de muestras de vida de anaquel	75
6.5. Compuestos fenolicos y capacidad antioxidante.....	76
6.5.1. HPLC-DAD	76
6.5.2. ABTS y DPPH	78
6.6. Fibra dietaria antioxidante	79
6.7. Efecto prebiotico <i>in vitro</i>	82
6.7.1. Crecimiento de cepas bacterianas y su efecto prebiótico.....	82
6.7.2. Crecimiento de cepas con diferentes tratamientos.....	84

6.7.3. Cinética de crecimiento de bacterias con gomita con fibra como tratamiento	85
6.7.4. Utilización de glucosa y producción de lactato de bacterias con gomita con fibra como tratamiento.....	87
VII. CONCLUSIONES	88
VIII. Bibliografía	89
IX. ANEXOS	102
9.1. Registro de tesis.....	102
9.2. Consentimiento informado (evaluación sensorial).....	103
9.3. Publicación	104
9.4. Presentación en congresos	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones de macro nutrientes para niños en edad escolar	4
Tabla 2. Recomendaciones de micro nutrientes para niños en edad escolar	5
Tabla 3. Consumo y adecuación de nutrientes en niños mexicanos de 5-12 años	6
Tabla 4. Factores que afectan la MGI	16
Tabla 5. Enfermedades asociadas a alteraciones con la MGI	18
Tabla 6. Factores que intervienen en la formación de la MGI	20
Tabla 7. Substratos y productos de fermentación por la MGI	21
Tabla 8. Clasificación de cepas probióticas.....	23
Tabla 9. Principales oligosacáridos	28
Tabla 10. Principales variedades cultivadas en México	32
Tabla 11. Contenido nutrimental del mango (g x 100g peso fresco)	35
Tabla 12. Contenido de micronutrientes del mango	36
Tabla 13. Diseño factorial.....	44
Tabla 14. Parámetros evaluados en el Análisis de Perfil de Textura (TPA)	46
Tabla 15. Tratamientos para crecimiento de bacterias.....	57
Tabla 16. Perfil de textura de gomitas enriquecidas con BM	61
Tabla 17. Análisis proximales de bagazo de mango y gomita con fibra	69
Tabla 18. Actividad de agua de un producto de confitería adicionado de bagazo de mango durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas	71
Tabla 19. Determinación de actividad de polifenol oxidasa en GBM durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas	72
Tabla 20. Determinación de azúcares reductores en GBM durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas	73

Tabla 21. Recuento de microorganismo en GBM durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas	76
Tabla 22. Perfil de compuestos fenólicos detectados en muestras.....	77
Tabla 23. Capacidad antioxidante de BM y GBM.....	78
Tabla 24. Fibra dietaria antioxidante y bioaccesibilidad <i>in vitro</i> de compuestos fenólicos	81
Tabla 27. Utilización de glucosa y producción de lactato empleando gomita con fibra como sustrato.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porciones sugeridas por grupo de alimentos para niños en edad escolar con actividad física ligera a moderada	4
Figura 2. Sobrepeso (Sp) y obesidad (Ob) en niños de 5 a 11 años por género	9
Figura 3. Historia natural de la diabetes mellitus tipo 2	11
Figura 4. Desarrollo de MGI y el riesgo a presentar obesidad infantil	13
Figura 5. Microbiota gastrointestinal (MGI)	15
Figura 6. Mecanismos de interacción entre la MGI, probióticos y el huésped.....	23
Figura 7. Vía de fermentación de carbohidratos por bacterias ácido lácticas (BAL)	24
Figura 8. Distribución de <i>Lactobacillus sp.</i> en el tracto gastrointestinal	25
Figura 9. Clasificación de prebióticos.....	26
Figura 10. Monosacárido según la ubicación del grupo funcional	27
Figura 11. Estructura química de compuestos fenólicos	29
Figura 12. Morfología del fruto del mango.....	31
Figura 13. Pasos del proceso de liofilización	43
Figura 14. Proceso de moldeado de gomitas con bagazo de mango.....	45
Figura 15. Determinación de compuestos fenólicos asociados a la fibra dietaria de la matriz alimentaria	54
Figura 16. Escala no estructurada.....	56
Figura 17. Diagrama de superficie de respuesta para el perfil de textura de un producto de confitería tipo gomita adicionada con bagazo de mango.....	60
Figura 18. Análisis de textura TPA de formulaciones con variación en agua añadida F (1:3), F (1:4) y F (1:5) con dos fórmulas comerciales.....	65
Figura 19. Actividad de agua de formulaciones con variación en agua añadida F(1:3), F(1:4) y F (1:5) con dos fórmulas comerciales.....	67

Figura 20. Rangos de promedio de las características sensoriales de las gomitas adicionadas con bagazo de mango (F8 (1:4) y F8 (1:5)).....	68
Figura 21. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color de gomitas adicionadas con bagazo de mango.....	75
Figura 22. Compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria de mango, bagazo y gomita con fibra.....	80
Figura 23. Cinética de crecimiento bacteriano en caldo MRS con dextrosa	83
Figura 24. Crecimiento ponderal de bacterias en distintos tratamientos. Bagazo de mango (BM), gomita con BM (GBM)	84
Figura 25. Cinéticas de crecimiento de <i>L. Helveticus</i> , <i>L. Reuteri</i> y <i>L. Rhamnosus</i> con dextrosa y GBM como sustratos	86

Introducción

La obesidad y las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) se gestan desde la niñez, en parte debido a la transición nutricional del mexicano. Actualmente el patrón alimentario del niño en edad escolar se caracteriza por una ingesta excesiva de grasas saturadas, sal, edulcorantes artificiales, pero sobre todo de azúcares añadidos (ENSANUT, 2012; S.S.A, 2015) que representan el 30% de su ingesta energética total (Aburto et al. 2016). Este patrón alimentario aunado a un descenso en la actividad física está asociado a un mayor riesgo de hipertensión arterial, marcadores tempranos de enfermedad cardiovascular, resistencia a la insulina, caries dental y trastornos psicológicos (Dávila Torres, González Izquierdo, y Barrera Cruz 2015; Mercado y Vilchis 2013). Sin embargo, estas y otras alteraciones fisiológicas no solo se relacionan con el patrón alimentario sino también con cambios en la *microbiota gastrointestinal* (MGI) que a su vez puede modificarse por cambios dietarios (Batis et al. 2016).

La complejidad de la MGI debe ser comprendida para entender su contribución y repercusión en la salud humana. Cuando se produce un desbalance en ella, los probióticos, prebióticos y formulaciones con ambos (simbióticos) ayudan a equilibrarla. Los probióticos son microorganismos vivos que confieren un beneficio a la salud cuando se los administra en cantidades adecuadas mientras que los prebióticos son sustratos fermentables selectivamente por la MGI, contribuyendo de igual forma a la salud del huésped (WGO 2017). Si bien el desarrollo y comercialización de alimentos con probióticos ya tiene varios años, el de prebióticos continúa en expansión, muy particularmente aquel de fuentes no convencionales o de fuentes no comúnmente comestibles (Castañeda 2018).

Los componentes del mango presentan un alto valor nutricional y potencial prebiótico; Su pulpa y subproductos (cascara y semilla) presentan una gran diversidad de fitoquímicos tales como vitaminas A-C-E, minerales (potasio, magnesio, hierro, fósforo y calcio), polifenoles monoméricos (e.g. ácido gálico) y poliméricos (e.g. taninos hidrolizables), ácidos orgánicos (cítrico, málico) y diversos

tipos de fibras dietarias (Sumaya-Martínez et al. 2012). Durante la industrialización de la pulpa se generan grandes cantidades de subproductos que pueden ser empleados en una amplia gama de productos con valor agregado (Sudha et al. 2015). En particular, durante la producción de jugo de mango “Ataulfo” se genera una importante cantidad de bagazo (BM) cuyos compuestos fenólicos (libres y asociados a fibra) poseen alta bioaccesibilidad, biodisponibilidad GI y fermentabilidad (producción de ácidos grasos de cadena corta) incluso cuando BM es transformado en un producto de confitería (Herrera-Cazares et al. 2017).

Previendo que los compuestos fenólicos mayoritarios en pulpa y cáscara del mango “Ataulfo” pueden ser fermentados por algunas bacterias prebióticas (Pacheco-Ordaz 2015), es posible que BM y productos derivados de este tengan acción pre- (sustrato para bacterias probióticas) y post-biótica (generación de metabolitos microbianos con acción positiva en la salud). Esta propuesta tiene como objetivo la elaboración de un producto de confitería (“gomita”) funcional a base de bagazo de mango (GBM), un subproducto agroindustrial. La finalidad es ofrecer una golosina baja en azúcar, rica en fibra y con alto contenido de antioxidantes para la población en edad escolar mexicana, como una alternativa más saludable a las existentes en el mercado.

Antecedentes

1. Alimentación y salud infantil

En la actualidad se ha brindado especial atención de la población infantil debido a que es más frecuente la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles. Los principales factores de riesgo son el estado nutricional y la actividad física. Durante la infancia la alimentación tiene un papel de gran importancia debido a que en esta etapa el niño está en pleno crecimiento y se comienzan a formar los hábitos alimentarios, los cuales definirán a corto y largo plazo el estado nutricional (Crovetto et al. 2016). Por lo que es de suma importancia la asistencia y educación nutricional a esta población.

1.1. Recomendaciones y consumo de alimentos en la edad escolar

El desarrollo físico y mental del niño depende de una alimentación adecuada. Esta debe cubrir sus necesidades nutricionales aun cuando la alimentación del niño en edad escolar se reconfigura sobre el patrón alimentario familiar (Rivera-Dommarco et al. 2015). La población infantil es especialmente vulnerable a desequilibrios nutricionales ya que en la escuela se reconfiguran nuevamente la conducta y hábitos alimentarios muchos de los cuales tendrán impacto en el estado de salud futuro; sin embargo, el niño también es receptivo a cualquier modificación y educación nutricional que lleve a la adopción hábitos alimentarios saludables (Jelian et al. 2017). La **Figura 1** muestra las recomendaciones alimentarias en la niñez, mismas que junto a los patrones de consumo y conducta/hábitos alimentarios relacionados a enfermedades nutricionales en la niñez se revisan posteriormente.

1.1.1. Recomendaciones nutricionales

La edad escolar es un período crucial en el desarrollo intelectual y físico del niño. Durante esta etapa los niños adquieren autonomía en diferentes aspectos, incluyendo los alimentarios y durante esta etapa se consolidan la diversidad de alimentos en la dieta y la adaptación progresiva a la alimentación en la edad adulta. La ingesta energética diaria del niño en edad escolar debe dividirse en cinco comidas: 25% al desayuno (se incluye la comida de media mañana), un 30% a la comida, un 15-20% a la merienda y un 25-30% a la cena (Bourges 2005).

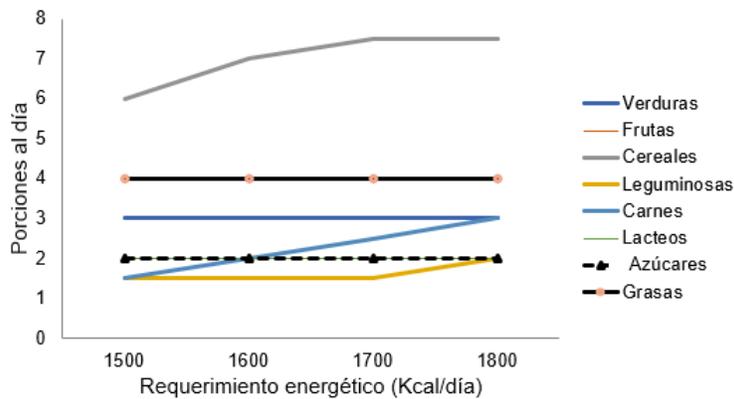


Figura 1. Porciones sugeridas por grupo de alimentos para niños en edad escolar con actividad física ligera a moderada
(Bonvecchio et al. 2015).

Tomando en cuenta la diversidad y forma atractiva de consumir sus alimentos, el niño bajo este esquema deberá alcanzar una ingesta de macro y micronutrientes adecuada que le permita sostener sus necesidades de crecimiento y funcionalidad. En la **Tabla 1** se muestran los requerimientos de macro nutrientes para el niño mexicano en edad escolar y la de micro nutrientes en la **Tabla 2**.

Tabla 1. Recomendaciones de macro nutrientes para niños en edad escolar

	Hombres	Mujeres
Energía (Kcal)	1,635	1,532
Proteína (g/kg/día)	1.0	0.95
Lípidos (%)	25-30	25-30
Carbohidratos (g)	130	130
Fibra (g)	19	20

(Palafox y Ledesma, 2012).

Tabla 2. Recomendaciones de micro nutrientes para niños en edad escolar

	H/M	Hombres	Hombres
	5-8 años	9-12 años	9-12 años
Vitaminas			
Ácido ascórbico	25	45	45
Ácido fólico (μgEF)	230	360	360
Ácido pantoténico	2.0	4.0	4.0
Cobalamina (μg)	1.2	1.7	1.7
Piridoxina	0.5	0.8	0.8
Riboflavina	0.5	0.8	0.8
Tiamina	0.5	0.7	0.7
Minerales			
Fósforo	500	1250	1250
Hierro	15	20	16
Iodo (μg)	65	73	72
Magnesio	130	240	240
Calcio	800	1300	1300
Niacina	8	12	12

Los valores son Ingesta Diaria Sugerida (IDS); a menos que se especifique, la recomendación es mg/día

(Rosado et al. 2011).

1.1.2. Consumo nutrimental del niño mexicano

La población infantil mexicana ha presentado cambios en su alimentación en los últimos años, particularmente ingestas excesivas de grasas saturadas, sal y azúcares añadidos. De acuerdo con la **Tabla 1**, el consumo energético diario de niños en edad escolar (6-12) debe oscilar entre 1500 y 1700 kcal diarias, y datos de la ENSANUT 2012 indican que el nivel de adecuación es un 10% mayor, caracterizado por un alto consumo de azúcares añadidos, grasa saturada y bajo consumo de fibra (Batis et al. 2016). Cabe señalar que también el consumo de frutas

y verduras por el niño mexicano es bajo (14.2%) mientras que el consumo de alimentos considerados como “discrecionales” es alto como azúcares añadidos, se consume cerca del 62% más de lo recomendado y 82% más de la recomendación en cuanto a grasas saturadas (Aburto et al. 2016) (**Tabla 3**), razón por la cual la población infantil consume 85% menos de las recomendaciones de fibra dietaria (López-Olmedo et al. 2016). Estos cambios en la alimentación pueden contribuir a la aparición de comorbilidades en edades tempranas.

Tabla 3. Consumo y adecuación de nutrientes en niños mexicanos de 5-12 años

	Hombres	Mujeres
Consumo diario		
Energía (Kcal)	1910 ± 13	1770 ± 13
Proteína (g)	63 ± 0.4	60 ± 0.5
Carbohidratos (g)	259 ± 1.8	241 ± 1.3
Fibra (g)	21 ± 0.2	20 ± 0.2
Azúcares añadidos (g)	55 ± 0.9	52 ± 0.5
Grasa	68 ± 0.6	64 ± 0.7
Adecuación		
Energía (% EER)	110 ± 0.8	110 ± 0.7
Fibra (-)	85 ± 7.9	83 ± 7.8
Azúcares añadidos (+)	58 ± 2.4	66 ± 5.7
Grasa saturada (+)	79 ± 7.7	85 ± 12

(López-Olmedo et al. 2016).

1.1.3. Conducta y hábitos alimentarios en la niñez

La preferencia y habituación por alimentos y bebidas de sabor dulce o de alta palatabilidad se ha asociado con el desarrollo de obesidad en niños. En México del

25-30% de la ingesta calórica total proviene de bebidas azucaradas y alimentos con grasa saturada y/o azúcares añadidos. La percepción del sabor es un mecanismo complejo en el que la preferencia, influenciado por mecanismos biológicos y experiencias hedónicas producidas por el consumo de sabores dulces, los cuales se desarrollan en edades tempranas y juega un papel importante sobre la selección de alimentos en años posteriores (Sánchez-Pimienta et al. 2016). Existen estudios de respuesta neural sobre los sabores dulces y muestran que, en condiciones de obesidad, se presenta un estado híper-responsivo al azúcar, lo que podría contribuir a la sobrealimentación y, con ello, el desarrollo de obesidad (Ariza, Sánchez-Pimienta, y Rivera 2018).

En la población infantil existe rechazo al consumo de ciertos alimentos, lo cual limita la variedad de su dieta. Diversos reportes indican que existe cierta neofobia en diversos grupos de alimentos, sobre todo frutas y verduras, hortalizas, pescado y cereales. Un estudio realizado por (Rodríguez-Tadeo et al. 2015) encontraron que las frutas con mayor aceptación por parte de los niños fueron la manzana, pera, durazno, plátano, mandarina, sandía y fresa; en cuanto a las verduras, la única aceptada por el 75% fue la lechuga. Esto concuerda con los datos reportados por (Jiménez-Aguilar et al. 2014) donde mencionan que 3 de cada 10 niños en edad escolar consumen la cantidad de frutos y verduras recomendados. Sin embargo, depende del área demográfica, género, nivel socioeconómico, nivel académico, educación, escolaridad de padres, salud, entre otras. La OMS estima que 2.7 millones de vidas se salvarían de enfermedades cardiovasculares simplemente con un adecuado consumo de frutas y verduras, ya que estas brindan beneficios a la salud al proveer vitaminas y minerales, fibra dietaria, fitoquímicos con efecto benéfico, y estimulan el sistema inmune (Ramírez-Silva et al. 2009). El adecuado consumo de FV desde la niñez podrían evitar la aparición de ciertas enfermedades de origen alimentario en la niñez.

El elevado consumo de azúcares y la disminución en fibra dietaria y compuestos antioxidantes causa diversas alteraciones fisiológicas. Se conoce que el consumo de azúcar en exceso está asociado con obesidad, sobrepeso, alteraciones

hepáticas, desordenes del comportamiento, diabetes, hiperlipidemias, enfermedades cardiovasculares, hígado graso, caries dental y algunos tipos de cáncer, además contribuye con el desarrollo de alteraciones psicológicas como hiperactividad, síndrome premenstrual y algunas enfermedades mentales (Cabezas- Zabala, Hernández-Torres, y Vargas-Zárate 2016). Más del 50% de la población infantil mexicana consume azúcares y grasas saturadas en exceso, en cuanto al consumo de fibra dietaria, se consume cerca del 60% de la ingesta diaria recomendada (López-Olmedo et al. 2016). Estos datos justifican por qué existen tantas enfermedades dentro de la población infantil mexicana, como se habrá de comentar en los siguientes párrafos.

1.2. Enfermedades de origen alimentario en la niñez

1.2.1. Desnutrición y micro deficiencias

La nutrición tiene una estrecha relación con el fenómeno biológico del crecimiento. Esto puede ser en aumento (balance positivo), mantenimiento (balance neutro) o disminución (balance negativo) de la masa y volumen. La desnutrición daña las funciones celulares de manera progresiva, afectando primero el depósito de nutrientes, crecimiento, capacidad de respuesta al estrés, metabolismo energético, mecanismos de comunicación y regulación intra e intercelular (Márquez 2012; Rivera-Dommarco et al. 2015). La desnutrición es aquella condición patológica inespecífica, sistemática y reversible en potencia que resulta de la deficiente utilización de los nutrimentos por las células del organismo, se acompaña de diversas manifestaciones clínicas y se clasifica por grados de intensidad (Rivera-Dommarco et al. 2015).

Los micronutrientes son componentes esenciales de una dieta de alta calidad y tienen un profundo impacto sobre la salud. Se necesitan cantidades muy pequeñas, sin embargo, la mayor parte de la población mundial infantil no las cubre, por ello sufren retraso en el crecimiento, problemas cognitivos, debilidad inmunológica y enfermedades propias del resultado de carencia de micronutrientes. Algunas de las mayores carencias de micronutrientes son de yodo, vitamina A, Hierro, Zinc, Calcio,

Vitamina D y ácido fólico (OMS, 2015). Existen estrategias para la diversificación dietética dentro del cual se encuentra el enriquecimiento que consiste en añadir algún micronutriente a los alimentos consumidos regularmente por la población para cubrir las carencias. Esta población presenta preferencias de consumo en dulces, particularmente gomitas (Rodríguez. et al. 2015), mismas que podrían ser vehículos de micronutrientes para ayudar a aumentar su consumo en la población infantil.

1.2.2. Obesidad

El sobrepeso y la obesidad representan un problema de salud pública que ha ido en aumento en la población infantil. La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación excesiva de grasa la cual conlleva a problemas de salud, es de origen multifactorial donde se involucra la susceptibilidad genética, estilos de vida, características del entorno y principalmente un desequilibrio energético entre las calorías consumidas y las calorías gastadas (Dávila Torres, González Izquierdo, y Barrera Cruz 2015). La obesidad infantil tiene efectos importantes que van deteriorando la salud de los individuos. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) del 2012 la prevalencia de sobrepeso (19.8%) y la obesidad (14.6%) en niños en edad escolar (6-12) es alta, siendo ambas del 35% a nivel nacional (**Figura 2**).

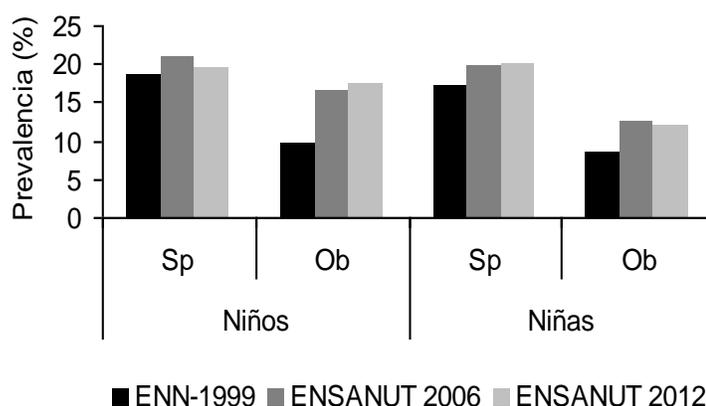


Figura 2. Sobrepeso (Sp) y obesidad (Ob) en niños de 5 a 11 años por género (ENN-1999, ENSANUT, 2006 y 2012).

El exceso de peso en la edad pediátrica guarda una estrecha relación con diversas patologías. Algunas de estas son la dificultad respiratoria, un mayor riesgo a fracturas e hipertensión, además de presentar marcadores tempranos de enfermedades cardiovasculares, resistencia a la insulina y efectos psicológicos (Mercado y Vilchis 2013); además, existen complicaciones como las de la rama psicológica (aislamiento, depresión e inseguridad); también la presencia de asma, apnea del sueño, ginecomastia, trastornos del hígado, problemas dermatológicos y la presencia de enfermedades crónico degenerativas como diabetes e hipertensión arterial, además del riesgo de presentar obesidad a lo largo de la vida (Bonvecchio et al. 2015; Dávila Torres, González Izquierdo, y Barrera Cruz 2015; Shamah-Levi et al. 2016). Por eso es esencial mantener a los niños activos y darles una buena educación alimentaria para evitar deterioro físico y mental.

1.2.3. Diabetes mellitus y otras enfermedades crónicas

Dentro de las patologías crónicas asociadas a obesidad se encuentra también la diabetes mellitus (DM). Esta aparece cuando las células del páncreas no producen insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. La DM tipo I por lo general es diagnosticada en etapas tempranas, puede ser heredable y se caracteriza por la producción deficiente de insulina por las células β pancreáticas; la DM tipo II representa el 90% de los casos mundiales y se debe en gran medida a un peso excesivo y la inactividad física (**Figura 3**).

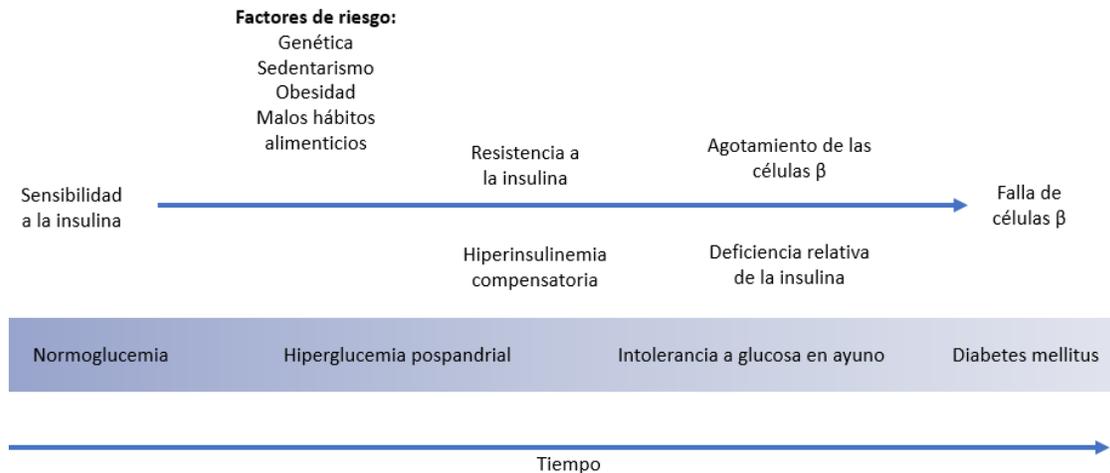


Figura 3. Historia natural de la diabetes mellitus tipo 2

(Frenk y Márquez, 2010).

La diabetes tipo II se considera la primera causa de muerte, la tasa ha ido en aumento, en niños en edad escolar se presentan 3 casos en cada 100 mil habitantes (Cordero-Hernández y Pinto-Almazán 2014). Por último, la DM denominada “gestacional” es aquella que aparece en el embarazo afectando a la mujer, pero que en muchos casos se le relaciona con la programación fetal de DM,

Por otro lado, la presión arterial es un parámetro de importancia sobre la salud infantil debido a la detección de problemas en la salud. La hipertensión arterial (HTA) es la presión sistólica y/o diastólica igual o mayor de 95 percentiles (medida en 3 o más ocasiones en un lapso de 4-6 semanas) para edad, género y estatura. En México se ha estimado que la población infantil presenta HTA 5.5% y 6.5% para niños y niñas respectivamente. La obesidad tiene un papel importante en el desarrollo de HTA, existen tres mecanismos que están asociados: la hiperactividad del sistema nervioso, resistencia a la insulina y anomalías en la estructura y la función vascular (Lomelí et al. 2008). Se recomienda la reducción de peso, aumentar la actividad física y la modificación de la dieta para reducir los niveles de presión arterial. Niños que presenten niveles elevados de presión arterial deben ser tratados apropiadamente para evitar riesgos a largo plazo.

1.2.4. Enfermedades periodontales

El alto consumo de azúcares añadidos además de incrementar la incidencia de obesidad, diabetes mellitus, hipertensión arterial y patologías asociadas, incrementa el riesgo de presentar enfermedades periodontales. Este término hace referencia a un conjunto de enfermedades inflamatorias que afectan los tejidos de soporte del diente, encía, hueso y ligamento periodontal. Se considera el resultado del desequilibrio entre la interacción inmunológica del huésped y la flora de la placa dental marginal que coloniza el surco gingival (Armitage 1999). El estado de salud bucal se asocia de forma significativa al estado nutricional, pudiendo determinar la aparición de caries dentales, prevalencia de gingivitis, defectos en el esmalte dental por exceso de vitamina D, fluoruros u otros minerales (González et al. 2013). La caries en edad temprana se debe a la combinación de diversos factores, principalmente al consumo frecuente de sacarosa (azúcar cariogénico presente en muchos productos de confitería y bebidas azucaradas (Araújo 2012; González et al. 2013). Por ello se recomienda un control en la dieta (e.g. bajo consumo de sacarosa) y un adecuado cepillado dental, aunque también se ha ensayado la efectividad de algunos productos de confitería reducidos en azúcar o con edulcorantes artificiales para la prevención de caries dental (Lee et al. 2016).

1.2.5. Constipación y disbiosis intestinal

La MGI juega un papel importante en el desarrollo de enfermedades crónicas y agudas. A su desequilibrio se le llama disbiosis, misma que lleva a una desregulación inmunológica en primer instancia y al desarrollo de diversas patologías (Castañeda 2018), incluyendo a la constipación crónica y a la obesidad. Se conoce que la MGI está determinada principalmente desde el embarazo y por diversos factores perinatales (**Figura 4**) por lo que existen estrategias de prevención incluyendo el uso de cambios en estilos de vida de la madre, prebióticos y probióticos (Gomes de Moraes et al. 2016; Sanches, Barata de Silva, y Lozano 2018).

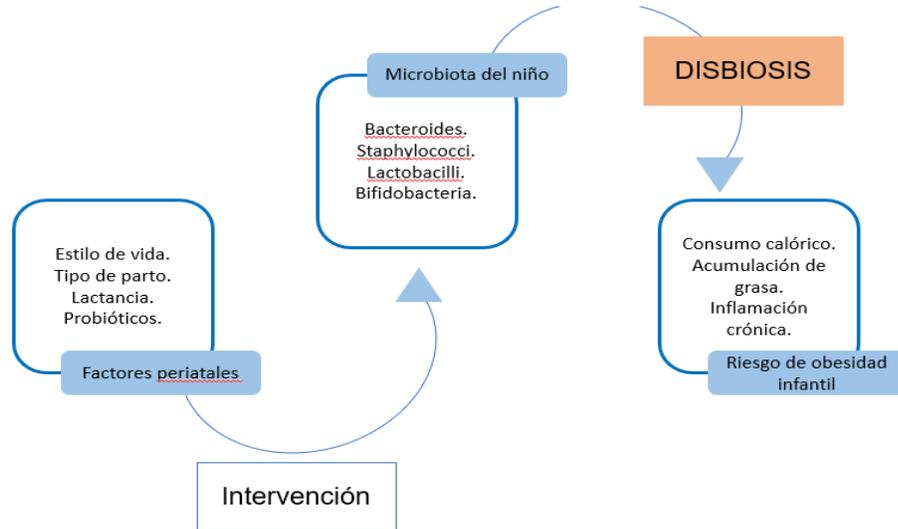


Figura 4. Desarrollo de MGI y el riesgo a presentar obesidad infantil
(Sanches, Barata de Silva, y Lozano 2018).

La constipación es un síntoma de un desorden gastrointestinal, que se caracteriza por la dificultad de evacuar y lo presentan un 20% de la población mundial. Clínicamente, esta condición se caracteriza por distensión y dolor abdominal, dolor de cabeza, mareos y falta de apetito (Kranz et al. 2018), asociados a cambios profundos en la MGI, caracterizada por una mayor densidad bacterias del género *Bacteroidetes* (Zhao y Yu 2016). Es por esto que en la dietoterapia de la constipación se recurre al consumo de alimentos ricos en fibra dietaria, probióticos y prebióticos. La fibra dietaria puede estimular la capacidad de síntesis de proteínas de mucosa, además de estimular el crecimiento de la MGI y promover la excreción de productos xenobióticos de fermentación. Los prebióticos a su vez estimulan el crecimiento selectivo de bacterias como *Lactobacilli* y *Bifidobacteria* (Xu et al. 2012). La dietoterapia para combatir la disbiosis intestinal en niños se comenta con mayor detalle en la siguiente sección.

2. Probióticos, prebióticos y postbióticos

2.1. Microbiota gastrointestinal (MGI)

La microbiota gastrointestinal es la comunidad de microorganismos vivos residentes en cada parte del tracto gastrointestinal (**Figura 5**). La función primordial de la MGI es la modulación y señalización del sistema inmunitario, producción de segundos mensajeros del sistema nervioso, producción de vitaminas esenciales, regulación del metabolismo de los lípidos y producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (Catassi, 2015; Serra, 2016). Así mismo, su efecto modulador sobre la permeabilidad y la función barrera de la mucosa intestinal, lo que representa un mecanismo defensivo importante contra la colonización y translocación bacteriana. Además de las condiciones ambientales del tubo digestivo, la cantidad y variedad de las bacterias en las diferentes regiones de este, está determinada por una gran diversidad de factores complejos intrínsecos y extrínsecos (**Tabla 4**). En particular, la composición de la dieta y su modificación por intervenciones pueden tener un impacto sobre la composición de la MGI.

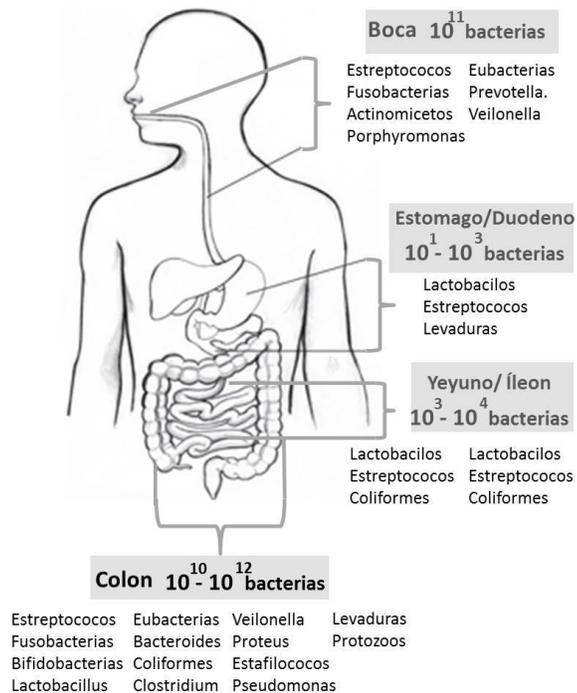


Figura 5. Microbiota gastrointestinal (MGI)

(Catassi, 2015).

Esta obtiene energía para su crecimiento a través de los nutrientes de la dieta y productos intermedios y finales de la fermentación de la fibra dietaria. Se estima que los polisacáridos disponibles para la utilización por parte de la microbiota va de 10-60 g/día (F. Karlsson 2014; Simpson y Campbell 2015). Como producto de la fermentación de la fibra por las bacterias presentes en el colón, están un grupo de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), los principales metabolitos son: acetato (60-75%), propionato (15-25%) y butirato (10-15%), varían de acuerdo a la dieta , además de otros productos como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), hidrógeno (H_2) (Fernández 2013; Flores y Zarain 2014; Ros, Martínez, y Valencia 2011). Todo esto contribuye al mantenimiento de las funciones del intestino.

Tabla 4. Factores que afectan la MGI

Factores	Cambios
Del huésped	Secreciones (inmunoglobulinas, bilis, enzimas), motilidad intestinal, Células exfoliadas, mucinas, tejido exudado, pH
Microorganismos	Adhesión, motilidad, flexibilidad nutricional, esporas, cápsulas, enzimas y componentes antimicrobianos
Interacciones microbianas	Sinergia, cooperación metabólica, factores de crecimiento y excreción de vitaminas, cambios en el pH y tensión de oxígeno, antagonismo/ estimulación, ácidos grasos de cadena corta/ aminos, componentes antimicrobianos, sideróforos, requerimientos nutricionales
Dieta	Composición, <i>fibras no digeribles</i> , compuestos nitrogenados, leche materna, <i>compuestos poli fenólicos</i>
Drogas	Modificadores de la motilidad intestinal, antibióticos, antiácidos y bloqueadores de la producción de HCl.

(Chagoyan, Maldonado, y Gil 2004).

Existen diversas funciones que realizan los metabolitos producidos por los AGCC. Entre ellas está la disminución en la proliferación celular, la regulación de la diferenciación normal y la activación de la muerte programada de los colonocitos (célula epitelial del colón) como parte del recambio del epitelio intestinal. Además participan en la prevención de patologías a través de sus actuaciones de la luz intestinal sobre la musculatura y vasos del colón, mediante el metabolismo de los colonocitos (Ros, Martínez, y Valencia 2011).

Por otro lado, la cantidad de AGCC que se producen en el colon depende del sitio de fermentación, la composición de la MGI y la dieta, los microorganismos utilizan principalmente carbohidratos, el agotamiento de esta fuente conlleva al cambio de fermentación sacarolítica en el colon proximal a proteolítica en el colon distal, dónde se forman derivados nitrogenados como aminos, amonio y compuestos azufrados, algunos de los cuales algunos pueden ser carcinogénicos (Flores y Zarain 2014). Por lo que es de suma importancia la producción de AGCC por parte de la MGI.

2.1.1. Funciones y efectos en la salud de la niñez

Existe una relación muy estrecha entre la inflamación y la MGI y ambos trastornos se encuentran relacionados al exceso de peso en la niñez. Una MGI alterada puede desarrollar obesidad, algunos de los factores que influyen son: los factores dietéticos, las alteraciones en la fisiología del huésped, la obesidad durante el embarazo y la lactancia materna ya que esta tiene una estrecha relación con el desarrollo de una MGI más saludable durante el crecimiento y la reducción del riesgo de presentar obesidad a lo largo de la vida (Bervoets et al. 2013; Nirmalkar et al. 2014; O' Mahony et al. 2015). Por ello la importancia de la lactancia materna y su relación con el equilibrio en la MGI y la influencia sobre la salud del individuo.

La disbiosis es una anomalía en la composición de la MGI, se ha observado que esta condición puede verse asociada a distintos estados de salud (**Tabla 5**) los cambios en la MGI pueden estar dados por infecciones en el tracto gastrointestinal o el uso de antibióticos, pero dichas alteraciones pueden ser corregidas sin intervención. Sin embargo, el uso repetido de antibióticos puede alterar de manera permanente la MGI (Binn 2013).

Tabla 5. Enfermedades asociadas a alteraciones con la MGI

Atopia y asma	Enfermedad inflamatoria intestinal
Enfermedad celiaca	Síndrome del intestino irritable
Cáncer de colon	Infecciones del tracto gastrointestinal
Diabetes tipo I y II	Diarrea asociada a antibióticos
Obesidad	Enterocolitis necrosante
Artritis reumatoide	

(Binn, 2013).

Además, existen varios estudios que relacionan a la MGI con la masa corporal. Ignacio *et al.* (2015), mostraron la correlación que existe entre especies bacterianas específicas y el índice de masa corporal (IMC) en niños con sobrepeso u obesidad, *Bacteroides fragilis* y *Lactobacillus* se mostraron en mayor proporción en niños con sobrepeso y obesidad y *Bifidobacterium spp.* se encontró en mayor proporción en niños con desnutrición y se presentó una correlación negativa con el IMC (O' Mahony et al., 2015). Karlsson et al., (2012) evaluaron las diferencias en las composiciones de la MGI en niños con obesidad, encontraron una importante correlación entre la ingesta calórica y la presencia de *Staphylococcus spp.* sin importar su índice de masa corporal (IMC), además encontraron mayores proporciones de *Lactobacillus spp.* y menores proporciones de *B.vulgatus*. Todo esto nos indica que el estado de salud tiene una estrecha relación con la composición de la MGI y la presencia de distintas patologías.

2.1.2. Composición de la MGI en el ciclo de vida

Los microorganismos se encuentran distribuidos a lo largo y ancho de la superficie (~300 m²) de la mucosa gastrointestinal humana (**Figura 5**). Cientos de especies bacterianas diferentes en una densidad de 10¹³ a 10¹⁴ unidades formadoras de colonias (UFC) residen ahí, siendo esta cantidad diez veces mayor que la cantidad de células del organismo humano (Catassi 2015; Gómez y Acero 2011). Sin embargo, la colonización de la MGI comienza desde la etapa prenatal a través de la madre, está modulada por factores (**Tabla 6**) como la edad gestacional, tipo de nacimiento, dieta, cultura, exposición a antibióticos, entre otros.

La mayor fuente de colonización de la MGI del bebé es a través de la leche materna la cual incluye *Streptococci* y *Staphylococcus* principalmente, los bebés que son alimentados con leche materna presentan más de 700 especies a comparación que los que no fueron alimentados con leche materna (Friis et al. 2016; J. M. Rodríguez et al. 2015). La dieta y el medio ambiente interfieren durante los primeros 3 años de vida, donde se coloniza lo que será la mayor parte de la MGI a lo largo de la vida. Las primeras especies en colonizar son las correspondientes a *Clostridium coccoides*, *Clostridium botulinum*, género *Bacteroides* y *Veillonella* y el phylum de *Verrocomicrobia* representado por *Akkermansia muciniphila* (Boulangé et al. 2016). En el adulto está representada por los phylum *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Fusobacteria*, *Verrucomicrobia* y *Cyanobacteria*. Una MGI saludable es predominada por *Firmicutes* (familias *Lachnospiraceae* y *Ruminococcaceae*), *Bacteroidetes* (familias *Bacteroidaceae*, *Prevotellaceae* y *Coriobacteriaceae*) (Gómez y Acero 2011; Murugesan et al. 2017; Tidjani, Lagier, y Raoult 2016).

Tabla 6. Factores que intervienen en la formación de la MGI

Factor	Efecto
Tipo de parto	Se retarda la colonización por <i>Bacteroidetes</i> , <i>Bifidobacterias</i> y <i>E.coli</i> en neonatos nacidos por cesárea.
Prematurez	Aumenta la colonización por <i>Clostridium difficile</i>
Alimentación	Fórmulas ricas en oligosacáridos aumentan las colonias de <i>Bifidobacterias</i> .
Sanitarias	Malas condiciones se relacionan con colonización temprana por <i>Enterobacterias</i> .
Atención del recién nacidos	Exposición a antibióticos altera la composición normal de la microbiota.

(Gómez y Acero 2011; C. L. J. Karlsson et al. 2012).

La MGI requiere distintas fuentes de energía para su crecimiento y reproducción. La mayoría fermenta carbohidratos (fermentación sacarolítica), fibra dietaria incluyendo polisacáridos (pectina, hemicelulosa, gomas, inulina y almidones), oligosacáridos (rafinosa, fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y dextrinas resistentes), azúcares (lactulosa, lactosa y fructosa no absorbibles) y polioles (manitol, lactitol, maltitol e isomaltosa). La fermentación de estos produce AGCC, la naturaleza de los productos de fermentación depende del sustrato y el tipo de bacteria descritos en la **Tabla 7** (Binn 2013).

Tabla 7. Substratos y productos de fermentación por la MGI

Género	Substratos	Productos									
		Ac	Am	La	Sul	Ac	Pr	Bu	Su	EtOH	F
<i>Actinomices</i>	Sac, Pep, AA	x	x			x		x			
<i>Bacteroides</i>	Sac, AA	x	x	X	x			x			
<i>Bifidobacteria</i>	Sac	x		X					x	x	
<i>Clostridia</i>	Sac	x									
<i>Desulfovibrio</i>	Sac, AA	x	x	X							
<i>Escherichia</i>	AA	x	x	X				X			
<i>Eubacteria</i>	Sac, AA	x	x	X	x	x	X		x		
<i>Fusobacteria</i>	Sac			X							
Lactobacilli	Sac, La	x	x	X		x					
<i>Methanobrevibacter</i>	Sac	x				x					
<i>Peptococci</i>	CHO, AA	x	x	X	x						
<i>Peptostreptococci</i>	Lit										X
<i>Propionibacteria</i>	CHO, AA										
<i>Ruminococci</i>	Varias	x			x						
<i>Streptococci</i>	CHO, AA	x	x	X	x		X				

Aminoácidos (AA), acetato (Ac), aminos (Am), Butirato (Bu), carbohidratos (CHO), etanol (EtOH), formato (f), lactato (La), péptidos (Pep) propionato (Pr), sacarosa (Sac), succinato (Su), sulfitos (Sul).

(Binn 2013).

2.2. Probióticos

El término probiótico hace referencia a los microorganismos vivos que confieren un beneficio a la salud del huésped cuando se administra en cantidades adecuadas. Las especies empleadas como probióticos son *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y algunas especies de *E. coli* y *Bacillus* (WGO 2011). Por otro lado, las bacterias ácido-lácticas han sido empleadas con doble uso,

la conservación de alimentos por fermentación y su potencial beneficio para la salud con la modificación de MGI y su influencia sobre la salud a través de la producción de vitaminas y ácidos grasos de cadena corta, colaboración con la degradación de sustancias alimenticias no digeridas, estimulación de respuesta inmune y protección contra microorganismos enteropatógenos (Friis et al. 2016; Ossa, Vanegas, y Badillo 2010).

Los probióticos colonizan la MGI interactúan con microorganismos comensales o patógenos, generando productos metabólicos finales como los AGCC y comunicándolos con las células del huésped a través de señales químicas. Estos mecanismos pueden conducir al antagonismo de patógenos potenciales a un mejoramiento del ambiente intestinal, a un reforzamiento de la barrera intestinal, a la regulación negativa de la inflamación y a la regulación positiva de la respuesta inmunitaria a provocaciones antigénicas (**Figura 6**) (WGO 2017).

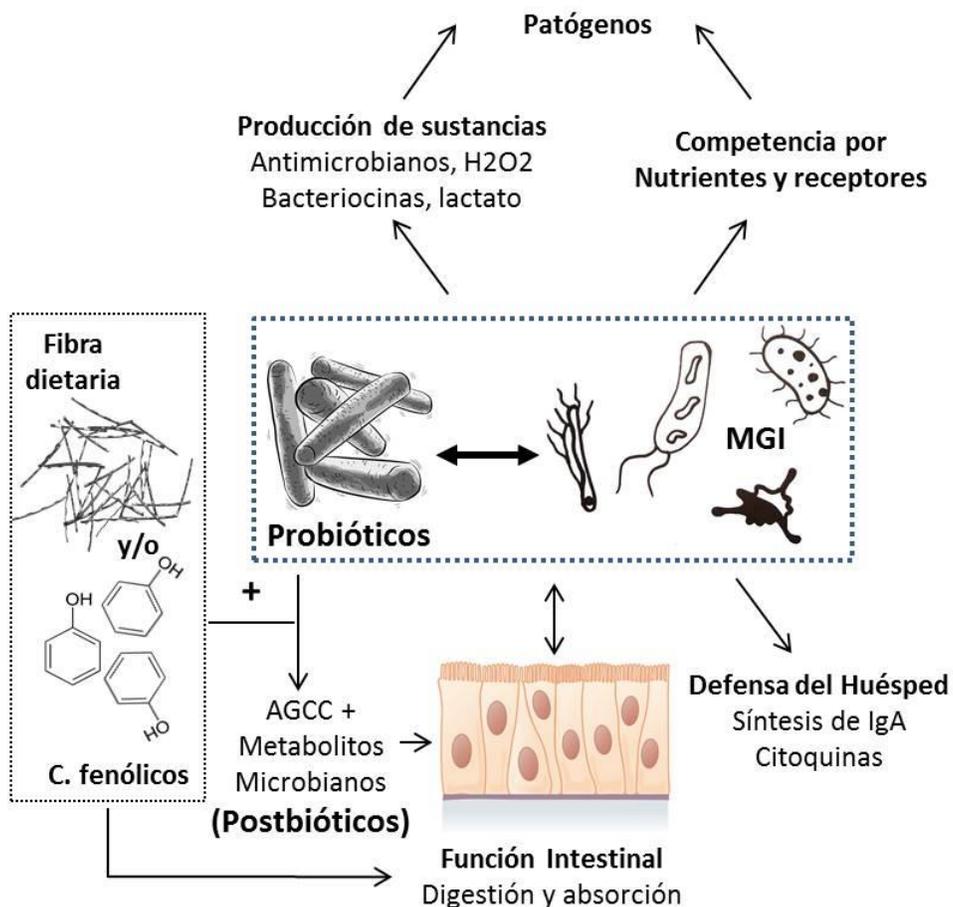


Figura 6. Mecanismos de interacción entre la MGI, probióticos y el huésped
(Elaboración propia).

2.2.1. Definiciones y clasificación

El término probiótico hace referencia a los microorganismos vivos (**Tabla 8**) que confieren un beneficio a la salud del huésped cuando se administra en cantidades adecuadas (Khalighi, Behdani, y Kouhestani 2016; WGO 2011).

Tabla 8. Clasificación de cepas probióticas

Género	Especies
<i>Lactobacillus</i>	<i>acidophilus, plantarum, rhamnosus, reuteri paracasei, fermentum, johnsonii, brevis, casei, lactis, delbrueckii, gasseri</i>
<i>Bifidobacterium</i>	<i>Breve, longum, bifidum, thermophilum, adolescentes, animalis, lactis</i>
<i>Bacillus</i>	<i>coagulans</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>thermophilus</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>faecium</i>
<i>Sacharomyces</i>	<i>cerevisiae</i>

(Khalighi, Behdani, y Kouhestani 2016).

2.2.2. *Lactobacillus* sp.: Clasificación, fuentes y funciones

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) están ampliamente distribuidas en la naturaleza, formando parte también de la MGI. Pertenecen al phylum *Firmicutes*, son gram positivas con forma de cocobacilos o bacilos no esporulados, aerotolerantes o anaerobios, acidúricos o acidófilos y la mayoría son mesofílicas; 124 especies son heterofermentativas facultativas y obligadas u homofermentativas obligadas dependiendo del sustrato disponible (**Figura 7**).

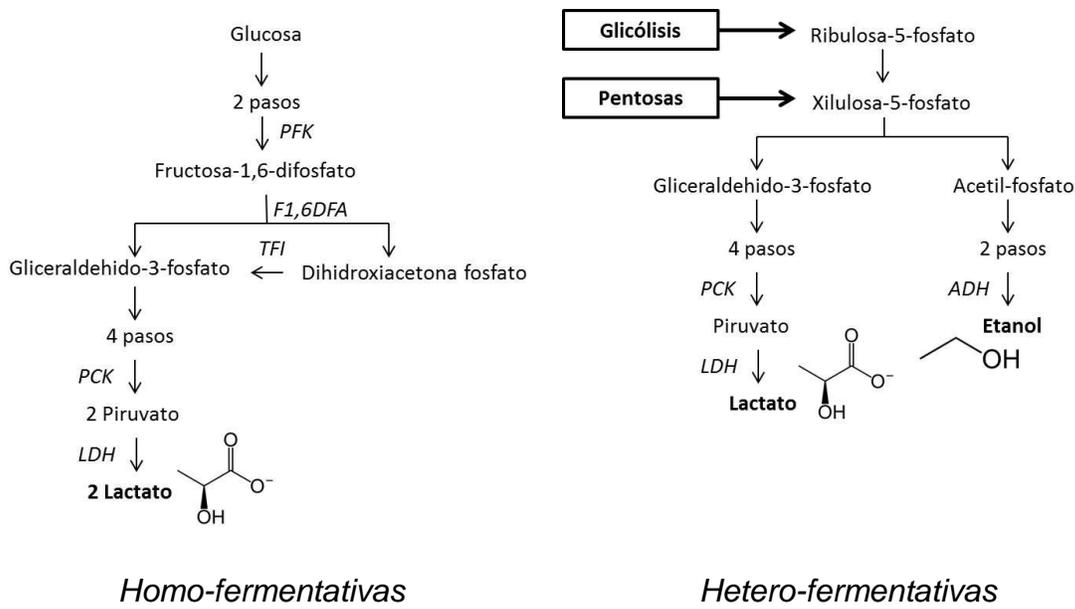


Figura 7. Vía de fermentación de carbohidratos por bacterias ácido lácticas (BAL)

(Parra 2010).

Las bacterias pertenecientes a los géneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Vagococcus*, *Carnobacterium*, *Tetragenococcus*, *Weisella*, *Aerococcus* y *Oenococcus* (Parra 2010) pueden fermentar hexosas como glucosa, manosa, galactosa o fructosa a través de la vía homofermentativa en la que el producto final es el ácido láctico o la vía heterofermentativa donde el producto final es el ácido láctico, etanol, ácido acético y CO₂ (Aznar y Zúñiga, 2000; Mora y García, 2007).

El género *lactobacillus* pertenece al phylum de *Firmicutes*. Poseen forma bacilar, son no esporulados, aerotolerantes o anaerobios, acidúricos o acidófilos (pH entre 1.0 y 5.0), de requerimientos nutricionales complejos. Los límites de temperatura para desarrollar van de 1-53°C, con una temperatura óptima de 30-40°C; se conocen alrededor de 80 especies y se organizan según su característica fermentativa. 1) homofermentativas estrictas asociadas a las cavidades y tracto gastrointestinal de humano y animales. 2) heterofermentativas facultativas,

asociadas principalmente a alimentos donde llevan a cabo las fermentaciones. 3) heterofermentativas estrictas (Ossa, Vanegas, y Badillo 2010; Parra 2010). Se encuentran en una amplia variedad de hábitats como cárnicos fermentados, derivados lácteos, productos de panadería, vegetales fermentados, plantas y en el tracto respiratorio y gastrointestinal de animales y humanos. Cabe señalar que las BAL que forman parte de la MGI están distribuidas a lo largo del tracto (**Figura 8**) dependiendo de su capacidad de tolerar las condiciones fisiológicas de cada etapa digestiva

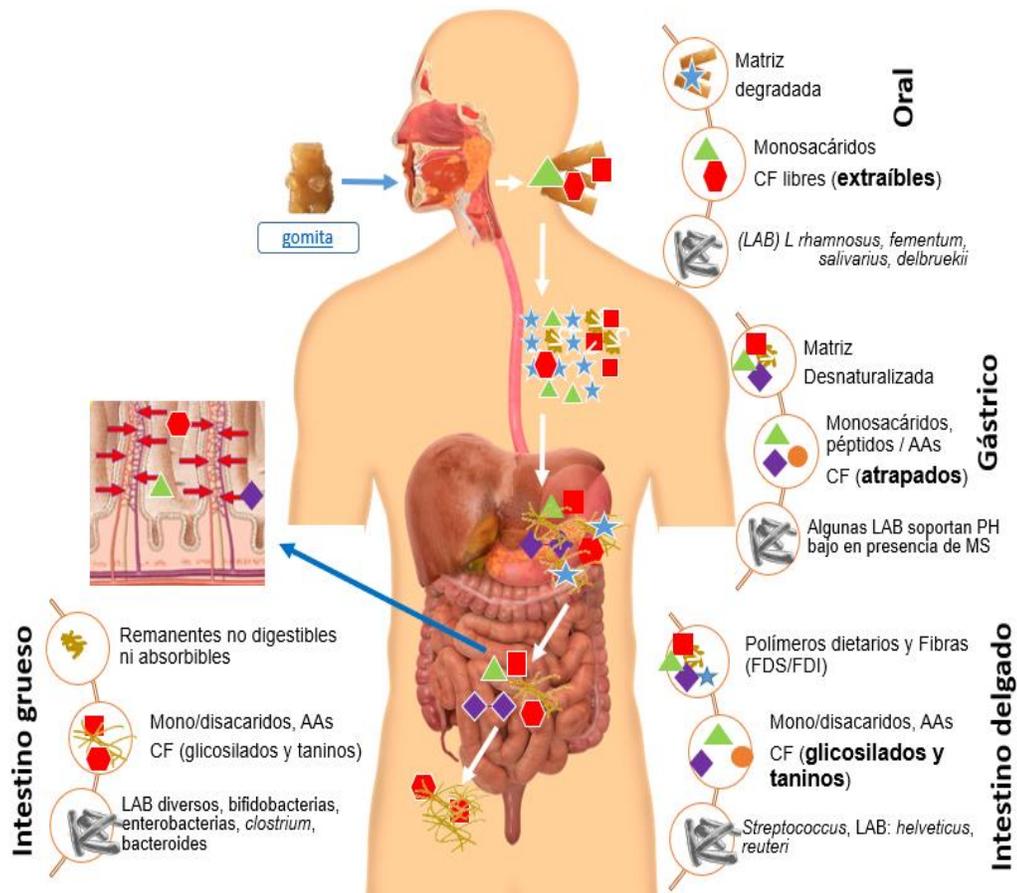


Figura 8. Distribución de *Lactobacillus* sp. en el tracto gastrointestinal
(Quirós Saucedá et al. 2011).

2.3. Prebióticos, simbióticos y postbióticos

A diferencia de los probióticos, la mayoría de los prebióticos son empleados como ingredientes de alimentos. Los prebióticos más usados en la elaboración de alimentos son los fructanos (inulina y fructooligosacáridos (FOS)) y los galactooligosacáridos (Brunser et al. 2006). La fibra dietaria ha sido considerada un factor que participa en la protección frente al desarrollo del cáncer colorrectal, se ha demostrado que los FOS y GOS inhiben la expresión de actividad procarcinogénica de origen bacteriano, tales como β -glucuronidasa, nitro-reductasa y la azo-reductasa, así como aumenta la absorción de calcio, magnesio y disminuye los triglicéridos y el colesterol plasmático (WGO 2011). Son grandes los beneficios, por ellos se emplean como ingredientes en alimentos.

2.3.1. Definiciones y clasificación

Los prebióticos se definen como sustancias de la dieta (fundamentalmente consistentes en polisacáridos no almidones y oligosacáridos no digeribles por enzimas humanas) que nutren a grupos seleccionados de microorganismos que habitan en el intestino y favorecen el crecimiento de bacterias beneficiosas por sobre las nocivas (**Figura 9**) (WGO 2011).

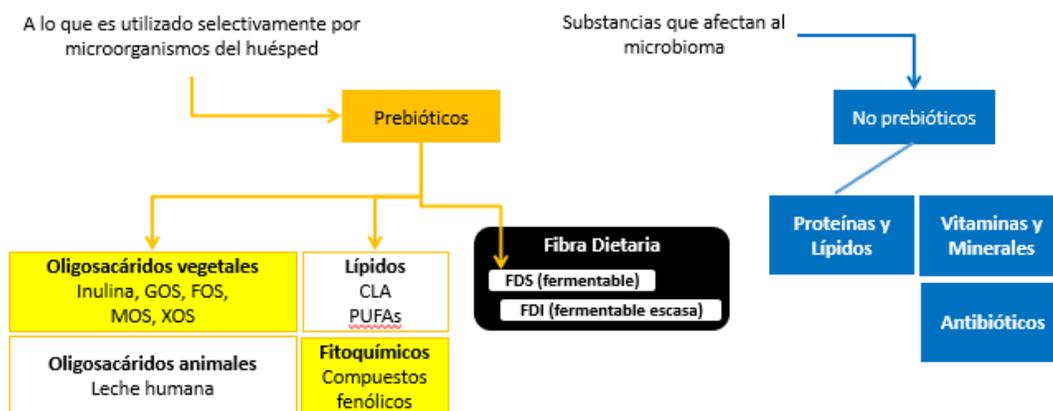


Figura 9. Clasificación de prebióticos

(Gibson et al. 2017).

2.3.2. Carbohidratos y fibras dietarias

Los carbohidratos son aldehídos o cetonas polihidroxílicos o productos derivados de ellos por oxidación, reducción, sustitución o polimerización. Se clasifican en:

- a) Monosacáridos: se representan con la fórmula estequiométrica (CH₂O). pueden ser aldehídos (grupo funcional carbonilo se encuentra en el carbono primario de la molécula) o cetonas (el grupo funcional se encuentra en el carbono secundario (**Figura 10**))
- b) Oligosacáridos: son polímeros de monosacáridos que no rebasan más de 10 monosacáridos (**Tabla 8**). Poseen propiedades reductoras cuando uno de los hidroxilos anoméricos no está comprometido con un enlace glucosídico.

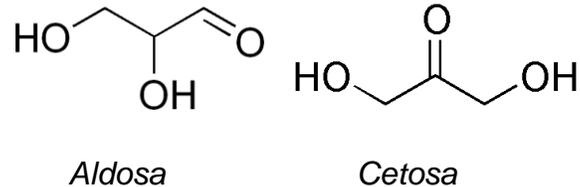


Figura 10. Monosacárido según la ubicación del grupo funcional

- c) Polisacáridos: son monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos. Pueden ser de reserva o estructurales. Los de reserva más importantes son el almidón y el glucógeno (**Tabla 9**). Los de estructura más importantes son la fibra (Badui Dergal 2006; Ramírez 2007).

Tabla 9. Principales oligosacáridos

Nombre	Uniones	Enlaces
Oligosacáridos		
Lactosa	Glucosa+galactosa	β 1,4
Sacarosa	Glucosa+fructosa	α 1,2
Maltosa	Glucosa+glucosa	α 1,4
Celobiosa	Glucosa+glucosa	β 1,4
Isomaltosa	Glucosa+glucosa	α 1,6
Polisacáridos		
Almidón	[Glucosa+glucosa] _n	α 1,4, α 1,6
Glucógeno	[Glucosa+glucosa] _n	α 1,4, α 1,6

La fibra dietaria es un polisacárido con beneficios a la salud. Se define como la fracción de la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (AACC, 2001). Se clasifica de acuerdo a su solubilidad: A) soluble: pectinas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas; B) Insoluble: celulosa, hemicelulosa y ligninas (Carbajal, 2011). La Asociación Americana de Dietética (ADA) establece un consumo recomendado de fibra en adultos de 25-30 g/día o 10-13 g/1000 kcal consumidas. Además de que la proporción debe ser 3:1 insoluble/soluble. En cuanto a niños mayores de 2 años, se recomienda utilizar la siguiente fórmula: edad del menor + 5 g/día (Sanchez, Panahi, y Tremblay 2015). Un consumo adecuado de fibra dietaria se ha visto asociado a mejoramiento en la salud y prevención de patologías en edades tempranas.

Cada tipo de fibra brinda características distintas. La fibra soluble se caracteriza por su capacidad para formar geles, propiedad que hace más lento el vaciamiento gástrico y la absorción de nutrientes en el intestino. Pasa a través del colón sin modificarse, aumentando el paso de las heces por medio de su propia masa y mediante su habilidad de absorber agua. Consecuentemente, las heces voluminosas y suaves aumentan la regularidad intestinal (Almeida-Alvarado,

Aguilar-López, y Hervert-Hernández 2014; Sanchez, Panahi, y Tremblay 2015). La fibra insoluble es la que aumenta en mayor grado la masa fecal debido a los restos de fibra no digeridos y a su capacidad para retener agua (Escudero y González 2006). Los efectos fisiológicos de la fibra dietaria, intestinales o sistémicos, dependen de sus propiedades fisicoquímicas (solubilidad, viscosidad, capacidad de carga o fermentación por bacterias colónicas (Posada 2013).

2.3.3. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas que tienen al menos una estructura fenólica (**Figura 11**), se han identificado en plantas y frutas, productos como metabolitos secundarios que participan en la defensa contra la radiación ultravioleta o daños fisiológicos por patógenos (Quirós Saucedá et al. 2011). Sus principales características son que son solubles en agua, en solventes orgánicos, algunos se encuentran en forma de glucósidos y otros en polímeros insolubles. Otra característica es que el grupo químico brinda una alta capacidad antioxidante

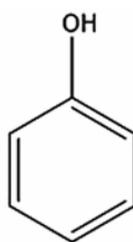


Figura 11. Estructura química de compuestos fenólicos

Esto puede prevenir o atrasar la oxidación de otras moléculas como lípidos, proteínas y enzimas, en algunos casos vitaminas, carotenoides y flavonoides. La oxidación puede estar dado por dos tipos de especies químicas reactivas (radicales libres y otras moléculas que sin ser radicales pueden inducir a la oxidación (San Miguel-Chávez 2017).

2.4. Simbióticos y postbióticos

El término simbiótico hace referencia a los productos que contienen probióticos y prebióticos. Se emplea únicamente para productos que contienen prebióticos que favorecen a los probióticos añadidos (Oliveira y González-Molero 2016). Una vez en el lumen intestinal estos son sustratos fermentables por la MGI y las bacterias probióticas (**Figura 6**).

Los postbióticos tienen efectos sobre la salud. Se refiere a los metabolitos benéficos producidos en el lumen intestinal tras la administración de probióticos; algunos ejemplos son los AGCC, sacáridos como polisacárido A o algunas moléculas secretadas como lactocepin y p40 (Tsilingiri y Rescigno 2013). En el caso de la respuesta inmune, la alteración en la composición de la MGI es responsable de diversas condiciones patológicas, como enfermedades inflamatorias del tracto gastrointestinal, esclerosis múltiple, artritis reumatoide y diabetes tipo I. en la enfermedad inflamatoria intestinal se ha observado que el equilibrio entre bacterias benéficas y patógenas se reduce el nivel de inflamación. Esto se debe a la producción de bacteriocinas, las cuales son selectivas a cepas bacterianas competidoras, estas inhiben que las patógenas invadan y además, modulan la composición de la MGI (Tsilingiri y Rescigno 2013). Por ello los postbióticos son una alternativa para un equilibrio en la MGI y un mejor estado de salud.

3. El mango (*Mangifera indica* L.)

3.1. Clasificación, valor comercial y consumo nacional

El mango (*Manguifera indica* L.) es un fruto de pulpa dulce y carnosa cultivado en diversas zonas inter-tropicales. Según su clasificación taxonómica pertenece al filo *Magnoliophyta*, clase *Magnoliopsida*, orden *Sapindales*, y a la familia *Anacardiaceae* (Ballinas et al. 2013). El árbol de mango típico mide 10-30 m de altura. El fruto es la drupa carnosa que puede contener uno o más embriones. Posee un mesocarpio de distinto grosor según su cultivar. Su peso varía desde 150 g hasta

2 kg., su forma también es variable, generalmente es ovoide-oblonga con tonalidades desde verde-amarillo hasta rojas-violetas. La semilla es ovoide, oblonga, alargada, está recubierta por un endocarpio grueso y leñoso con una capa fibrosa externa (CONASPROMANGO 2012). La **Figura 12** ilustra los componentes del mango variedad Ataulfo, variedad estudiada en este trabajo.

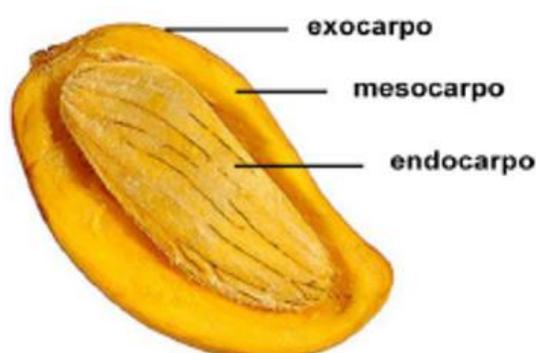


Figura 12. Morfología del fruto del mango
(CONASPROMANGO 2012).

El mango es la sexta fruta con mayor producción a nivel mundial, representa aproximadamente 3.7 millones hectáreas alrededor del mundo. México ocupa el sexto lugar en producción a nivel mundial en el mercado del mango, siendo Guerrero el líder nacional con una participación de 22% del volumen total, siguiéndole Nayarit con el 17% y Sinaloa con un aporte del 14% (CONASPROMANGO 2012; Maldonado-Astudillo et al. 2016; Muchiri, Mahungu, y Gituanja 2012). El 90% de la producción nacional se da entre marzo y agosto, cosechándose unos e 44.9 millones de toneladas, significando un 41.8% de la producción mundial de frutas tropicales, siendo América Latina y Asia los principales exportadores con un 97.8% y América del Norte junto con la Unión europea los importadores con un 74.4% (SAGARPA 2017). Debido a la existencia de diversas variedades de mango y al adelanto de la floración realizado en algunos estados, se puede disponer del fruto durante todo el año (**Tabla 10**).

Tabla 10. Principales variedades cultivadas en México

Variedad	Temporada	Sabor /Textura /Color
(Haiden) 	Marzo-Mayo	Rico en sabor con matices perfumados. Pulpa firme con finas fibras. Piel verde a amarillo con toques de color rojo.
(Tommy Atkins) 	Abril-Junio	Sabor ligeramente dulce. Textura firme, bastante fibrosa. Piel verdosa-dorada con rubor bermellón.
(Keitt) 	Junio-Agosto	Sabor dulce, afrutado. Pulpa firme y jugosa, con pocas fibras. Su piel permanece verde aun estando maduro y un ligero tono rosado.
(Kent) 	Enero-marzo Mayo-agosto	Rico sabor dulce Pulpa tierna y jugosa con pocas fibras. Piel verde oscuro con rubor rojo oscuro y matices amarillos al madurar.
(Ataulfo) 	Febrero-agosto	Sabor dulce cremoso. Textura suave firme sin fibras. Piel amarillo vibrante con tintes dorador profundos.
(Manila) 	Enero-agosto	Sabor dulce ligeramente ácido. Muy jugosa y delicado. Textura muy suave. Color amarillo brillante.

(CONASPROMANGO 2012).

3.2.1. Productos a base de pulpa de mango

El mango se consume en diversas presentaciones. Para la elaboración de estos productos se utiliza la pulpa (que se denomina como el producto resultante de dividir finamente la parte comestible de la fruta). Algunas de ellas son en conserva, puré, jugos, néctares, concentrados, conserva en dulce, enlatados y deshidratado. Sin embargo grandes cantidades son desechos, por lo que se ha dado la tarea de investigar cómo utilizar los subproductos del mango para darle un valor agregado a los alimentos y evitar toda la contaminación que se generaba (Sudha et al. 2015).

Al ser amplía la gama de productos a base de mango, es grande la cantidad de residuos generados, por lo que es de suma importancia darles un uso por su excelente contenido nutrimental.

3.2.2. Generación de sub-productos del mango

Los desechos agrícolas (cáscara, huesos, bagazo, frutas o vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo y la mayoría de las veces son arrojadas a los basureros. Se generan en grandes volúmenes y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado (Bensadón et al. 2010; Jahurul et al. 2015; Sumaya-Martínez et al. 2012). El mango al ser procesado genera diversos sub-productos como el bagazo (BM), el hueso y la cáscara, los cuales representan cerca del 40-60% del peso total de la fruta. En términos generales, el porcentaje de desperdicio es 5-10% como piel y bagazo y 15-20% como semilla (Tapia et al. 2013). De estos subproductos una mínima parte es reutilizada como alimento para ganado (Jahurul et al. 2015). Sin embargo, una adecuada selección y manejo de estos subproductos, podría procesarse para el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Ramírez-Maganda et al. 2015) o extracción de moléculas de alto valor agregado (Bandyopadhyay, Chakraborty, y Bhattacharyya 2014; Sumaya-Martínez et al. 2012). Sólo una mínima parte de los subproductos es reutilizada, esto representa un problema en creciente debido a que el material es susceptible a deterioro microbiano, que causa problemas ambientales.

3.3. Valor nutricional y funcional del mango y sus sub-productos

Los subproductos industriales del mango representan entre el 35-60% del peso total. Particularmente los del mango Ataulfo son fuentes de fibra dietaria y polifenoles que al ser incorporados a alimentos les puede dar un valor funcional (Ramírez-Maganda et al. 2015):

- **La pulpa** contiene diversos bioactivos tales como las vitaminas (A, C y E), polifenoles, carotenos, minerales (potasio, magnesio, hierro, fósforo y calcio). Además, cuenta con una importante cantidad de fibra, ácidos orgánicos (cítrico, málico) y taninos (Sumaya-Martínez et al. 2012).
- **La cáscara** (7-24%), contiene componentes que son considerados benéficos como son: fitoquímicos, polifenoles, carotenoides, enzimas y vitamina E y C; es una fuente rica de fibra dietaria (celulosa, hemicelulosa y pectina) por lo que se ha utilizado como ingrediente funcional en productos como: pastas, pan, bísquets y productos de panadería (Jahurul et al. 2015).
- **La semilla** (45-75%), posee capacidad antioxidante por su elevado contenido de polifenoles, sesquiterpenos y tocoferoles, además es rico en fitoesteroles y micronutrientes como selenio, cobre y zinc (Bandyopadhyay, Chakraborty, y Bhattacharyya 2014).
- **El bagazo** (~5%), es rico en fibra, cerca del 33.12 % del peso total, siendo la fracción insoluble la más abundante con un 19.43 %. Dentro de la composición bromatológica del bagazo la humedad representa alrededor del 60.53%, la ceniza representa aproximadamente 2.7% de su composición total y se encuentra constituido por el $1.0 \pm 0.6\%$ de proteína y $1.2 \pm 0.2\%$ de lípidos, de la masa total (Herrera-Cazares et al. 2017). Debido al contenido de cada subproducto es importante identificar las características y así poder añadirlo en algún producto para resaltar su contenido nutrimental.

García-Magaña et al. (2013) realizaron un estudio con el fin de evaluar las propiedades funcionales de subproductos de mango de las variedades Ataulfo y Tommy Atkins. Encontraron que el mango Ataulfo fue el que presentó mayor porcentaje de polifenoles totales, fibra dietaria y por ende una mayor capacidad antioxidante (Sumaya-Martínez et al. 2012). Por lo que es potencial su uso para la elaboración de alimentos funcionales y el uso de residuos de agroindustria como subproductos, principalmente de la variedad Ataulfo.

3.3.1. Macronutrientes

El mango es una excelente fuente de nutrientes de alto valor biológico. Contiene un elevado porcentaje de carbohidratos, principalmente fructosa, sacarosa, glucosa, y un escaso contenido de proteínas y lípidos (**Tabla 11**) principalmente palmítico, esteárico, oleico y linoleico (Jahurul et al. 2015; Muchiri, Mahungu, y Gituanja 2012). También es conocido por ser una fuente de heteropolisacáridos de ácido urónico y pectinas; Y una importante fuente de fibra dietaria, principalmente soluble (Blancas-Benitez et al. 2015; Ramírez-Maganda et al. 2015; Wall-Medrano et al. 2015).

Tabla 11. Contenido nutrimental del mango (g x 100g peso fresco)

Nutriente	g/100	Nutriente	g/100g
Agua	83.5	Hidratos de carbono	15.0
Energía (Kcal)	60	Fibra total	1.6
Proteína	0.8	Azúcares	13.7
Lípidos totales	0.4		

(USDA, 2016).

3.3.2. Micronutrientes

El mango vitaminas (A,C,E y K), carotenoides (β -caroteno, α -caroteno y β -criptoxantina) y minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc) (**Tabla 12**) difieren por la variedad de mango, parte de la planta utilizada, estado de madurez y su manejo pre y post-cosecha (Ballinas et al. 2013; Wall-Medrano et al. 2015; Xiaowei et al. 2011). Estos son los componentes que hacen la diferencia entre otros frutos o verduras y una excelente vía de enriquecimiento de alimentos.

Tabla 12. Contenido de micronutrientes del mango

Nutriente	mg/100 g	Nutriente	mg/100g	Nutriente	ug/100g
Calcio	11	Potasio	168	Vitamina A	54
Hierro	0.16	Sodio	1	Vitamina E	0.90
Magnesio	10	Zinc	0.09	Vitamina K	4.2
Fósforo	14	Vitamina C	36.4		

(USDA, 2016).

3.3.3. Fibra antioxidante

La fibra dietaria junto con compuestos antioxidantes brindan efectos saludables. La fibra dietética antioxidante se define como la combinación de la fibra dietética con antioxidantes naturales, permitiendo que presente efectos positivos sobre la salud. Se lleva a cabo un efecto sinérgico en el tracto gastrointestinal entre los componentes primarios de la fibra dietaria (resistentes al hidrólisis por enzimas digestivas), los cuales son capaces de interactuar con otros constituyentes de los alimentos, como compuestos fenólicos (Saura-Calixto, Serrano, y Goñi 2010). Es de suma importancia estudiar los compuestos bioactivos y su asociación a la fibra de la matriz alimentaria.

La biodisponibilidad de los compuestos fenólicos en el tracto gastrointestinal es muy variada y puede depender de diversos factores como la fuente del alimento, las interacciones químicas con otros fitoquímicos y el tamaño de los poros de la pared celular. Se pueden dividir en biodisponibles al tracto gastrointestinal humano y no biodisponibles o asociados a la fibra dietaria. Y entre la fibra dietaria se encuentran polifenoles poliméricos y polifenoles de bajo peso molecular (Velderrain-Rodríguez et al. 2016). La biodisponibilidad limitada de los compuestos fenólicos presentes en los alimentos a partir de matrices de frutas está determinada por su baja

bioaccesibilidad en el intestino delgado, debido a las interacciones físicas y químicas de los antioxidantes con la fibra dietaria de las paredes celulares (Blancas-Benitez et al. 2015). Existen estudios realizados por Siddiq et al..(2013), quienes reportaron que la cáscara de mango es una fuente rica en fibra como: celulosa, hemicelulosa y pectinas y otro estudio realizado por Dorta et al.. (2012), se identificó compuestos fenólicos en extractos obtenidos de cáscara y hueso de mango, donde reportaron que los subproductos de mango (cáscara y hueso), son fuente natural de componentes fenólicos. Por lo que se puede utilizar como un ingrediente funcional.

3.3.4. Fitoquímicos antioxidantes

El mango es una fruta con capacidad antioxidante debido a que sus compuestos brindan beneficios a la salud, ya que actúan disminuyendo los radicales libres en el organismo. Los radicales libres de oxígeno se producen en el organismo porque forman parte de muchas reacciones metabólicas, pero cuando se producen en exceso o los sistemas de defensa antioxidante fallan, los radicales libres reaccionan con los compuestos celulares produciendo la aparición de enfermedades (Nistal 2011). Dentro de las patologías relacionadas se encuentra la arterioesclerosis, anemia falciforme, artritis reumatoide, cáncer, cirrosis, colitis ulcerativa, deficiencias nutricionales, Parkinson, esclerosis múltiple, gastritis crónica autoinmune, gota, entre otras (Gil 2010). El mango puede ser utilizado como como prebiótico por todos los fitoquímicos y los beneficios mencionados anteriormente.

Los fitoquímicos propios del mango pueden prevenir daños como sobre la estructura del DNA y la peroxidación lipídica de las membranas celulares. Dentro de los principales fitoquímicos están los carotenoides que son pigmentos vegetales, generalmente de color amarillo o anaranjado, que se transforma en vitamina A la cual es esencial para el mantenimiento de tejidos epiteliales. Los carotenoides son potenciales antioxidantes que neutralizan los radicales libres oxidativos, moléculas responsables del envejecimiento de las células (Arrazola, Rojano, y Díaz 2013; Talcott y Talcott 2009). Los flavonoides son pigmentos naturales de bajo peso molecular presentes en los vegetales y protegen al organismo del daño producido

por agentes oxidantes. Los principales flavonoides encontrados en el mango son glucósidos de quercetina, rutina y mangiferina, el un estudio realizado por Maldonado-Astudillo et al., (2016) el mango Ataulfo presentó una mayor actividad de atrapar radicales libres en extracto metanólico, además fue el que presentó mayor cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides (Talcott y Talcott 2009).

El organismo humano no puede producir compuestos fenólicos por lo que debe obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Se ha demostrado que los fitoquímicos poseen distintas propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas. Los reportes sugieren que el contenido fitoquímico de la pulpa del mango consiste en ácido gálico, mangiferina, glicósidos de quercetina y muchos taninos hidrolizables que han sido identificados, pero no caracterizados (Arrazola, Rojano, y Díaz 2013). La mangiferina es un flavonoide con capacidad antioxidante que posee actividades antioxidantes, anticancerígenas, antimicrobianas, antiescleróticas, antialérgicas, antiinflamatorias, analgésicas, antidiabéticas, antitumorales, hepatoprotectoras, cardioprotectoras e hipolipídicas e inmuno moduladoras (Masibo y He 2008). Un estudio realizado por Stoilova y Jirovetz (2008) evaluaron las propiedades antioxidantes de la mangiferina en las hojas de mango, en donde presentó actividad inhibitoria contra radical hidroxilo y una reducción en la formación de hierro, esto debido a su capacidad quelante. También se han demostrado mecanismos de protección en la mitocondria del complejo hierro-citrato contra la peroxidación lipídica (Masibo y He 2008).

3.4. Metabolismo y efectos de compuestos bioactivos

3.4.1. Bioaccesibilidad y biodisponibilidad

La biodisponibilidad hace referencia a los nutrientes contenidos en los alimentos y que permitan que el organismo funcione adecuadamente, es decir, que las moléculas bioactivas presentes en los alimentos ejerzan beneficios al ser transportados desde el torrente sanguíneo hacia las células donde ejercerán acción (Lutz 2014). La bioaccesibilidad se define como la fracción de un compuesto que es

liberado de la matriz del alimento en el tracto gastrointestinal y así llega a ser disponible para la absorción intestinal (Burgos et al. 2014).

Herrera-Cazares et al., (2017) comparó la biodisponibilidad y bioaccesibilidad de compuestos fenólicos de dulce tipo gomita enriquecido con bagazo de mango, un dulce comercial y el bagazo de mango. Observaron que el bagazo de mango presentó mayor porcentaje de flavonoides biodisponibles y bioaccesibles. Además, observaron que durante la fermentación *in vitro*, se formaron ácidos grasos de cadena corta (ácido acético: 706.76 mmol/L; ácido butírico: 356.35 mmol/L y ácido propiónico: 327.53 mmol/L). Esto indica que el uso de bagazo de mango puede tener capacidad prebótica y se puede emplear en un vehículo para la fortificación de alimentos.

3.4.2. Acción pre- y postbiótica de fitoquímicos del mango

Los compuestos fenólicos (CF) actúan como antialergénicos, antiinflamatorios, antioxidantes, cardioprotectores, antimicrobianos y modulan la MGI. Los principales compuestos fenólicos identificados en el mango son la manguiferina, ácido gálico, galotaninos, quercetina, ácido elálgico, ácido protocateico, catequina, ácido ferúlico y ácido vanílico (Palafox-Carlos et al. 2012; Wall-Medrano et al. 2015). Los CF tras su ingestión interactúan con enzimas humanas y microbianas, lo cual produce metabolitos que pueden influir e inducir cambios en la composición de la MGI. Cabe señalar en este punto que los CF obtenidos de la dieta se encuentran de forma conjugada y la mayoría de las propiedades biológicas de los CF dependen de su biodisponibilidad (Pacheco-Ordaz 2015).

Los CF del mango no biodisponibles en circulación sistémica, habrán de alcanzar e colon y ser utilizados por la MGI de forma diferencial. Pacheco-Ordaz et al., (2017) evaluaron el efecto de cinco compuestos fenólicos (ácidos catequina y gálico, vanílico, ferúlico y protocatecúico) sobre el crecimiento de dos bacterias probióticas (*L. rhamnosus* GG y *L. acidophilus*) y dos bacterias patógenas (*E. coli* 0157: H7 y *S. typhimurium*). La concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración

bactericida mínima (CBM) de estos ácidos fenólicos oscilo entre 15-20 mmol l⁻¹ y 20-30 mmol l⁻¹ contra las bacterias, pero estimularon de forma selectiva de las bacterias probióticas aun en ausencia de fuente de carbono adicional. Luciano et al., (2018) evaluaron el efecto de la edición de *L. acidophilus* (LA-3) a un smoothie de mango demostrando la viabilidad de esta bacteria, la fermentación de componentes del mango y también la viabilidad en condiciones simuladas de digestión.

II. Justificación

Debido a los malos hábitos alimenticios de la población infantil mexicana, se corre un elevado riesgo de que los niños padezcan en un futuro un gran número de patologías (diabetes mellitus, hipertensión arterial, dislipidemias, enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otros). Esto es un derivado del alto contenido de azúcar, sal, grasas saturadas en la dieta y la disminución de frutas y verduras, lo cual conlleva a disminución anteriormente en consumo de fibra dietaria, que junto con el exceso de lo mencionado anteriormente, aumenta riesgos en la salud.

Debido a la necesidad de buscar alternativas del uso de este tipo de productos, una parte de la industria alimenticia se ha enfocado al desarrollo de nuevos productos que contrarresten esta situación, brindando beneficios a la salud. Esto se ha logrado mediante el uso y adición de ingredientes funcionales a productos de consumo común. El desarrollo integral y la búsqueda de nuevos productos funcionales ha llevado a la industria alimenticia a enfocarse no únicamente en el desarrollo de productos altamente consumibles, sino en productos de elevado valor nutrimental con beneficios a la salud y provenientes de procesos que protejan el medio ambiente.

La agroindustria genera grandes cantidades de residuos provenientes de un gran número de procesos. Estos residuos generalmente son desechados o potenciales generadores de problemas ambientales, sin embargo, muchos de ellos tienen la característica de poder ser aprovechados como subproductos. Particularmente en la industria alimenticia del mango, uno de estos subproductos es el bagazo, por lo cual el presente trabajo se encuentra enfocado al aprovechamiento de este, debido a sus características nutraceuticas para adicionarlo a un producto de consumo frecuente en la población infantil, con el fin de que sus propiedades ayuden a la prevención de patologías relacionadas con la obesidad y el sobrepeso.

III. Hipótesis

Un producto de confitería funcional adicionado con bagazo de mango aceptado sensorialmente por niños en edad escolar, genera un efecto prebiótico en 4 cepas de bacterias ácido-lácticas, propias del tracto gastrointestinal.

IV. Objetivos

4.1. Objetivo general

Obtener, caracterizar fisicoquímicamente y evaluar el efecto prebiótico *in vitro* de un producto de confitería enriquecido con bagazo de mango (*Manguiifera Indica L.*).

4.2. Objetivos específicos

- Obtener y caracterizar el perfil fisicoquímico, nutricional y funcional de un producto de confitería enriquecido con bagazo de mango.
- Evaluar la vida de anaquel y nivel de aceptación por consumidores potenciales de la gomita con fibra.
- Estudiar la asociación de compuestos fenólicos a las distintas fibras dietarias (soluble e insoluble) de la gomita con fibra.
- Evaluar el efecto prebiótico *in vitro* de la gomita con fibra sobre bacterias probióticas residentes del tracto gastro intestinal.

V. Metodología

5.1. Fuente y transporte de materias primas

El bagazo de mango fue obtenido del procesamiento de la industria de pulpas de mango Frozen Pulps de México S.A de C.V., y procesado en la Planta Piloto de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, donde se envasó y se congeló a -18°C . Los demás ingredientes como son grenetina, agar, sucralosa, ácido cítrico, benzoato de sodio y sorbitol fueron de grado alimenticio obtenidos de comercializadoras de la ciudad de Querétaro, Querétaro, México.

5.1.1. Reactivos

La α -amilasa, proteasa, amilogucosidasa, rutina, (+)- catequina, ácido gálico, manguiferina fueron marca Sigma Chemical Co., (USA). El hidróxido de sodio y potasio, éter etílico, ácido clorhídrico, ácido acético, metanol, ácido sulfúrico de la marca J.T. Baker. La rutina, DPPH y trolox de marca SIGMA Aldrich Chemicals.

5.1.2. Liofilización y almacenamiento

El bagazo de mango se liofilizó durante 24 h, posteriormente se molió a un tamaño de partícula inferior a 250 micras y se almacenó al vacío a 4°C . La liofilización hace referencia a un proceso de conservación mediante sublimación, con el fin de reducir pérdidas de compuestos termo-sensibles. Consiste en varias etapas (**Figura 13**): 1) congelación, 2) secado por sublimación de hielo del producto congelado a bajas presiones, 3) almacenamiento (Ramírez-Navas 2007).

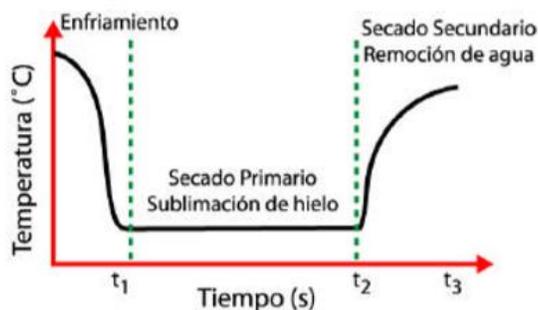


Figura 13. Pasos del proceso de liofilización

(Ramírez-Navas 2007).

5.1.3. Gomas enriquecidas con BM (GBM)

Las gomas enriquecidas con bagazo de mango se prepararon de acuerdo con lo reportado por Hernández (2015) con algunas modificaciones. Se varió el porcentaje de bagazo de mango, gretina, y se adicionaron diferentes ingredientes como el agar, la sucralosa y el sorbitol. Como control se emplearon gomas con azúcar. Para la elaboración, la gretina, el agar y el bagazo de mango se disuelven en una proporción 1:4 (p/p) hasta obtener una mezcla homogénea y se deja reposar durante 10 minutos. Se mezcla el agua restante, la sucralosa, el sorbitol y se calienta en una placa hasta obtención de almíbar. El almíbar se añade a la mezcla de gretina-agar-bagazo previamente hidratada,, hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente se vierte en moldes de silicón y se refrigera a 4°C durante 3 h.

5.1.4. Diseño experimental y formulaciones iniciales

Para el diseño de la formulación se realizó un diseño estadístico factorial (**Tabla 7**) con el programa JMP 8.0, donde las variables fueron Gnetina (25, 30, 35%) y Goma Agar (6, 8, 10%) el resto de los ingredientes fueron fijos, a excepción del agua que se determina a diferencia de peso.

Tabla 13. Diseño factorial

Fórmula	Agar (%)	Gnetina (%)	Fórmula	Agar (%)	Gnetina (%)
1	6	25	6	6	30
2	10	35	7	8	35
3	6	35	8	10	30
4	8	25	9	8	30
5	10	25			

5.1.5. Moldeo

Se colocó la mezcla a una temperatura de 70°C en los moldes de silicón grado alimenticio con figura de ositos, una vez que estuvieran a temperatura ambiente, se colocaron en refrigeración (4°C) durante 3 horas. Posteriormente, se retiraron las gomitas de los moldes, se empacaron y se almacenaron (**Figura 14**).

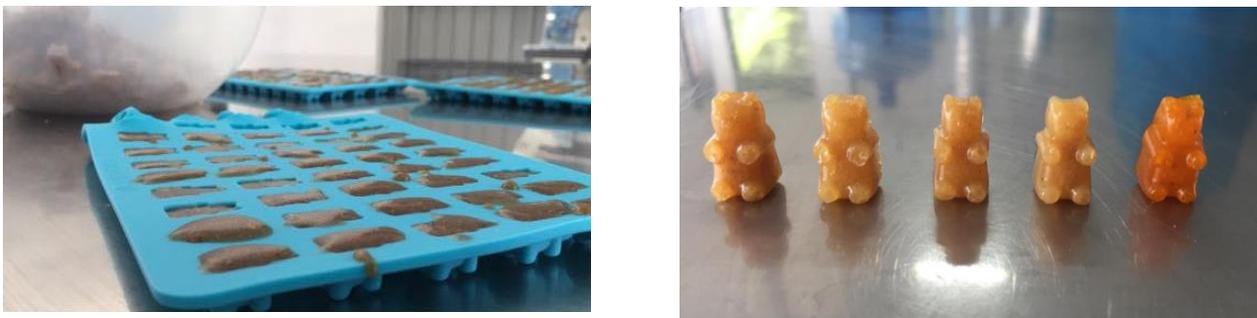


Figura 14. Proceso de moldeo de gomitas con bagazo de mango

5.1.6. GBM modificadas

Se realizaron modificaciones en cuanto a la cantidad de agua añadida de las fórmulas (**Tabla 13**) debido a que la dureza, elasticidad y actividad de agua no eran similares a las fórmulas comerciales. Por lo que se decidió añadir el agua en relación (1:4) al peso del bagazo contenido en la gomita, es decir que al añadir 30% de bagazo, se añadió 120% de agua.

5.2. Caracterización físico-química de materias primas, BM y GBM

5.2.1. Textura

Para la evaluación de la textura de las gomitas se utilizó una prueba de Análisis de Perfil de Textura (TPA) donde se produce una curva de fuerza/tiempo, donde se obtuvieron 4 parámetros (**Tabla 14**)

Tabla 14. Parámetros evaluados en el Análisis de Perfil de Textura (TPA)

Parámetro	Definición
Dureza	Fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar.
Cohesividad	Cociente entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (área 2) y el área bajo la curva de la primera compresión (área 1). Representa la fuerza con la que están unidas las partículas, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse.
Elasticidad	Altura que la muestra recupera entre el fin de la primera compresión y el inicio de la segunda.
Masticabilidad	Producto de la dureza por la cohesión y la elasticidad. Representa el trabajo necesario para masticar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido.

(Demonte 1995).

Se utilizó un texturómetro Máquina Universal de Pruebas modelo 4411 (Instron). Las gomitas en forma de cubos de 1 cm³ fueron colocadas en la base del equipo y se midió la deformación máxima (%) y desplazamiento máximo (mm) para evaluar la elasticidad, mientras que la resistencia se determinó con la fuerza de ruptura. Para estimar la elasticidad y resistencia a la compresión se utilizó una celda de carga de 50 N y una probeta de 11.28 mm de diámetro (Corrigan, Hedderley, y Hurst 2006).

5.2.2. Actividad de agua (Aw)

Para la determinación de actividad de agua se utilizó un higrómetro de punto de rocío (AquaLab) de cuatro cifras significativas, el análisis se realizó por triplicado. Previamente calibrado por instrucciones del proveedor, se colocaron aproximadamente 5 g de la muestra en la celda y se efectuó la lectura, tras 5

minutos aproximadamente el equipo indicó que se realizó la lectura correctamente y se anotaron los valores de Aw y temperatura.

5.2.3. Polifenol oxidasa (PPO)

La muestra del bagazo de mango y la gomita enriquecida con bagazo se centrifugó a 5,000 rpm por 15 minutos a una temperatura de 4°C; se tomó una muestra del precipitado y se reconstituyó con 75 mL de buffer de fosfato 0.05M pH 6.5 PVPP al 2% y Tritón X-100 al 1.5% respecto al buffer, por último se centrifugó a 8,000 rpm por 20 minutos a una temperatura de 4°C (Blach, Donado, y Pinzón 2010).

5.2.4. Azúcares reductores

Para la cuantificación de azúcares reductores se utilizó el método Miller, (1959), donde se requiere el reactivo DNS. Se disolvió 0.8 g de Hidróxido de sodio (NaOH) en agua destilada, luego se adicionaron 15 g de tartrato de sodio y potasio tetra hidratado y 0.5 g de ácido 3,5- dinitrosalicílico, se aforó a 50 mL con agua destilada y se almacenó a 4°C. La concentración de azúcares se determinó con una curva de calibración en función a la concentración y la absorbancia se leyó con un espectrofotómetro a una longitud de onda 540 nm.

Una vez obtenida la curva patrón, se adicionaron 0.5 mL de cada muestra con 0.5 mL del reactivo DNS, se colocaron en ebullición durante 5 minutos en baño maría y se detuvo la reacción en baño maría con hielo. Se adicionaron 5 mL de agua destilada y se agitaron por 15 minutos, por último, se determinó la absorbancia a 540 nm igual que el estándar (Ávila et al. 2012).

5.2.5. Color

Se determinó mediante el método propuesto por la Comisión Internacional de la Vigne et du Vin (OIV 1979) para el análisis cromático mediante CIELAB que permite

visualizar y representar colores en dos o tres dimensiones. Se llevó a cabo mediante un espectrofotómetro que detecta la luz reflejada mediante tres sensores por píxel a una longitud de onda igual a 765 nm. Las muestras se midieron por triplicado y las variables respuestas fueron: luminosidad, matiz y saturación, para posteriormente generar un diagrama correspondiente de cromaticidad y con ello se determinó el color exacto.

5.3. Análisis proximal

5.3.1. Humedad

La determinación de humedad se realizó por el método 925.09 de la AOAC (2002) empleando un horno de FELISA FE-290, donde se obtuvo la diferencia de pesos de la muestra antes y después de sacarla del horno a una temperatura constante de 100°C durante 3 horas.

5.3.2. Lípidos

Los lípidos se determinaron por el método 920.39 descrito en la AOAC (2002). Donde se colocaron los matraces a peso constante en la estufa a una temperatura de 80°C durante 12 h. en un cartucho de celulosa se colocaron un papel filtro No.1 con 5 g de muestra, se cubrió con algodón y se colocaron en un compartimiento del extractor de Soxhlet, el cual previamente se le adicionaron 2/3 partes del volumen con éter de petróleo. Se calentó, manteniendo 10 reflujos/h durante 5 h. Finalmente se recuperó el solvente y se secó en estufa, se colocó en el desecador por 40 minutos y se registró su peso final. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \textit{grasa} = \left(\frac{Pf - Po}{M} \right) * 100$$

Donde:

Pf= peso final del matraz

Po= peso inicial del matraz

M= peso de la muestra

5.3.3. Proteínas

La proteína se determinó de acuerdo al método 920.15 descrito por AOAC (2002). Se colocaron matraces de digestión tipo Kjeldhal, a los cuales se les adicionó 1 g de muestra, 3.5 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4), 0.4 g de sulfato de cobre (CuSO_4) y 14 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Los matraces se colocaron en la plancha del digestor durante 3 h, se dejaron enfriar y se añadieron 100 ml de agua destilada.

Para la destilación se agregó en tubos 50 ml de NaOH al 40%. El destilado se recibió en un matraz con 25 mL de ácido bórico y se empleó rojo de metilo como indicador. Se tituló con NaOH 0.2 N previamente valorado, y se registró el volumen gastado de NaOH. Para la determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%N = \left(\frac{(V \text{ H}_2\text{SO}_4) * (N) - (V \text{ NaOH})(N) * 0.014 * 100}{\text{Peso muestra}} \right)$$

$$\%Proteína = (\%N)(Factor)$$

5.3.4. Cenizas

El contenido de cenizas se determinó de acuerdo al método 945.46 descrito en la AOAC (2002). Donde se colocaron los crisoles en peso constante en estufa a una temperatura de 100°C durante 3 horas, posteriormente se colocaron en el desecador por 40 minutos. Se procedió a registrar el peso del crisol, se pesaron 3 g de muestra en los crisoles. Se calcinaron las muestras en la mufla a una temperatura de 550°C durante 5 h. los crisoles se dejaron en el desecador durante 40 minutos, se pesaron las muestras finales. Para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%cenizas = ((W1 + M1) - (M2 - W1)) * 100$$

Donde:

W1= peso constante del crisol

M1= peso de muestra

M2= peso crisol + cenizas

5.3.5. Fibra dietaria

Determinación de fibra dietética soluble e insoluble se realizó usando la metodología descrita por la A.O.A.C (2000 Método 991.42 FDI; 9931.19 FDS). Primero se pesó 1 g de muestra previamente molida y tamizada, posteriormente se le adicionaron 1 g de muestra (bagazo de mango deshidratado), se molió y tamizó previamente en malla #60. Una vez realizado este paso, se procedió a adicionar 50 mL de buffer de fosfatos (pH 6). Se midió el pH de la solución a 6 con hidróxido de sodio (NaOH) 0.275 N. Después se cubrieron las muestras con papel aluminio y se añadieron 100 µl de α-amilasa termoestable (A-3306, Sigma Chemical) y se llevaron a incubación a 94°C durante 30 minutos, se atemperó y se ajustó a un pH de 7.5 con 10 ml e NaOH 0.275 N. Consecutivamente se adicionaron 100 µl de proteasa (P-5380, Sigma Chemical Co.), para después colocar a baño maría a una temperatura de 60°C durante 30 minutos en agitación y atemperar. Se ajustó el pH a 4-4.6 con 10 mL HCl (0.325 N). Una vez ajustado el pH se adicionaron 300 µl de amilogucosidasa (A-9268, Sigma Chemical Co.) y se volvió a colocar en baño maría por 30 minutos a 60°C con agitación continua.

El procedimiento para determinar fibra insoluble se inició con un proceso de atemperación, seguida de una centrifugación de la muestra durante 10 minutos a 3500 rpm a una temperatura de 4°C. Posteriormente se llevó a peso constante un filtro No. 4 para las muestras y se filtró con bomba al vacío. Se realizaron dos lavados con 10 mL de agua a 60°C, y dos lavados más con 10 mL de etanol al 80% en volumen. Una vez realizados los lavados, se metió el filtro en estufa por 24 h y se pesó el filtro posteriormente a las 24 h. Por último, la fibra soluble se determinó con el filtrado del residuo para fibra insoluble, se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se agregó el mismo volumen de etanol al 80%. Se dejó reposar por 24 h en refrigeración. Se filtró con bomba al vacío con un filtro No. 42 (previamente llevado a peso constante). Después se realizaron dos lavados con etanol (10 mL) al 80% y dos lavados con acetona; se secó el filtro en estufa por 24 h.

5.4. Evaluación microbiológica

5.4.1. Mohos y levaduras

Para la determinación de mohos y levaduras se utilizó lo descrito por la (NOM-011-SSA- 1994) Se realizó por duplicado en cajas de Petri 1 mL de la muestra líquida, se vertió de 15-20 mL de agar papa dextrosa acidificado, fundido y manteniendo a una temperatura de 45°C en baño maría. Se mezcló cuidadosamente en movimientos en sentido de las manecillas del reloj, sobre una superficie lisa y se dejó que se solidificará la mezcla en una superficie horizontal fría. Las cajas se invirtieron y se colocaron en una incubadora a 25°C, se contaron las colonias de cada placa después de 3-5 días de la incubación.

5.4.2. Coliformes totales

La determinación de coliformes totales se realizó por el método descrito en (NOM-113-SSA- 1994) . Se realizó por duplicado en cajas Petri con 1 mL de la muestra líquida en donde se vertieron de 15-20 mL de agar biliado rojo neutro cristal violeta (RVBA) fundido y manteniendo a una temperatura de a 45°C en baño maría. Se mezcló el inóculo en movimientos en sentido de las manecillas del reloj y se dejó reposar en una superficie horizontal fría para que solidifique. Se preparó una caja control con 15 ml de medio. Cuando el medio estuvo solidificado, se vertió 4 mL del medio RVBA con la superficie del medio inoculado y se dejó solidificar de nuevo. Se invirtió las placas y se colocaron en una incubadora a una temperatura de 35°C durante un tiempo de 24 h y posteriormente se contaron las colonias.

5.5. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

Se realizó un extracto metanólico, para lo que se utilizó 1 g de muestra y se le adicionó 10 mL de metanol, posteriormente se dejó en agitación constante durante 24 h en un matraz, se centrifugó a 5000 rpm durante 10 min a temperatura ambiente y el sobrenadante se recolectó en frascos color ámbar.

5.5.1. HPLC-DAD

Se llevó a cabo por la metodología descrita por Ramírez-Jiménez, (2014) donde las muestras fueron inyectadas en un cromatógrafo líquido de alta resolución con un detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD), con un sistema HPLC Agilent Serie 1100 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EE.UU), se utilizó la columna Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6 x 250 mm 5. µm. La fase móvil fue acetonitrilo: agua (ácido acético 1%) en una proporción 90:10 con un flujo de 1 ml/min. Se inyectaron 50 µL de cada muestra y cada corrida fue de 15 minutos. Para obtener la identificación y cuantificación de los compuestos se utilizaron los siguientes estándares: catequina, quercetina, ácido gálico y manguiferina los cuales se reportaron como µg/g de muestra.

5.6. Capacidad antioxidante (ABTS y DPPH)

5.6.1. ABTS

Se realizó siguiendo la metodología descrita por Nenadis et al., (2004) con algunas modificaciones. En una microplaca se añadieron 0.02 mL de extracto metanólico de las muestras y se agregaron 230 µl de la solución de ABTS previamente preparada (5mL de ABTS y 88µL de persulfato de sodio. Almacenada a oscuridad durante 24 h). Se leyó en el espectrofotómetro a 520nm en tiempo: 0,10, 30,60, 90 y 120 min. Los datos se expresan como µg equivalentes de Trolox (TEAC).

5.6.2. DPPH

Se realizó siguiendo en método descrito por Brand-Williams et al., (1995) con algunas modificaciones por Fukumoto y Mazza, (2000) adaptado para su uso en microplaca. En una microplaca se añadieron 0.2 mL de extracto metanólico de la muestra y 0.2mL de solución DPPH. Se leyó en un espectrofotómetro a 520 nm en tiempos: 0,10, 30, 60, 90 y 120. La actividad antirradial se calculó como el porcentaje de inhibición de DPPH, a través de la siguiente fórmula:

$$ARA = 100 * \left(1 - \frac{A_{muestra}}{A_{control}}\right)$$

Donde:

A muestra: la Abs de la muestra a 520nm

A control: la Abs del control (ausencia de DPPH)

5.7. Compuestos fenólicos asociados a fibras dietarias

La cuantificación de compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria se realizó mediante un protocolo de hidrólisis enzimáticas y químicas. Las alícuotas de fibra dietaria fueron analizadas por el método (991.43 AOAC, 2000) modificado por Shiga et al., (2003). Brevemente, se pesaron 500 mg de muestra, se incubaron en una hidrólisis enzimática triple, la cual consistió en agregar 25 μ l de α -amilasa en pH 6, por 35 min a 100°C, posteriormente se adicionó proteasa (50 μ l de 50mg/ml) en una solución de buffer de fosfatos 0.08M, pH 6, 60°C por 35 min (**Figura 14**). Por último, se adicionó amiloglicosidasa (150 μ l, pH 4.5, 60°C por 35 min). Posterior a la digestión enzimática, se tomó una alícuota para determinar compuestos fenólicos liberados, centrifugándose la muestra por 10 min, 4°C a 4000 rpm, se separó el sobrenadante y el pellet del residuo. El detalle de los tratamientos químicos tanto para el sobrenadante como para el residuo hasta la cuantificación de fibra dietaria (FDS) e insoluble (FDI) y la cuantificación de sus fenoles asociados, se describen en la **Figura 15**.

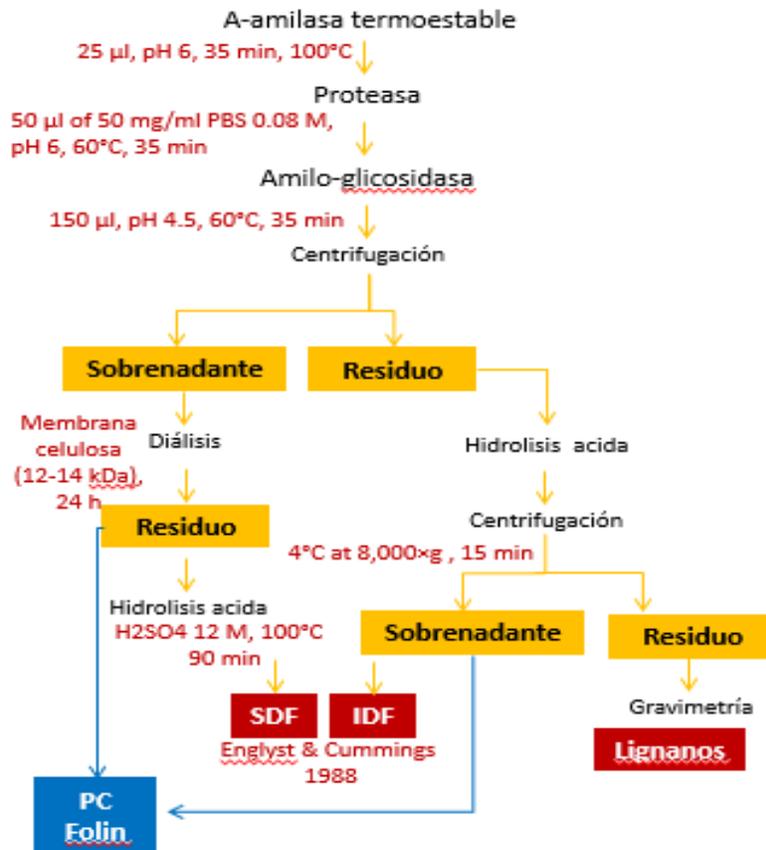


Figura 15. Determinación de compuestos fenólicos asociados a la fibra dietaria de la matriz alimentaria

Para la evaluación de accesibilidad *in vitro*, se calculó la diferencia del contenido de compuestos fenólicos por hidrólisis enzimática y los compuestos fenólicos asociados a fibra soluble e insoluble. La ecuación describe la accesibilidad considerando la diferencia de compuestos fenólicos liberados posterior a la hidrólisis enzimática y los compuestos fenólicos asociados a fibra soluble e insoluble.

$$Accesibilidad (\%) = \frac{(PREH - PASF)}{(PREH + PAIF)} \times 100$$

Donde: PREH= Compuestos fenólicos liberados por hidrólisis enzimática, PASF= Compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria soluble y, PAIF= Compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria insoluble.

5.8. Vida de anaquel

Para la determinación de vida de anaquel del producto, fue necesario evaluar diversos indicadores de cambios físicos, químicos y biológicos. Se usó un diseño completamente aleatorio con un arreglo factorial (3x5). Las variables independientes evaluadas fueron la temperatura (25, 35 y 45°C), tiempo de almacenamiento (cada 7 días por 30 días). Las pérdidas de calidad del producto final y su vida útil, se determinó evaluando los cambios en azúcares reductores, color, carga microbiana y polifenoloxidasas, de acuerdo a los métodos descritos anteriormente. Los resultados se expresaron como la media \pm desviación estándar.

5.9. Evaluación sensorial

Las dos formulaciones con mejores características fisicoquímicas se administraron previamente analizadas y que cumplieran con la inocuidad microbiológica. Se administraron a un panel de 51 niños con edades comprendidas entre 6 y 12 años de edad, de la Escuela Primaria Urbana Matutina Vicente Riva Palacio donde fueron encuestados para determinar su grado de satisfacción sobre el producto en una escala no estructurada (**Figura 15**).

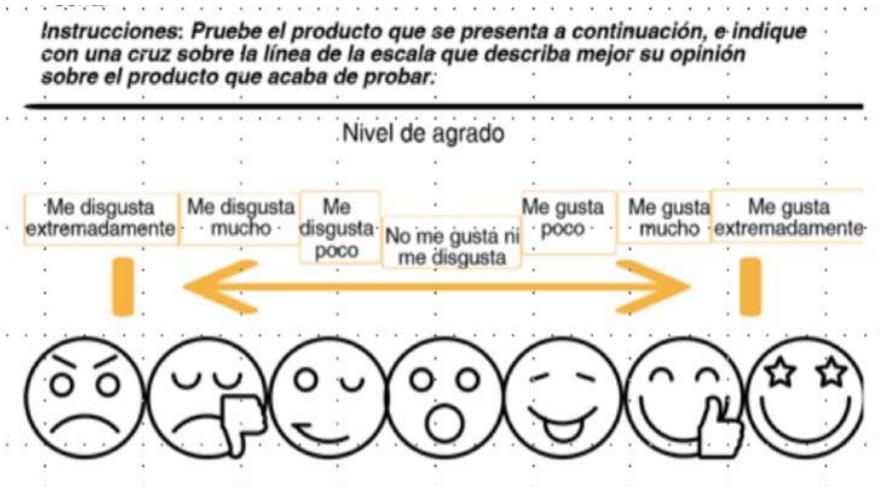


Figura 16. Escala no estructurada

La línea que une los dos extremos de agrado “No me gusta-Me gusta mucho”

(Aranda-González et al., 2015).

Los niños encuestados indicaron el nivel de agrado o desagrado marcando en la escala su opinión; determinando está en la línea que une los dos extremos de agrado (No me gusta/ me gusta). La variable respuesta fue el nivel de satisfacción de los productos y se analizó sobre la base de un diseño estadístico con una distribución completamente al azar.

5.10. Efecto prebiótico *in vitro*

5.10.1. Cepas bacterianas

La acción prebiótica fue evaluada en este estudio comprobando el crecimiento de bacterias probióticas de la MGI normal (**Figura 8**); I Cuatro especies del género *lactobacillus sp.* Proporcionadas por el Dr. Adrián Hernández-Mendoza del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. fueron estudiadas *L. reuteri* (LRE; NRRL 14171) , *L. plantarum* (LP, NRRL B-4496), *L. helveticus* (LH, R0052) y *L. rhamnosus* GG (LRH) fueron las cepas activadas e inoculadas en caldo Man, Rogosa y Sharpe (MRS) con dextrosa (BD Difco™, Becton, Dickinson and

Company Sparks, MD, USA) y se incubaron a 37°C durante 48 horas en condición de anaerobiosis (~5% CO₂) hasta obtener una biomasa ~10⁸ unidades formadoras de colonias (UFC) la cual se alcanza a una DO₆₀₀ de 0.5 en unidades McFarland. Para la preservación de las cepas a esta densidad se usó una relación de 20 µl de glicerol por cada 1.5 mL, manteniéndose a -20°C hasta su uso.

5.10.2. Obtención de fibra de bagazo de mango

La fibra de bagazo con compuestos fenólicos reducidos fue obtenida por extracción sólido –líquido de acuerdo a recomendaciones de Domínguez-Avila et al., (2018), se pesaron 50 g de bagazo, fueron lavados dos veces con H₂O y posteriormente con tres veces con metanol. Cada lavado, se centrifugó a 4000 rpm por 10 min a 4°C. Al finalizar los lavados la fibra se secó en un horno Felisa a 100°C por 2 horas.

5.10.3. Ensayo cualitativo de potencial prebiótico de GCF y controles

Para evaluar el potencial prebiótico de BM y GCF, se siguieron los procedimientos y recomendaciones de Pacheco-Ordaz et al., (2017). En la **Tabla 15**, se describen los tratamientos usados para el crecimiento de las bacterias.

Tabla 15. Tratamientos para crecimiento de bacterias

Tratamiento	Fuente energética	% p/p	DO ₆₀₀
1 (+)	Dextrosa	5	0.13
2 (-)	Ninguna	-	0.13
3	Bagazo	5	1.06
4	Bagazo (gomita)	1.6	0.28
5	Fibra de bagazo	10	0.89
6	Gomita con fibra	7	0.32

Densidad óptica a 600 nm (DO₆₀₀), porcentaje en peso (p/p).

El control positivo (1+) tenía dextrosa al 5% (Caldo MRS comercial, BD Difco™, Becton, Dickinson and Company Sparks, MD, USA) mientras que el control negativo (2-) no tenía fuente de carbón (Actero™ Lactobacilli MRS Broth W/O Dextrose, Foodcheck systems Inc., Calgary, AB, Canada). En el tratamiento 3 se usó el bagazo como única fuente de carbono, el tratamiento 4 se agregó únicamente la cantidad de bagazo que contiene la gomita, es decir un 30%; el tratamiento 5 se suplementó el medio con la fibra del bagazo cuya obtención se comentará a continuación. Así mismo, el tratamiento 6 se suplementó con la gomita con fibra, la cual previamente se liofilizó y molió, se agregó el 7% puesto que el 70% de la gomita fue considerada fuente de carbono, por lo que se debió agregar más para alcanzar la misma cantidad de fuente de carbono que el resto de los tratamientos. Para el ensayo cualitativo se tomaron 60 µL del cultivo madre y se inocularon 15 tubos con caldo MRS sin dextrosa (3 tubos de 5mL) estéril para cada una de las bacterias y se incubaron a 37°C por 48h. Al término, se midió la densidad óptica a 600 nm (DO₆₀₀) de cada tubo, corrigiéndose este valor por su blanco correspondiente (**Tabla 15**).

5.10.4. Cinéticas de crecimiento bacteriano

Con el fin de evaluar el efecto potenciador de crecimiento de las cepas probióticas ensayadas por el consumo de dextrosa o GBM, se determinaron curvas de crecimiento. Brevemente, se tomaron 60 µL del cultivo madre y se inocularon tres series de 15 tubos (5 ml) con caldo MRS con dextrosa al 5% y otros 15 (15) tubos con MRS sin dextrosa y con GBM (**Tabla 15**). Cada serie de 15 tubos con MRS-dextrosa o MRS-GBM se inocularon con LRH, LR, o LH por ser las bacterias con mejor crecimiento en GBM y se incubaron a 37°C, tomándose alícuotas (3 tubos/serie) a tiempo 0, 6, 12, 24 y 48 h, se refrigeraron los tubos a 4°C y posterior se realizó una lectura de absorbancia a 600 nm. Con los datos obtenidos se calcularon las constantes de crecimiento para cada cepa bacteriana por sustrato (Baranyi y Roberts 1994).

5.10.5. Consumo de dextrosa y producción de lactato

En las mismas alícuotas a las que se midió su DO₆₀₀ se les determinó el nivel de consumo de azúcares por la técnica del DNS comentada en la sección 5.2.4. Para las pruebas de determinación de lactato se tomó una muestra de 25 µL y se introdujo en un analizador de lactato (YSI 1500 Sport Lactate Analyzer; OH, U.S.A), previamente calibrado y las muestras se analizaron por triplicado.

5.11 Análisis estadístico

Los resultados de los análisis proximales, nutracéuticos y de vida de anaquel de BM y GBM se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y se expresaron como la media ± la desviación estándar. Las diferencias entre sus medias se sometieron a la prueba de Tukey. Todos los datos fueron analizados en el programa estadístico JMP 8.0.

Para el desarrollo del producto, se realizó un diseño factorial donde las variables fueron Agar y Grentina con tres valores cada uno.

VI. Resultados y discusión

6.1. Caracterización físico-química de BM y GBM (iniciales y modificadas)

La textura es clasificada con base a sus tres propiedades: mecánica, geométrica y de superficie. La dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad están dentro de la propiedad mecánica, pueden ser medidas mediante un perfil de textura (TPA). En la **Tabla 16**, se observa los resultados obtenidos del perfil de textura para las formulaciones preliminares ensayadas.

Dureza es la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares, si bien es cierto este atributo no engloba el perfil de textura de una gomita, pero si es uno de los más importantes (Torres 2015). En términos generales, los análisis de varianza indicaron que la grenetina y el agar afectan significativamente ($p > 0.01$) la

dureza de la gomita enriquecida con bagazo de mango (**Figura 17**). Además, los modelos de regresión mostraron un coeficiente de correlación de ($R^2= 0.975$).

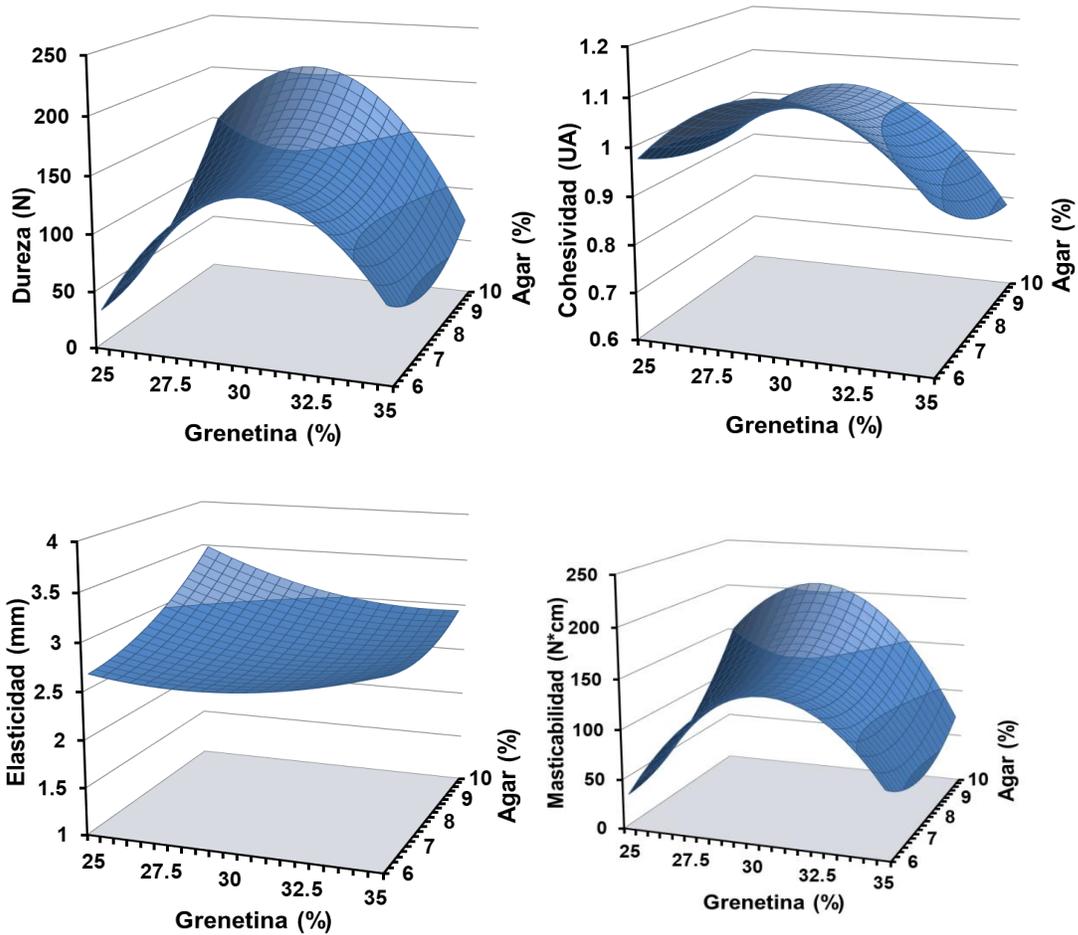


Figura 17. Diagrama de superficie de respuesta para el perfil de textura de un producto de confitería tipo gomita adicionada con bagazo de mango

Tabla 16. Perfil de textura de gomitas enriquecidas con BM

Muestra	Agar(%)	Grenetina (%)	Dureza (N)	Cohesividad (UA)	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (N*cm)
1	6	25	62.9 ± 22.11 ^c	0.90 ± 0.02 ^a	2.9 ± 0.38 ^a	64.1 ± 22.06 ^c
2	10	35	41.7 ± 11.48 ^c	0.87 ± 0.09 ^a	2.7 ± 0.54 ^a	42.8 ± 11.49 ^c
3	6	35	65.6 ± 9.40 ^c	0.93 ± 0.01 ^a	3.3 ± 0.68 ^a	66.9 ± 9.34 ^c
4	8	25	35.2 ± 3.24 ^c	1.00 ± 0.07 ^a	3.1 ± 0.23 ^a	36.5 ± 3.23 ^c
5	10	25	217.86 ± 5.28 ^a	0.97 ± 0.05 ^a	3.1 ± 1.19 ^a	200.1 ± 33.47 ^a
6	6	30	116.1 ± 20.86 ^a	1.21 ± 0.35 ^a	2.0 ± 0.76 ^a	117.5 ± 20.96 ^a
7	8	35	70.4 ± 15.84 ^c	0.75 ± 0.21 ^a	2.6 ± 0.68 ^a	71.4 ± 16.07 ^c
8	8	30	228.0 ± 14.09 ^a	0.92 ± 0.02 ^a	3.7 ± 1.10 ^a	229.3 ± 13.98 ^a
9	10	30	207.7 ± 6.44 ^a	1.05 ± 0.28 ^a	2.6 ± 0.14 ^a	209.1 ± 17.19 ^a

Cada valor representa la media de tres experimentos ± ES. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre muestra

Los valores de dureza obtenidos estuvieron entre 207.7 ± 6.44 N (10% de agar y 30% de grenetina) a 35.22 ± 3.24 N (8% de agar y 25% de grenetina), en tanto que el producto comercial presentó una dureza de 2.94 ± 0.25 N. La diferencia entre los valores de dureza del producto comercial y la obtenida en el producto adicionado con bagazo de mango, se puede deber en primer lugar a la cantidad de azúcar adicionada, la concentración de hidrocoloides correspondientes al bagazo de mango.

La gelatina tiende a formar una red tridimensional, la cual a mayor concentración de hidrocoloide más fuerte (**Figura 17**). Una de las propiedades más importantes de los hidrocoloides, en la industria de alimentos, es la de capturar agua del medio, promoviendo la formación de gel. A medida que el contenido de agua disminuye, la red tridimensional hace un producto más fuerte, más elástico y masticabilidad (**Figura 16**), debido a la concentración del hidrocoloide. El agar tiene la capacidad de formar una red tridimensional de partículas subcrómicas insolubles con una gran cantidad de agua inmovilizada, la cual asegura mayor estabilidad física, e incrementa la resistencia mecánica, la fuerza del gel y la elasticidad (R. Rodríguez 2015; Romo-Zamarrón et al. 2018).

Por otro lado, el bagazo de mango tiene 27.9 ± 5.6 g/100 g de fibra dietética lo que puede contribuir a la dureza del producto, ya que el bagazo de mango al ser rico en celulosa, hemicelulosa, pectinas y ligninas, que contribuyen con aumentar la dureza de las gomitas. Por lo tanto, los valores altos de dureza de la gomita desarrollada en la investigación se pueden deber a una competencia por el agua entre los hidrocoloides y la fibra dietaria del bagazo de mango, aunado al bajo contenido de azúcar que tiene la formulación.

Las gomitas son dulces de consistencia gelatinosa que se elaboran con un hidrocoloide y la adición de glucosa, sacarosa, saborizantes y colorantes, agar, lacas, gomas o almidón. El azúcar adicionado en este tipo de productos representa cerca del 50% del producto total, lo cual representa un riesgo, ya que la población infantil mexicana consume cerca del 70% del requerimiento total de energía en azúcares añadidos en

productos consumidos Por lo que se decidió elaborar un producto de confitería bajo en azúcar (Consospó 2016; Sánchez-Pimienta et al. 2016).

Los valores de cohesividad oscilan entre 1.20 ± 0.35 (6% agar y 30% grenetina) y 0.75 ± 0.21 (8% agar y 35% grenetina) en tanto, los valores de las fórmulas comerciales fueron 0.85 ± 0.01 . No se observaron diferencia significativa con las gomitas adicionadas con bagazo de mango y las muestras comerciales.

En cuanto a la elasticidad, se obtuvieron valores de 3.73 ± 1.10 (10% agar y 30% grenetina). Las fórmulas comerciales presentaron un valor de 4.68 ± 0.28 . Valores inferiores a los presentados por las gomitas adicionadas con bagazo de mango, esto puede ser atribuido a que la grenetina brinda características de estabilidad en el gel que forma, causan en gel fuerte. Acosta et al., (2016) encontraron que al incorporar hidrocoloides junto con fibra dietaria, obtienen una mejor estabilidad y elasticidad en los productos (Karaman et al. 2016).

La masticabilidad es el trabajo que se requiere para desintegrar y para ser deglutido. La **Figura 17** muestra el comportamiento de la masticabilidad respecto con la adición de grenetina y agar ($R^2=0.987$). Los valores de masticabilidad oscilaron entre 229.25 ± 13.98 (8% agar y 30% grenetina) y 36.53 ± 3.23 (8% agar y 25% grenetina). En cuanto a las fórmulas comerciales, estas presentaron un valor de 3.76 ± 0.4 . La masticabilidad es un parámetro relacionado con la dureza (Sow y Yang 2015).

La cohesividad se define como la fuerza requerida entre las partículas para poderse deformar y la elasticidad que se refiere al trabajo requerido para la compresión inicial, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos y entre la muestra comercial (**Tabla 16**).

La formulación 8 (8% agar y 30% grenetina) fue la que presentó los valores más altos de dureza y masticabilidad (228 ± 14.1 N y 229.3 ± 14.0 N*cm respectivamente), respecto a todas las formulaciones, aunado a que presentó un punto de fusión similar a la comercial (Datos no mostrados). Este prototipo tuvo un rango de cohesión y elasticidad similar a las gomitas comerciales, lo que significa que en este atributo, podría ser aceptadas por el consumidor. Sin embargo, en producto de este tipo atributos como la dureza es

determinantes para su aceptación. Por lo anterior se decidió modificar la cantidad de agua añadida para hidratar el bagazo de mango, lo cual podría influir sobre la dureza de esta.

Los hidrocoloides, así como la fibra (bagazo de mango) tienen la capacidad de capturar agua del medio, por lo que la dureza de la gomita podría disminuirse al aumentar el contenido de agua contribuyendo con la formación de una red tridimensional menos fuerte, pero con la elasticidad y masticabilidad adecuada para que sea aceptada por el consumidor.

6.1.2. Caracterización fisicoquímica de gomita con modificación de agua añadida y su comparativo con fórmulas comerciales.

El agua que se agregó fue de 3, 4 y 5 veces más de lo que se tenía en la fórmula original. En la **Figura 17** se presentan los valores de TPA de las formulaciones modificadas en agua. Los resultados mostraron que las fórmulas adicionadas con bagazo de mango presentaron mayor dureza que las fórmulas comerciales. Las muestras F1:3 y F1:4 no fueron estadísticamente diferentes, presentando los valores de dureza de $(13.47 \pm 0.93$ y 13.5 ± 1.69 N respectivamente). La fórmula con mayor cantidad de agua fue estadísticamente diferente de anteriores, y fue menos dura (11.24 ± 0.83 N). Es importante mencionar que, aunque se disminuyó la dureza, no se logró obtener los valores de las formulaciones comerciales (**Figura 18**).

Aranda-González et al.,(2015) reportaron durezas para una gomita reducida en azúcar endulzada con stevia que varían de 1 a 0.66 k-F, similares a los obtenidos en el presente trabajo.

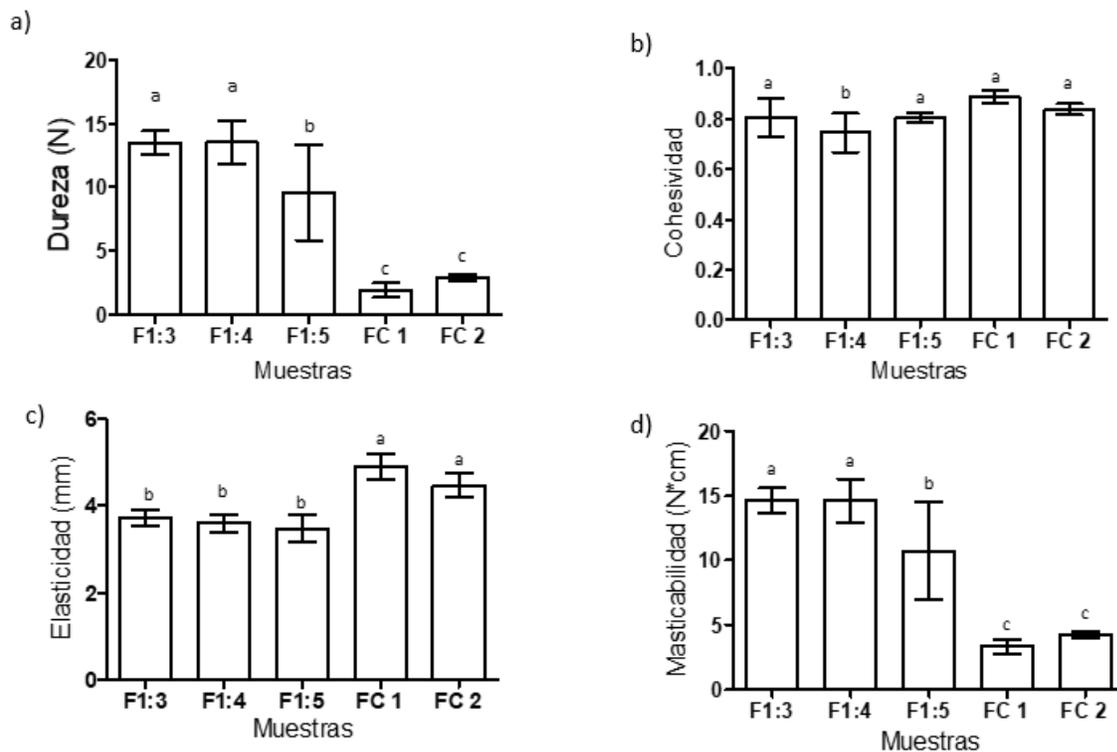


Figura 18. Análisis de textura TPA de formulaciones con variación en agua añadida F (1:3), F (1:4) y F (1:5) con dos fórmulas comerciales

Cada valor representa la media de tres experimentos \pm ES. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre muestras. a) Dureza, b) Cohesividad, c) elasticidad y d) Masticabilidad.

En cuanto a las fórmulas comerciales presentaron diferencias estadísticas en los valores de masticabilidad, comparadas con las formulaciones adicionadas con bagazo de mango. El agua tuvo efecto significativo en la masticabilidad de las gomitas adicionadas con diferentes concentraciones de agua. La formulación F1:5 fue la que presentó el valor de masticabilidad 109.1 ± 3.9 N*cm (Figura 8c). Esto puede ser atribuido a que fue la que se le adicionó más agua, además de que contiene fibra de mango la cual se conoce que tiene una mayor capacidad de absorción de agua, como lo reporta (Chávez, 2016) donde la fibra obtuvo valores de 6.36 g/PS.

La cohesividad no presentó diferencias significativas entre los tratamientos adicionadas con bagazo de mango y las muestras comerciales, excepto la formulación F1:4. En

cuanto a la elasticidad, las fórmulas comerciales presentaron diferencia significativa respecto a las fórmulas adicionadas con bagazo de mango. Los datos coinciden con los reportados por (Aranda-González et al. 2015), donde encontraron que a menor concentración de azúcar añadida en gomitas, menor es la elasticidad.

6.1.2.1. Actividad de agua

En la **Figura 19** se presentan los valores de A_w de las gomitas adicionadas con bagazo de mango con respecto a los de las fórmulas comerciales. Se observa que las formulaciones comerciales tienen una A_w por debajo de 0.7 ± 0.02 . Por otro lado, en las fórmulas adicionadas con bagazo de mango independientemente de la cantidad de agua adicionada presentaron mayor A_w (0.9 ± 0.01). Lo anterior puede ser atribuido a la cantidad de agua que se pueden atrapar entre las fibras del bagazo de mango, en especial el porcentaje de fibra soluble (3.4 ± 0.7), esta tiene la capacidad de atrapar agua entre sus moléculas y actúa como una red (Tobias-Espinoza et al. 2016).

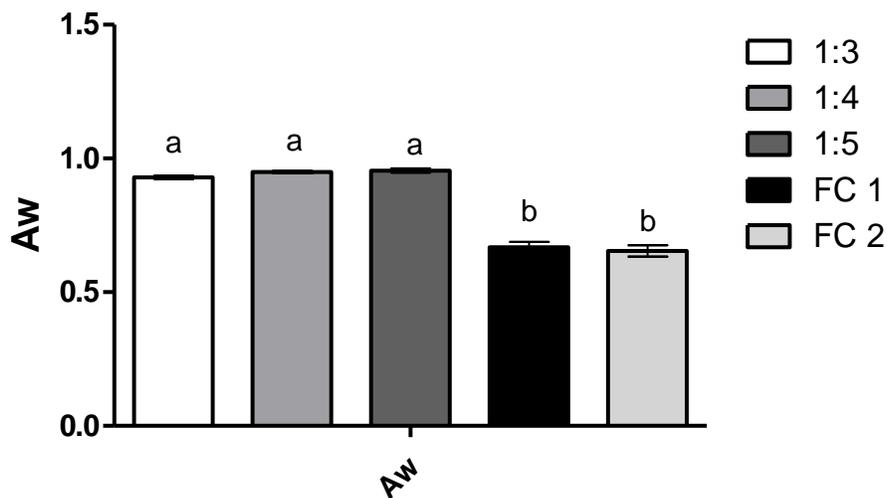


Figura 19. Actividad de agua de formulaciones con variación en agua añadida F(1:3), F(1:4) y F (1:5) con dos fórmulas comerciales

Cada valor representa la media de tres experimentos \pm ES. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre muestras.

Los productos de confitería deben estar en un rango de A_w de entre 0.2 hasta 0.9, esto dependiendo de su composición. Sin embargo, lo reportado por Fontana (2013), las gomitas tienen una A_w de 0.50-0.75, lo cual les da una vida de anaquel media. Coincidiendo con el producto comercial con el cual se compara, el cual presentó un promedio de 0.73 A_w . El producto de confitería adicionada con bagazo de mango presentó valores superiores, atribuido principalmente a la cantidad de fibra adicionada, ya que atrapa agua entre las moléculas, además los agente gelificantes (grentina y agar) difieren en la forma en que ligan el agua, producto de la distinta estructura tridimensional de sus geles (Báez-González et al. 2016).

Se conoce que la A_w está relaciona con la textura. Según lo reportado por Troller y Christian (1987), alimentos con una A_w elevada, tienden a ser más jugosos y masticables, lo cual corresponde a los resultados obtenidos en este estudio. Además, mencionan que también tiene influencia sobre la estabilidad química, lo cual puede actuar sobre pardeamiento no enzimático, oxidación lipídica, degradación de vitaminas, reacciones enzimáticas, desnaturalización de proteínas, entre otros.

Debido a que el tratamiento F1:4 y F1:5, fueron los que presentaron menor dureza, masticabilidad y menor A_w fueron los tratamientos que se consideraron para ser evaluados sensorialmente.

6.2. Evaluación sensorial

Las fórmulas con mayor contenido de agua (1:4 y 1:5) fueron seleccionadas por su menor dureza, masticabilidad y menor A_w , para realizar una evaluación sensorial mediante una prueba hedónica gráfica no estructurada de 7 puntos. En donde 1 indicaba el menor agrado y 7 el mayor grado de aceptación. El estudio se aplicó con estudiantes de la

Escuela Primaria Urbana Matutina Vicente Riva Palacios, en edades comprendidas de 6-12 años y se evaluó sabor, color, sensación al masticar y agrado general.

En la **Figura 20** se muestran los rangos promedios obtenidos de la prueba de nivel agrado de los atributos sensoriales evaluados. Se observa que el atributo de sabor no hubo diferencias significativas entre los tratamientos F1:4 y F1:5. El rango de aceptación fue de 4 (Ni me gusta, ni me disgusta) para la muestra (F1:4) y 5 (Me gusta ligeramente) para la muestra F1:5. valores más altos representa un mayor grado de aceptación por parte de los panelistas.

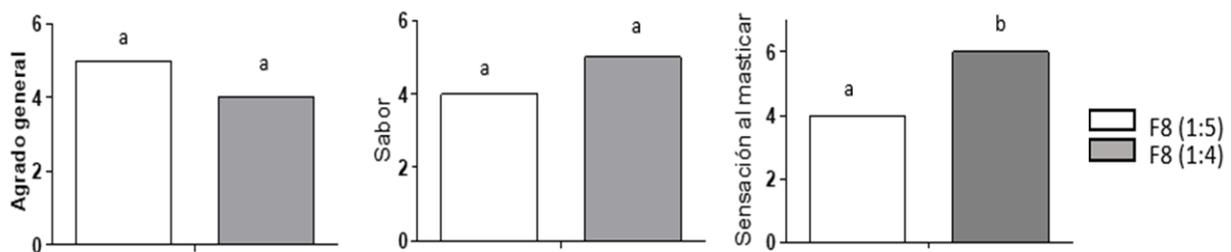


Figura 20. Rangos de promedio de las características sensoriales de las gomitas adicionadas con bagazo de mango (F8 (1:4) y F8 (1:5))

Cada valor representa la media de tres experimentos \pm ES. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre muestras.

En referencia a la sensación de masticar, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, indicando que las dos formulaciones de confitería obtuvieron el mismo nivel de aceptación, estando en la escala entre “me gusta moderadamente” y “ni me gusta ni me disgusta”, de acuerdo con el rango promedio (F1:4 y F1:5 respectivamente).

En la **Figura 20**, se aprecian las proporciones obtenidas en cuanto a la evaluación de la aceptación general de los dos tratamientos evaluados. Se aprecia que el tratamiento F1:4 obtuvo los valores más altos de niveles de aceptación. Los valores obtenidos en el nivel de agrado se pueden deber a cierto grado de fobia que comúnmente viene acompañado

en la evaluación de un nuevo producto (Van Trijp y Van Kleef 2008). Por lo que la formulación F1:4 fue la que se usó como sustrato y para la evaluación nutrimental con la gomita comercial.

6.3. Composición proximal

En la **Tabla 17** se puede observar el análisis proximal del bagazo de mango, la gomita adicionada con bagazo de mango y el porcentaje de cambio entre ambas materias. Se observa que la gomita posee 15% más humedad que el bagazo, esto puede corresponder a la cantidad de agua adicionada en su elaboración. Por otro lado, 83% menos cenizas, 33% más hidratos de carbono (correspondientes al azúcar del agar), de los cuales 10.5% corresponden a fibra dietaria, cantidad que coincide con el bagazo adicionado a la gomita. La gomita contiene una relación de fibra dietaria soluble y fibra dietaria insoluble (3:1), caso contrario a la relación de fibra encontrada en el bagazo (1:2).

Tabla 17. Análisis proximales de bagazo de mango y gomita con fibra

Parámetro	BM	GBM	Δ %	Parámetro	BM	GBM	Δ %
Humedad	22.2 ± 1.2 ^b	25.6 ± 2.4 ^b	15	CHTOs	44.1 ± 7.4 ^b	58.8 ± 4.2 ^a	33
Cenizas	2.9 ± 0.2 ^a	0.5 ± 0.0 ^b	-83	FD	27.9 ± 5.6 ^a	10.5 ± 2.1 ^b	-62
Proteínas	2.3 ± 1.2 ^a	4.4 ± 1.1 ^a	47	FDI	8.7 ± 2.0 ^a	7.1 ± 1.5 ^b	-18
Lípidos	0.7 ± 0.2 ^a	0.2 ± 0.1 ^b	-71	FDS	19.1 ± 4.6 ^a	3.4 ± 0.7 ^b	-82

La composición (g/100g⁻¹) están calculados en base seca. Resultados expresados como la media de experimentos independientes. Δ% es el porcentaje de cambio entre el bagazo de mango (BM) y su confite (GBM; gomita con fibra). Fibra dietaria (FD) insoluble (FDI) y soluble (FDS).

Algunos de los valores obtenidos para bagazo de mango se asemejan a los reportados por Herrera-Cazares et al., (2017), quienes reportan valores de proteína de 2.5 ± 1.5% y lípidos de 3.0 ± 0.4%. Sin embargo, en el caso de fibra dietaria, ellos reportan cerca de

50% más ($83.9 \pm 4.1\%$), esto se puede deber al estado de madurez del fruto, ya que los polisacáridos varían durante el proceso de maduración.

Comparando los resultados de la gomita adicionada con bagazo de mango, elaborada por Herrera-Cazares et al., (2017), se tiene un valor de fibra total superiores ($17.3 \pm 2.6\%$), de la misma manera con la proteína ($10.3 \pm 1.2\%$) debido a que ellos utilizaron otros ingredientes para la elaboración. Por otro lado, Pasquel (2013) elaboró unas gomitas con pulpa de mora adicionadas con calcio, cuales obtuvieron valores de (64.2%) de hidratos de carbono, dado por la sacarosa, glucosa y pulpa de mora, sin embargo, las gomitas no presentaron fibra dietaria. De la misma manera (Garcia, D., 2016) no obtuvo fibra dietaria en las gomitas elaboradas con espesante de Mashua y Oca, sin embargo, presento valores altos de proteína (12%). Es importante mencionar que los reportes en la literatura usan como materia prima principal la grenetina, lo que aporta mayor cantidad de proteína. Sin embargo, la formulación desarrollada en el presente trabajo contiene 30% de grenetina y 10% de agar, lo que explica los resultados con lo reportado en la literatura.

6.4. Vida de anaquel de GBM (F8, 1:4)

La muestra F1:4 se sometió a un estudio de vida de anaquel acelerada bajo condiciones controladas. Las muestras fueron empacadas en bolsas de papel celofán de 50 g y se almacenaron durante 4 semanas a tres temperaturas (25°C , 35°C y 45°C), se tomó una bolsa de cada temperatura por semana y se les determinó A_w , polifenol oxidasa (PPO), Azúcares reductores y color.

6.4.1. Actividad de agua de muestras en vida de anaquel

En la **Tabla 18** se presentan los datos de la A_w de las 4 semanas almacenadas a tres temperaturas.

Tabla 18. Actividad de agua de un producto de confitería adicionado de bagazo de mango durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas

Semana	Temperatura (°C)		
	25°C	35°C	45°C
1	0.95 ± 0.01 ^b	0.93 ± 0.00 ^b	0.83 ± 0.01 ^a
2	0.96±0.00 ^{ab}	0.95±0.00 ^{ab}	0.78±0.02 ^b
3	0.98±0.00 ^a	0.96±0.01 ^a	0.46±0.09 ^c
4	0.98±0.00 ^a	0.95±0.00 ^{ab}	0.41±0.01 ^d

En la **Tabla 18** se observa que no existe diferencia significativa en la Aw entre las semanas 1 y 2 en temperaturas de 25-35°C. Sin embargo, los valores de las 4 semanas a 45°C si redujeron cerca desde un 12% hasta 57% observado en la semana 4. Se puede observar que conforme pasan las semanas la Aw es mayor a temperaturas 25 y 35°C, esto puede ser atribuido a que existe una relación entre el equilibrio término y la actividad de agua de un producto, por ello se observa la tendencia de a mayor temperatura, menor es la Aw.

Es de suma importancia la Aw para la conservación de alimentos, ya que, al existir menor cantidad de agua en el alimento, los microorganismos tienen menor oportunidad de crecimiento y llevar a cabo sus funciones metabólicas. Este crecimiento puede repercutir en características como son: textura, sabor, olor, color, tiempo de conservación y valor nutricional del producto (Fontana 1995).

6.4.2. Polifenol oxidasa de muestras en vida de anaquel

La polifenol oxidasa, conocida también como catecol oxidasa, cataliza la oxidación de difenoles en presencia de oxígeno molecular. La localización de la enzima en la célula de la planta depende de la especie y estado de madurez. La PPO participa en la cadena de respiración de las plantas como una de las oxidasas terminales y también participa en el fenómeno de pardeamiento enzimático.

Tabla 19. Determinación de actividad de polifenol oxidasa en GBM durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas

Semana	Temperatura	PPO
1	25°C	-
	35°C	-
	45°C	-
2	25°C	+
	35°C	+
	45°C	+
3	25°C	+
	35°C	+
	45°C	+
4	25°C	+
	35°C	+
	45°C	+

Los resultados representan un análisis cualitativo de la prueba en tiempo 0. Se observa que la actividad de la PPO aumenta con el tiempo de almacenamiento y que la temperatura. Ochoa y Guerrero (2012) observó que de igual manera la actividad de la PPO aumentaba de manera significativa ($p < 0.05$) con el tiempo de almacenamiento. Por otro lado Blanch (2011) observaron que la PPO alcanza sus valores máximos en el día 14 y muestra una evidente diferencia a partir de la segunda semana, ellos lo atribuyen a la influencia de la respiración del producto en el empaque donde durante se pueden generar productos de degradación, que aumentan concentración de sustratos generando productos de color oscuro. Por último, la PPO tiene un pH óptimo de 4-6, mismo pH del mango, por ello se puede deber la presencia de esta enzima, al ser un factor muy importante porque altera el estado de ionización de la cadena lateral de los aminoácidos o la ionización del sustrato; la temperatura también es factor decisivo, la óptima de la PPO oscila entre 30- 50°C, como lo reporta Vela Gutiérrez et al., (1987) la actividad enzimática de la PPO es significativamente menor en mangos almacenados a temperaturas de 25°C, cual es el caso de nuestro experimento. Sin embargo durante el proceso de elaboración de la gomita se llegan a temperaturas óptimas para la presencia de esta enzima.

6.4.3 Azúcares reductores de muestras en vida de anaquel

En la **Tabla 20** se presentan los datos de azúcares reductores de las muestras en vida de anaquel.

Tabla 20. Determinación de azúcares reductores en GBM durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas

Semana	Temperatura (°C)		
	25°C	35°C	45°C
1	5.8 ± 0.1 ^a	4.4 ± 0.2 ^c	2.9 ± 0.1 ^e
2	5.2 ± 0.4 ^b	4.3 ± 0.1 ^c	4.7 ± 0.2 ^c
3	5.1 ± 0.2 ^b	5.1 ± 0.1 ^b	4.1 ± 0.0 ^b
4	5.2 ± 0.5 ^c	4.4 ± 0.1 ^a	4.0 ± 0.3 ^d

Los datos se reportan como media \pm desviación estándar de 3 repeticiones. Azúcares reductores (AR) reportados como miligramos equivalentes de glucosa por mililitro.

El método para determinar azúcares reductores utilizando ácido 3.5 dinitrosalicílico (DNS) calcula la concentración, mediante un procedimiento que consiste en una reacción redox que ocurre entre el DNS y los azúcares reductores presentes. Se puede observar que independientemente de la semana, los valores de azúcares reductores disminuyen conforme aumenta la temperatura en vida de anaquel. Giraldo et al. (2005) encontraron que efectivamente existe una relación entre la temperatura y la concentración de azúcares reductores.

6.4.4 Color de muestras en vida de anaquel

Los resultados de análisis de color se muestran en la **Figura 21**. El color de las gomitas se ubicó entre el amarillo y el rojo, porque a^* y b^* son positivos, además de que L^* tendiendo a negro, es decir, menor claridad en las muestras a mayor temperatura.

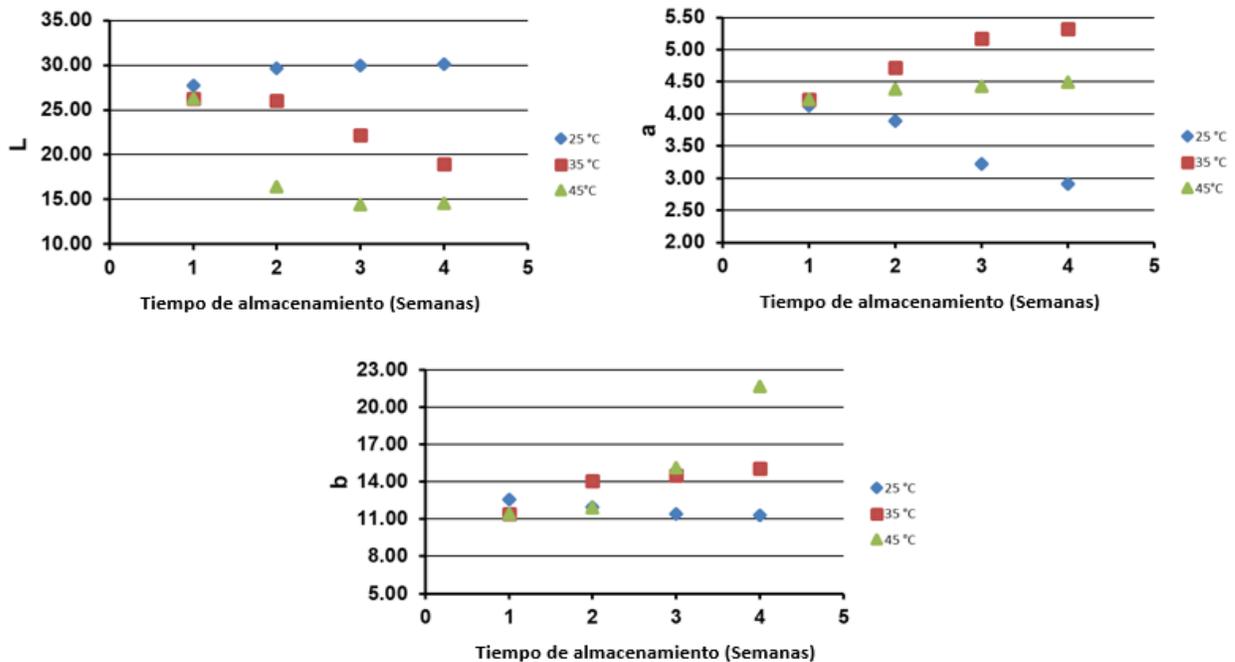


Figura 21. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el color de gomitas adicionadas con bagazo de mango

Las muestras presentaron valores de luminosidad entre 30.13 y 14.58, lo cual indica que dicho parámetro se afecta por la presencia del bagazo de mango adicionado. Las muestras presentan color amarillo-rojizo con valores de a^* entre 2.29 y 8.48 y valores b^* entre 21.63 y 8.37. y según los valores de C^* que nos indican la saturación del color, indica una saturación intensa en las muestras. Por otro lado, la luminosidad también puede estar disminuida en relación a la presencia de enzima Polifenol Oxidasa (PPO), la cual estudios reportados por Ávila et al., 2012; Ochoa & Guerrero (2012), demuestran que esta enzima es decreciente conforme la temperatura aumenta, sin embargo, durante la elaboración de la gomita, se llegan a temperaturas superiores a los 100°C, cuales si pueden acelerar la presencia de dicha enzima. También reportaron que la PPO aumenta de acuerdo al tiempo de almacenamiento del producto.

6.4.5 Análisis microbiológico de muestras de vida de anaquel

En la **Tabla 21** se muestran los resultados del recuento de mesófilos aerobios, coliformes totales y hongos y levaduras de las 4 semanas de vida de anaquel. El conteo de todos los análisis se encuentra dentro de los requisitos mínimos establecidos por la NOM-111-SSA1-1994. Los valores indican la ausencia de todos estos microorganismos, demostrando un buen proceso de elaboración y calidad en los ingredientes empleados para la elaboración de la gomita con fibra de mango. Lo cual implica que el producto elaborado está libre de patógenos y puede ser consumido.

Tabla 21. Recuento de microorganismo en GBM durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas

Tiempo de almacenamiento (Semanas)	Temperatura (°C)	Microorganismos mesófilos aerobios (UFC/g)	Microorganismos coliformes totales (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)
1	25/35/45	1	<1	<1
2	25/35/45	1	<1	<1
3	25/35/45	<1	<1	<1
4	25/35/45	<1	<1	<1

Estos resultados indican la calidad del producto, es decir que no existen microorganismos mesófilos aeróbios, coliformes totales, hongos o levaduras que excedan el valor de referencia establecido por la norma. Se tuvo un procedimiento y un manejo adecuado del producto e ingredientes y su almacenamiento fue en las mejores condiciones.

6.5. Compuestos fenolicos y capacidad antioxidante

6.5.1. HPLC-DAD

Los extractos de las muestras se analizaron por HPLC. Los resultados de esta determinación se muestran en la **Tabla 22**.

Los compuestos predominantes de la composición del mango son el ácido fenólico, ácido gálico, el glucósido mangiferina, catequina y quercetina (Ballinas et al. 2013; Sumaya-Martínez et al. 2012).

Tabla 22. Perfil de compuestos fenólicos detectados en muestras

Muestra	Mangiferina (µg/g)	Ac. Gálico (mg/g)	Quercetina (µg/g)	Catequina (µg/g)
PM	8,345 ± 2.2 ^a	2,348 ± 0.4 ^{ab}	4,797 ± 0.0 ^b	3,289 ± 3.3 ^{ab}
BM	18,911 ± 4.8 ^b	5,503 ± 2.3 ^a	1,994 ± 2.2 ^a	5,921 ± 4.2 ^a
GBM	1,377 ± 0.1 ^b	716 ± 0.0 ^b	ND	1,093 ± 0.4 ^b
GSBM	ND	ND	ND	ND

Los resultados representan la media de tres experimentos independientes, ± el error estándar. Los valores con letras diferentes indican diferencias significativas en la prueba de Tukey ($p < 0.05$). PM (pulpa de mango); BM (Bagazo de mango); GBM (Gomita con bagazo de mango); GSBM (Gomita sin bagazo de mango); ND (no detectado).

La mangiferina y la catequina son los principales flavonoides presentes en los subproductos de mango. La concentración de mangiferina obtenidas son similares a las reportadas por (Herrera-Cazares et al. 2017), quienes reportan $1817.6 \pm 745.3 \mu\text{g/g}$ para el bagazo de mango. En cuanto a los valores para catequina fueron de $3288.06 \pm 3.28 \mu\text{g/g}$ para pulpa de mango, $5921.47 \pm 4.23 \mu\text{g/g}$ para bagazo de mango y $1093.01 \pm 0.43 \mu\text{g/g}$ para gomita con fibra.

El ácido gálico (ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico), es un ácido fenólico presente en diversas fuentes naturales como plantas, frutas, verduras y bebidas. El ácido se obtiene directamente del alimento o por la hidrólisis del ácido tánico mediante una reacción con la enzima tanasa, que cataliza la hidrólisis de los enlaces tipo éster presentes en los galotaninos (Govea et al. 2013). Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por (Hernández, Fernández, y Sulbarán 2013), quienes elaboraron unas láminas flexibles de mango, donde obtuvieron $33.61 \pm 0.99 \text{ mg/g}$. Otro estudio realizado por (Zevallos-Rodríguez, Hayayumi-Valdivia, y Siche 2018) quienes elaboraron unas gomitas con extracto de jengibre, reportan valores superiores ($1634.6 \mu\text{g/g}$). De la misma

manera los valores de quercetina son similares, ellos reportan $2462.5 \pm 935.5 \mu\text{g/g}$. En conclusión, las gomitas adicionadas con bagazo de mango mostraron ser una buena fuente de compuestos fenólicos y flavonoides, por lo que presentan una mayor capacidad antioxidante que las fórmulas comerciales.

6.5.2. ABTS y DPPH

Es importante la medición de la capacidad antioxidante de los alimentos ya que cuando existe una defensa de antioxidantes insuficiente, se generan daños al organismo a través de los radicales libres y esto se puede ver relacionado con patologías como cáncer, diabetes mellitus, arterosclerosis, hipertensión arterial, entre otros (Guija et al. 2015).

El ensayo de ABTS se basa en que el ácido 2,2 azino bis (3-etilbenzo tiazolin-6 sulfónico) transfiere un electrón a la enzima para activarla, de tal forma que actúa como un co-oxidante, por lo que debe haber un mecanismo para su reciclamiento regresando a su forma reducida y quedando disponible para su subsecuente ciclo catalítico (Solís-Oba, García-Garibay, y Viniegra-González 2007). En tanto que el ensayo DPPH se basa en que el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de la cesión de un átomo de hidrógeno proporcionado por un agente antioxidante (Guija et al. 2015). Los resultados obtenidos por DPPH y ABTS, se presentan en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Capacidad antioxidante de BM y GBM

Producto	DPPH*	ABTS*
Bagazo de mango	2825 ± 4.8^a	4239 ± 2.4^a
Gomita con fibra	901.4 ± 7.6^b	500.6 ± 68.1^b

* $\mu\text{mol eq. de trolox/g}$ de muestra. Cada valor representa la media de tres experimentos independientes con tres repeticiones \pm el error estándar.

Los datos muestran que por la técnica de DPPH (**Tabla 23**), el bagazo de mango presentó 2824.71 ± 4.76 $\mu\text{mol eq. de trolox/g}$, mientras que la gomita con fibra presentó valores de 901.4 ± 7.61 $\mu\text{mol eq. de trolox/g}$. En lo que respecta a la técnica de ABTS, el bagazo de mango presentó 4238.86 ± 2.37 $\mu\text{mol eq. de trolox/g}$ y la gomita con fibra 500.60 ± 68.10 $\mu\text{mol eq. de trolox/g}$. Estos datos coinciden con lo reportado por (Romo-Zamarrón et al. 2018), quienes reportan una capacidad antioxidante de 976 ± 75 para gomitas de piña y 311.66 ± 62.9 para gomitas de papaya. De igual manera (Xiaowei et al. 2011) reporta valores de capacidad antioxidante de 8 tipos de mangos chinos similares a los reportados en este estudio. Por último, un estudio realizado por (Hernández Navarro 2015) reporta un porcentaje de inhibición de 99% para ABTS y 90% para DPPH, atribuido a los principales compuestos fenólicos del mango (quercetina, rutina y mangiferina).

6.6. Fibra dietaria antioxidante

Los alimentos de origen vegetal contienen fibra dietaria (FD) capaz de interactuar con otros fitoquímicos incluyendo a los compuestos fenólicos (CF). A su vez, los CF se presentan tanto en formas libres atrapados en vacuolas (CF solubles o extraíbles) y otros unidos a componentes insolubles de las paredes celulares (Shahidi y Yeo 2016), la mayoría de los CF se encuentran fuertemente unidos a la FD mediante diversas fuerzas que incluyen a las interacciones covalentes, los enlaces iónicos y puentes de hidrógeno y las interacciones hidrofóbicas. A la FD asociada a CF poliméricos (e.g. taninos) y de bajo peso molecular (e.g. ácidos fenólicos) se le conoce como “FD antioxidante” misma que puede ejercer diversas acciones incluyendo la capacidad antioxidante en plasma y colon (Domínguez-Avila et al. 2018; Herrera-Cazares et al. 2017). La fermentación de los compuestos fenólicos en el colon es un evento fisiológico que puede tener efectos significativos en la salud intestinal. Los polifenoles no absorbibles asociados a la FD, llegan al colon y son sustratos fermentables para la microbiota (Gonzalez-Aguilar et al. 2008; Saura-Calixto, Serrano, y Goñi 2010).

Con el fin de evaluar la bioaccesibilidad de compuestos fenólicos potencialmente fermentables a nivel colónico, se evaluó el contenido de compuestos fenólicos liberados por acción enzimática e hidrólisis ácida (**Figura 15**), comparándose a aquellos liberados

en la extracción sólido-líquido (Sección 5.5). En la **Figura 22 y Tabla 24**, se observa que la mayor parte de los compuestos fenólicos en los materiales ensayados (pulpa de mango, MB y GBM) se presentaron en las muestras de extracto metanólico (EM), seguido por la muestra posterior a hidrólisis enzimática (HE), después los compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria insoluble (AFDI) y por último los compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria soluble (AFDS). También resulta que los compuestos fenólicos del EM obtenido de BM fueron mayor al del obtenido con la pulpa y GBM, pero que estas diferencias desaparecen entre BM y pulpa para sus fracciones liberadas en HE, AFDS y AFDI.

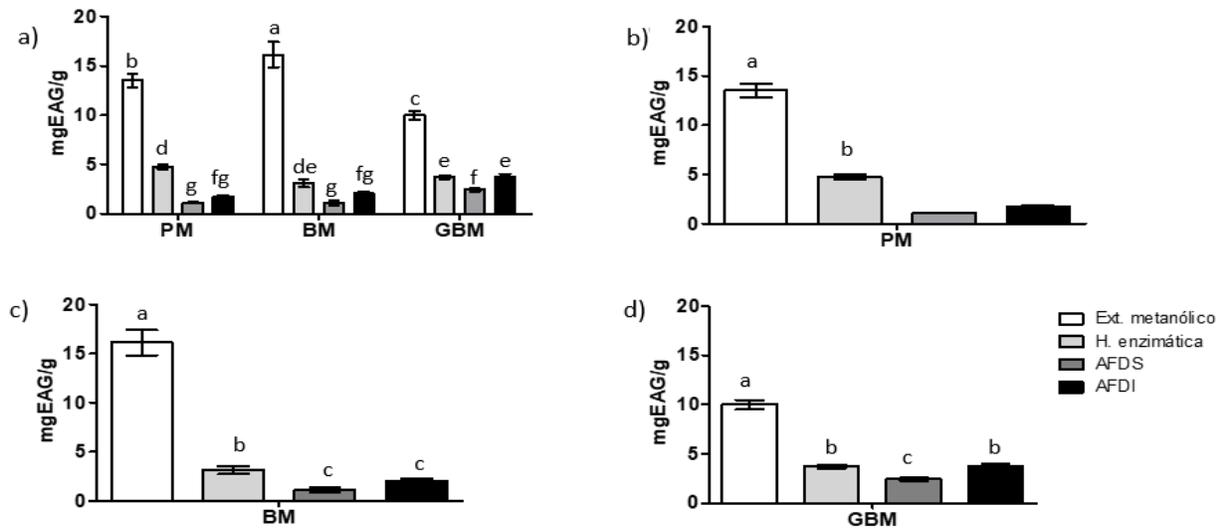


Figura 22. Compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria de mango, bagazo y gomita con fibra

El caso de la gomita con fibra (GBM) los CP asociados a fibra dietaria total fue de 6.11 mgEAG/g, de los cuales el 60% corresponden a FDI y el 40% a FDS.

Tabla 24. Fibra dietaria antioxidante y bioaccesibilidad *in vitro* de compuestos fenólicos

Parámetro	Pulpa	BM	GBM
FDTa	125.8 ± 11.5 ^a	100.2 ± 3 ^b	91.5 ± 8.6 ^b
FDSa	62.0 ± 7.4 (49)	40.1 ± 0.1 (40)	63.9 ± 10.3 (70)
FDIa	63.8 ± 4.6 (51)	63.3 ± 4.2 (60)	27.6 ± 2 (30)
CFHEb	4.8 ± 0.2	2.9 ± 0.5	3.7 ± 0.2
CFFDSb	1.1 ± 0.1	0.9 ± 0.0	2.4 ± 0.2
CFFDIb	1.7 ± 0.2	1.9 ± 0.1	3.7 ± 0.3
Accesibilidad de CF (%)	56.0	40.1	17.6

*Datos reportados como miligramos equivalentes de glucosa /gramo de peso seco, ^amiligramos equivalentes de ácido gálico / gramo de peso seco. La fibra dietaria total (FDT) se reporta como la sumatoria de la fracción soluble (FDS) más la fracción insoluble (FDI) presentes en la pulpa de mango (PM), bagazo de mango (BM) y gomita con BM (GBM). Compuestos fenólicos (CF) en extracto metanólico (extraíbles CFHE) y asociados a FDS (CFFDS) y FDI (CFFDI).

La bioaccesibilidad es la fracción máxima que puede liberarse de la matriz del alimento en el tracto gastrointestinal (Gonzalez-Aguilar et al. 2008). En nuestro caso, un 17.6% de los CF asociados a FD presentes en la GCF pueden llegar al tracto gastrointestinal (TGI), donde pueden ser fermentados en compuestos benéficos para el crecimiento a consecuencia de servir como sustrato para las bacterias residentes en el TGI. De acuerdo con los datos de compuestos fenólicos asociados a las distintas fibras, se puede estimar un porcentaje de estos compuestos pueden ser liberados de la matriz del alimento y pueden ejercer un posible beneficio a la salud del consumidor. La GBM presentó 17.6% de bioaccesibilidad, el BM 40.1% y la PM 56%, valores inferiores a los encontrados por (Blancas-Benitez et al. 2015) en pulpa y cáscara de mango Ataulfo (Tabla 24).

Herrera-Cazares (2017) reportaron que el dulce enriquecido con bagazo de mango de la fase intestinal al colon, redujo un 236% y el bagazo redujo 114%, lo cual indica que los compuestos fenólicos podrían estar siendo usados por la microbiota. Además, reportó

que tras la fermentación colónica los compuestos fenólicos bioaccesibles eran <20. Estos datos coinciden con los obtenidos en este estudio, ya que se estimó un 17.6% de compuestos fenólicos asociados a fibra dietaria bioaccesibles.

6.7. Efecto prebiótico *in vitro*

6.7.1. Crecimiento de cepas bacterianas y su efecto prebiótico

Previniendo que tanto BM como GBM mostraron ser buenas fuentes de fibra antioxidante con una moderada bioaccesibilidad de sus CF, se evaluó el potencial de estos materiales como potenciales prebióticos. Para esto, primeramente, se confirmó que las bacterias ácido -lácticas seleccionadas fueran viables para realizar los ensayos. Para esto, se estudió su patrón de crecimiento en medio Man Rogosa y Sharpe (MRS) con dextrosa como única fuente de carbono para evaluar el crecimiento de tres bacterias residentes del TGI y una comercial; *L. reuteri* (LR), *L. rhamnosus* (LRH), *L. plantarum* (LP) y *L. helveticus* (LH). En el diseño experimental original propuesto, se pretendía evaluar el efecto modificador de la microbiota intestinal en una intervención clínica en humanos, mismo que no pudo realizarse debido a complicaciones experimentales. Por lo anterior, se decidió evaluar el efecto *in vitro* con al menos tres cepas bacterianas residentes del TGI en niños (**Figura 5 y 8**).

En términos generales, las cepas bacterianas crecieron de forma homogénea en un periodo de 48h con muy pequeñas diferencias en las etapas *Lag* (LH> LR, LRH, LP) y *Log* (LH, LR> LRH, LP) del crecimiento observable (**Figura 23**). Además, se observó que hubo una mayor velocidad de crecimiento hasta la hora 24 por parte de *L. reuteri*, *L.rhamnosus* y *L. plantarum*. Por lo que fue el tiempo que se seleccionó para poder hacer la suplementación de sustratos al medio.

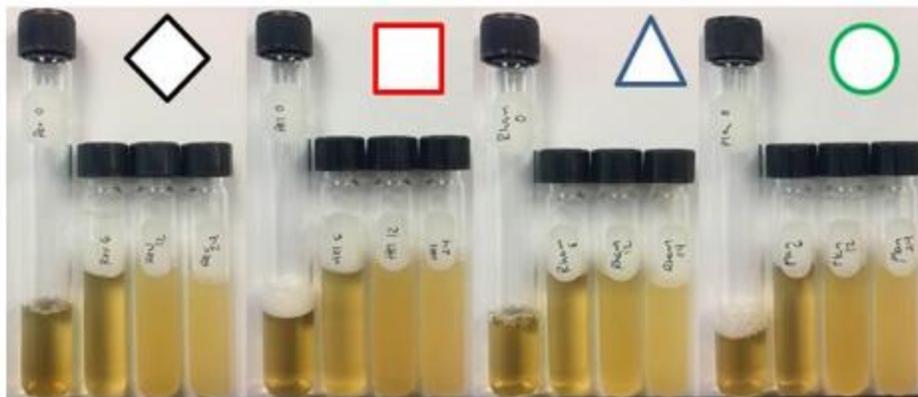
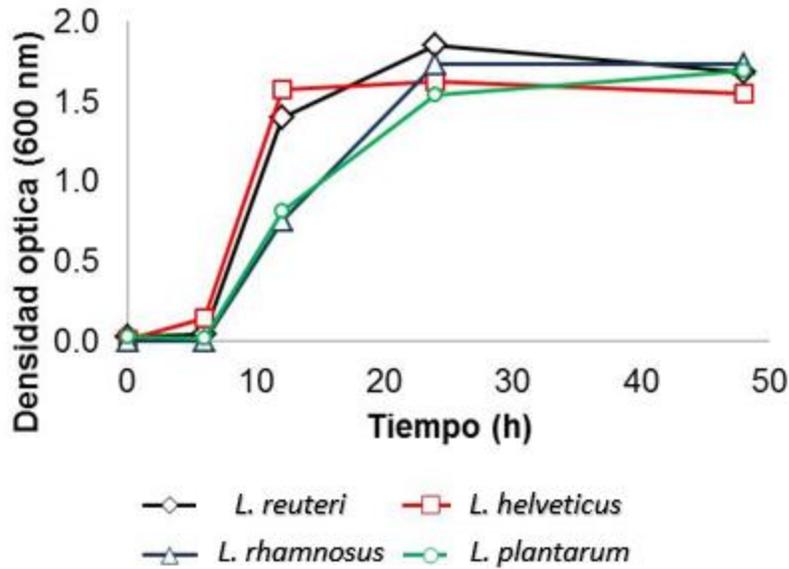


Figura 23. Cinética de crecimiento bacteriano en caldo MRS con dextrosa

Suárez et al., (2015) reportó para *L. plantarum* el inicio de fase Log (exponencial) en el tiempo 12 y el inicio de su fase estacionaria en hora 32 mientras que para *L. rhamnosus* GG evaluado en este estudio, los datos coinciden con lo reportado por (Pacheco-Ordaz et al. 2017) quien reporta que su fase estacionaria comienza a la hora 24. Un estudio realizado por Ferrando et al., (2016) demuestra que la cepa de *L. plantarum* presentó buena resistencia a las condiciones las TGI , lo cual lo relacionan con la actividad de la hidrolasa de la sal biliar que des conjuga las sales biliares e inhibe su acción

antimicrobiana, también lo atribuyen a que debe ser resistente a enzimas pancreática y que no afecta la pared celular, la membrana celular o su viabilidad celular.

6.7.2. Crecimiento de cepas con diferentes tratamientos

Se seleccionaron 4 cepas de lactobacillus que se han reportado como probióticas (O.M.S 2011; Oliveira y González-Molero 2007). En la **Figura 24** se presenta el desarrollo de las cepas evaluadas usando un control positivo (MRS con dextrosa) y tres tratamientos en MRS sin fuente de carbono al que se le agregó como fuente de carbono BM, fibra de BM y GBM.

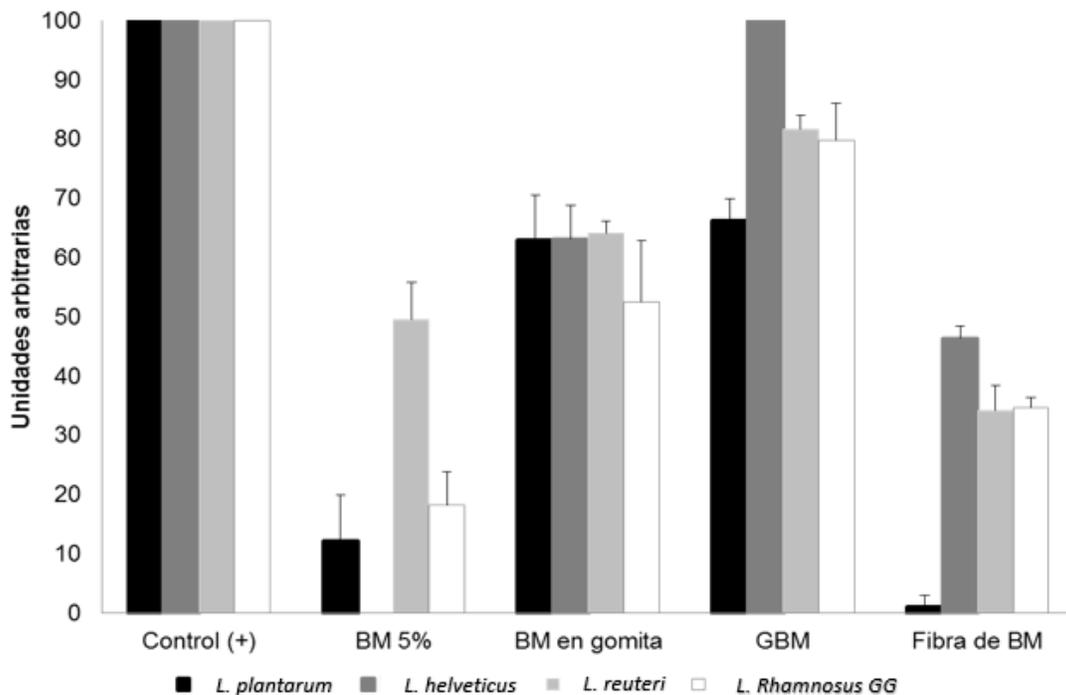


Figura 24. Crecimiento ponderal de bacterias en distintos tratamientos. Bagazo de mango (BM), gomita con BM (GBM)

En comparación al crecimiento observado con el control positivo (dextrosa), los hallazgos más relevantes de este ensayo cualitativo fueron: A) GBM promovió de forma más eficiente el crecimiento de las cepas bacterianas, particularmente de LH, B) *L. plantarum* es la cepa con menos capacidad de usar estas fuentes alternativas y, C) Los componentes de la gomita más que su fibra promueve mejor el crecimiento de estas bacterias. Los lactobacillus pueden fermentar hexosas como glucosa, manosa, galactosa o fructosa a través de la vía homofermentativa en la que el producto final es el ácido láctico (**Figura 7**) o la vía heterofermentativa donde el producto final es el ácido láctico, etanol, ácido acético y CO₂ (Aznar y Zúñiga 2000; Mora y García 2007); este género también pueden metabolizar oligosacáridos complejos y cada cepa tiene una habilidad específica para producir ácidos orgánicos y de su interconversion alternando rutas metabólicas (Zalán et al. 2010). En apoyo a los resultados reportados en la **Figura 7**, (Pacheco-Ordaz et al. 2017) recientemente reportaron que *LRH (ATCC 53103)* es capaz de crecer en MRS con y sin dextrosa este último suplementado con los principales compuestos fenólicos monoméricos de la pulpa y cascara de mango Ataulfo (ácido gálico, protocateico, vanílico y catequina)

Todos estos compuestos ejercerán beneficios al organismo que dependerán de las sustancias utilizadas como matriz sin embargo, la mayor evidencia clínica está vinculada al mejoramiento de la salud intestinal y la estimulación de la función inmunitaria, entre otros (O.M.S. 2011). Tomando en cuenta esto, las cepas seleccionadas al ser probióticas usaron como sustrato para su crecimiento la gomita con fibra, es decir que los componentes de la gomita (fibra dietaria y compuestos fenólicos) son fuente de carbono para estas cepas. También cabe mencionar que hubo un mayor crecimiento en el bagazo contenido en las gomitas en comparación de la sustitución del 5% de bagazo, esto puede ser por una saturación de fuente de carbono para las bacterias.

6.7.3. Cinética de crecimiento de bacterias con gomita con fibra como tratamiento

Dado que, en el estudio cualitativo, LP fue la cepa menos hábil para utilizar los materiales en estudio como fuentes de carbono, el estudio cinético solo fue realizado con LRE, LH

y LRH, utilizando dextrosa (control +) y GBM como únicas fuentes de carbono (**Figura 25**).

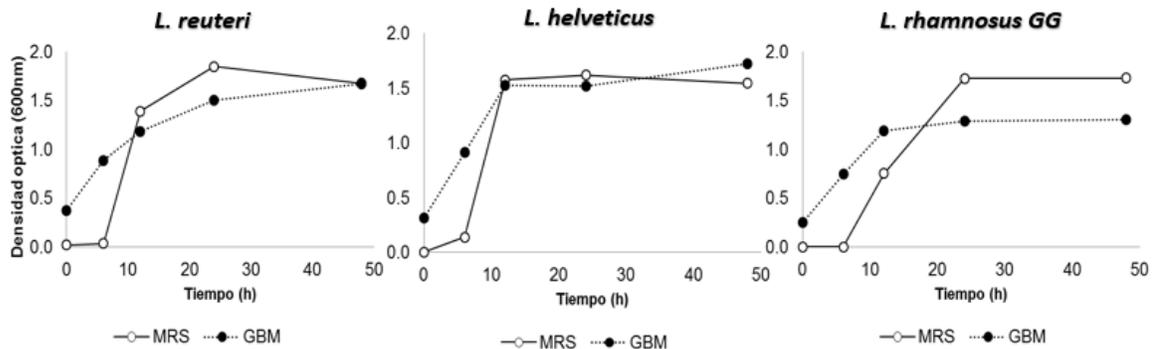


Figura 25. Cinéticas de crecimiento de *L. Helveticus*, *L. Reuteri* y *L. Rhamnosus* con dextrosa y GBM como sustratos

Se puede distinguir la fase de adaptación de los microorganismos al medio, se observa la fase estacionaria (tiempo 6 para *L. reuteri* y tiempo 12 para *L. helveticus* y *L. rhamnosus*) donde no se observan cambios aparentes en el crecimiento con respecto al tiempo, lo cual indica que hasta el tiempo 12 aproximadamente la bacteria tiene el mayor aprovechamiento de dicho sustrato. Al observar que en el tiempo 24 los microorganismos aún no han iniciado su etapa de muerte, es decir que el número de células viables aún no disminuye, nos indica que la gomita adicionada con bagazo de mango la están aprovechando como fuente de carbono.

Aun cuando el patrón de crecimiento fue menos eficiente, en el estudio cinético se comprueba que GBM es una buena fuente de carbono (fermentable), particularmente para *L. helveticus*. Este fenómeno prebiótico puede estar relacionado con la capacidad de las bacterias para fermentar los componentes de la fibra dietaria mayormente soluble de GBM pero también a la presencia de una importante cantidad de compuestos fenólicos asociados (Sayago-Ayerdi et al. 2017; Pacheco-Ordaz et al. 2017).

6.7.4. Utilización de glucosa y producción de lactato de bacterias con gomita con fibra como tratamiento

Como se puede observar, la glucosa disminuye conforme al tiempo, esto quiere decir que el sustrato está siendo consumido de manera satisfactoria por las bacterias (**Tabla 27**).

Por otro lado, la producción de ácido láctico es mayor conforme al tiempo, las bacterias ácido lácticas poseen la característica de producir ácido láctico a partir de la fermentación de azúcares, lo cual indica que están consumiendo eficientemente la glucosa o el sustrato para su óptimo crecimiento y por ende, están produciendo ácido láctico a través de la vía homofementativa para *L. helveticus* y por la vía heterofermentativa para *L. reuteri*, *L. rhamnosus* y *L. planatarum*. Lo cual nos indica que hay un proceso fermentativo, el cual generará Adenosín Trifosfato (ATP) y ácidos grasos de cadena corta (AGCC) principalmente, los cuales ayudan a mantener la homeostasis en el intestino al prevenir inflamación, además de que tiene efectos anti-proliferativos y apoptóticos en las células de cáncer de colon (Herrera 2016; Mora y García 2007).

Tabla 27. Utilización de glucosa y producción de lactato empleando gomita con fibra como sustrato

Cepas		Inicial	3 h	6 h	12 h	24 h
<i>L. helveticus</i>	Glucosa	6.1±0.1	3.7±0.1	2.7±0.0	3.1±0.0	1.3±0.0
	Lactato	ND	ND	ND	24.2±0.4	23.6±1.5
<i>L. reuteri</i>	Glucosa	5.9±0.1	3.5±0.0	2.9±0.3	2.9±0.0	1.1±0.0
	Lactato	ND	ND	ND	23±0.4	18.5±1.2
<i>L. rhamnosus</i>	Glucosa	5.6±0.1	3.5±0.1	3.3±0.2	3.6±0.1	2.9±0.1
	Lactato	0.5±0.1	ND	0.2±0.2	ND	3±0.0

Los datos se reportan como media ± desviación estándar de 3 repeticiones. Glucosa reportada como miligramos equivalentes de glucosa por mililitro. Lactato se reporta como mmols. ND: No detectado.

VII. CONCLUSIONES

El producto de confitería tipo gomita adicionado con bagazo de mango con 30% de grenetina, 10% de agar y 1:4 de agua añadida fue la formulación que presentó mejores características fisicoquímicas y sensoriales.

El producto de confitería tipo gomita adicionado con bagazo de mango no presentó ningún problema microbiológico durante vida de anaquel. Sin embargo, se observaron cambios de color y textura conforme el paso de los días y a mayor temperatura, menor es la actividad de agua del producto.

Se puede estimar que el producto de confitería adicionado con bagazo de mango tipo gomita tiene un 17.6% de compuestos fenólicos que pueden llegar al colon y ejercer un efecto prebiótico.

La gomita adicionada con bagazo de mango al 30% presenta concentraciones aceptables de mangiferina, ácido gálico, quercetina, catequina y fibra dietaria.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la gomita adicionada con bagazo de mango presentó $92.8 \pm 22.09\%$ de crecimiento en las cuatro cepas. Por lo que se puede hipotetizar que tiene un posible efecto prebiótico, debido a que puede ser utilizado como fuente de carbono para su desarrollo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la gomita adicionada con bagazo de mango puede ser considerada una golosina con potencial prebiótico por su composición, contenido nutracéutico, compuestos fenólicos asociados a la fibra y a los compuestos fenólicos, y su consumo puede brindar beneficios a la salud del consumidor.

VIII. Bibliografía

- Aburto, T. et al. 2016. "Discretionary Foods Have a High Contribution and Fruit, Vegetables, and Legumes Have a Low Contribution to the Total Energy Intake of the Mexican Population". *The Journal of Nutrition* 146(9): 1881S–1887S.
- Acosta, A., J. Figueroa, A. Alvis, y J. Salcedo. 2016. "Comportamiento viscoelástico de masas para pastas suplementadas con hidrocoloides y fibra." 34: 422–25.
- Almeida-Alvarado, S., T. Aguilar-López, y D. Hervert-Hernández. 2014. "La fibra y sus beneficios a la salud / Fiber and health benefits". *Anales Venezolanos de Nutrición VO - 27* 27(1): 73.
- Aranda-González, I. et al. 2015. "Desarrollo de una golosina tipo 'gomita' reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con Stevia rebaudiana B". *Nutricion Hospitalaria* 31(1): 334–40.
- Araúzo, T. 2012. Cdigital.Dgb.Uanl.Mx ""Enfermedad Periodontal en relación a la obesidad"".
- Ariza, A., T. Sánchez-Pimienta, y J. Rivera. 2018. "Percepción del gusto como factor de riesgo para obesidad infantil". *Salud Pública de México* 60(4, jul–ago): 472.
- Armitage, GC. 1999. "Development of a classification system for periodontal diseases conditions". *Ann periodontol* 4: 1–6.
- Arrazola, G., B. Rojano, y A. Díaz. 2013. "Capacidad antioxidante de cinco cultivares de mango (*Mangifera indica* L .) y evaluación de su comportamiento en una matriz alimentaria". *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas* 7(2): 161–72.
- Ávila, R., B. Rivas, R. Hernández, y M. Chieinos. 2012. "Contenido de azúcares totales , reductores y no reductores en Agave cocui Trelease". *Multiciencias* 12(2): 129–35.
- Aznar, R., y M. Zúñiga. 2000. "¿Que son las bacterias Lácticas ?" *Istituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC):* 1–8.
- Badui Dergal, Salvador. 2006. Química de los alimentos *Química de los alimentos*.
- Báez-González, J. et al. 2016. "Control de la Actividad Acuosa en dulces tipo gomita adicionadas con vitamina C y fibras de nopal (*Opuntia* sp.)". 1(2): 818–24.
- Ballinas, E. et al. 2013. *Mago. cultivo, tratamiento, pre y post cosecha. Propiedades nutrimentales y funcionales*.

- Bandyopadhyay, K., C. Chakraborty, y S. Bhattacharyya. 2014. "Fortification of Mango Peel and Kernel Powder in Cookies Formulation". *Journal of Academia and Industrial Research* 2(12): 661–64.
- Baranyi, J., y T. Roberts. 1994. "A dynamic approach to predicting bacterial growth in food". *International Journal of Food Microbiology* 23(3–4): 277–94.
- Batis, C., S. Rodríguez-Ramírez, A. Araiza, y J. Rivera. 2016. "Intakes of Energy and Discretionary Food in Mexico Are Associated with the Context of Eating: Mealtime, Activity, and Place". *The Journal of Nutrition* 146(9): 1907S–1915S.
- Bensadón, S., D. Hervert-Hernández, S. Sáyago-Ayerdi, y I. Goñi. 2010. "By-Products of *Opuntia ficus-indica* as a Source of Antioxidant Dietary Fiber". *Plant Foods for Human Nutrition* 65(3): 210–16.
- Bervoets, L. et al. 2013. "Differences in gut microbiota composition between obese and lean children: a cross-sectional study". *Gut Pathog* 5: 10.
- Binn, N. 2013. Probiotics, Prebiotics and the Gut Microbiota *Role of the GI tract microbiota in health and disease*. <http://ilsi.org/europe/wp-content/uploads/sites/3/2016/05/Prebiotics-Probiotics.pdf>.
- Blach, D., J. Donado, y M. Pinzón. 2010. "Actividad de la peroxidasa y la polifenoloxidasas en rodajas de carambolo (*Averrhoa Carambola* L.) fresco cortado durante su almacenamiento en atmosfera modificada." 19(29). <http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/62>.
- Blancas-Benitez, F. et al. 2015. "Addition of dried Ataulfo mango (*Mangifera indica* L) by-products as a source of dietary fiber and polyphenols in starch molded mango snacks". *Journal of Food Science and Technology* 52(11): 7393–7400.
- Bonvecchio, Anabelle et al. 2015. *Guías alimentarias y de actividad física*.
- Boulangé et al. 2016. "Impact of the gut microbiota on inflammation, obesity, and metabolic disease". *Genome Medicine* 8(1): 1–12.
- Bourges, H. 2005. *Recomendaciones de ingestiones de Nutrimientos para la Población Mexicana. Bases Fisiológicas*.
- Brand-Williams, W., M. Cuvelier, y C. Berset. 1995. "Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity". *Food Sci. Technol.* 28: 25–30.
- Brunser, Oscar et al. 2006. "Effect of a milk formula with prebiotics on the intestinal

- microbiota of infants after an antibiotic treatment". *Pediatric Research* 59(3): 451–56.
- Burgos, G. et al. 2014. "Bioaccesibilidad de carotenoides y antocianinas en papas cocidas". *XXVI Congreso bienal de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP)*: 701862.
- Cabezas- Zabala, C., B. Hernández-Torres, y M. Vargas-Zárate. 2016. "Azúcares adicionados a los alimentos: efectos en la salud y regulación mundial. Revisión de la literatura". *Rev. Fac. Med.* 64(2): 319–29.
- Carbajal, A. 2011. "Manual de Nutrición y Dietética." *Departamento de Nutrición.*: 1–6.
- Castañeda, C. 2018. "Microbiota intestinal y salud infantil Intestinal microbiota and child health". *Revista Cubana de Pediatría* 90(1): 94–110.
- Catassi, C. 2015. "El microbioma intestinal: un universo en desarrollo". *Journal for health care professionals* (1): 1–16.
- Chagoyan, O., J. Maldonado, y A. Gil. 2004. "La microbiota intestinal en el niño y la influencia de la dieta sobre su composición". ... *Nutricion Y Salud* 11: 37–48.
- CONASPROMANGO. 2012. "Plan Rector Nacional de Sistema Producto Mango". 01(313): 1–57.
- Consospó, G. 2016. "Elaboración de gomitas de papaya endulzadas con stevia (Stevia Rebaudiana)". Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Cordero-Hernández, A., y R. Pinto-Almazán. 2014. "Estudio epidemiológico del primer año del servicio de Consulta Externa del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca". *Evidencia Médica e Investigación en la Salud* 7(1): 10–18.
- Corrigan, V., D. Hedderley, y P. Hurst. 2006. "Assessment of objective texture measurements for characterising and predicting the sensory quality of squash (*Cucurbita maxima*)". *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 34(4): 369–379.
- Crovetto, M., C. Henríquez, R. Parraguez, y M. Silva. 2016. "Relación entre la alimentación institucional de Jardines Infantiles y del Hogar con el estado nutricional de los preescolares que asisten a dos Jardines Infantiles en Valparaíso, Chile." *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* 20(1): 4.15.
- Dávila Torres, J., J. González Izquierdo, y A. Barrera Cruz. 2015. "Panorama de la

- obesidad en México”. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 53(2): 240–49.
- Demonte, P. 1995. “Evaluación sensorial de la textura y la búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales.” *Memorias de seminario textura y reología de alimentos*.
- Domínguez-Avila, J. et al. 2018. “Mango phenolics increase serum apolipoprotein A1/B Ratio in rats fed high cholesterol and sodium cholate diets”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.9340>.
- Dorta, Eva., M. Lobo, y M. González. 2012. “Reutilization of mango byproducts: Study of the effect of extraction solvent and temperature on their antioxidant properties”. *Journal of Food Science* 77(1): 80–88.
- Escudero, E., y P. González. 2006. “La fibra dietética”. 21: 61–72.
- Fernández, R. 2013. “Modulación de la microbiota intestinal : efecto de los prebióticos y probióticos en la prevención y tratamiento del Síndrome metabólico”. *Universitat Oberta de Catalunya*: 1–24.
- Ferrando, V., A. Quiberoni, J. Reinheimer, y V. Suárez. 2016. “Functional properties of *Lactobacillus plantarum* strains: A study in vitro of heat stress influence”. *Food Microbiology* 54: 154–61.
- Flores, L., y A. Zarain. 2014. “Papel de la dieta rica en fibra en la prevención y tratamiento del cáncer: terapia dirigida al manejo del calcio intracelular”. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* 57: 56–61.
- Fontana, A. 1995. “WATER ACTIVITY FOR CONFECTIONERY QUALITY AND SHELF-LIFE.”
- Friis, A. et al. 2016. “The Role of the Gut Microbiota in Childhood Obesity”. *Childhood Obesity* 12(4): 292–99.
- Fukumoto, L., y G. Mazza. 2000. “Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(8): 3597–3604.
- García-Magaña, M. et al. 2013. “Functional Properties and Dietary Fiber Characterization of Mango Processing By-products (*Mangifera indica* L., cv Ataulfo and Tommy Atkins)”. *Plant Foods for Human Nutrition* 68(3): 254–58.
- Garcia, D. 2016. “La Comparacion de Espesante de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)y

- Oca (*Oxalis tuberosa*) en el Desarrollo de Tecnología de Gomitas”. : 1–141.
- Gibson, G. et al. 2017. “Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics”. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* 14(8): 491–502. <http://dx.doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>.
- Gil, A. 2010. *Tratado de nutrición*. 2a. Médica Panamericana.
- Giraldo, C. et al. 2005. “Obtención de Edulcorantes de Stevia Rebaudiana Bertoni.” *CENIC Ciencias Biológicas* 36(1): 1–9.
- Gomes de Moraes, J. et al. 2016. “Fecal Microbiota and Diet of Children with Chronic Constipation”. *International Journal of Pediatrics* 2016: 1–8.
- Gómez, M., y F. Acero. 2011. “Composición y funciones de la flora bacteriana intestinal.” *Med.Cir* 20(2): 74–82.
- Gonzalez-Aguilar, G. et al. 2008. “Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 °c”. *International Journal of Food Science and Technology* 43(1): 91–101.
- González, A., B. Aurora, G. Nieto, y E. González. 2013. “Salud dental: relación entre la caries dental y el consumo de alimentos”. *Nutr Hosp* 28(4): 64–71.
- Govea, M. et al. 2013. “Actividad Anticancerígena del Ácido Gálico en Modelos Biológicos in vitro”. *Acta Química Mexicana* 5(9): 5–11.
- Guija, E., M. Inocente-Camones, J. Ponce-Pardo, y E. Zarzosa-Norabuena. 2015. “Evaluación de la técnica 2, 2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante”. *Horizonte Médico* 2(1): 0–4.
- Hernández, J., V. Fernández, y B. Sulbarán. 2013. “Actividad antioxidante, análisis sensorial y microbiológico de láminas flexibles de mango (*Mangifera indica* L.)”. *S. agroalimentaria* 1: 26–32.
- Hernández Navarro, F. 2015. “Elaboración y evaluación de un dulce enriquecido con fibra dietética presente en el bagazo de mango (*Mangifera indica* L.)”.
- Herrera-Cazares, L. et al. 2017. “Mango-bagasse functional-confectionery: vehicle for enhancing bioaccessibility and permeability of phenolic compounds”. *Food Funct.* <http://xlink.rsc.org/?DOI=C7FO00873B>.
- Herrera, L. 2016. “Cuantificación de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y

ácidos grasos de cadena corta de la digestión in vitro de un dulce enriquecido con bagazo de mango (*Mangifera indica* L.)”.

- Jahurul, M. et al. 2015. “Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review”. *Food Chemistry* 183: 173–80.
- Jiménez-Aguilar, A. et al. 2014. “Consumption of fruits and vegetables and health status of Mexican children from the National Health and Nutrition Survey 2012”. *Salud Publica de Mexico* 56(supl 1): s103–12.
- Karaman, S., E. Cengiz, A. Kayacier, y M. Dogan. 2016. “Exposure to air accelerates the gelation of gelatin: Steady and dynamic shear rheological characterization to see the effect of air on the strength of gelatin gel”. *International Journal of Food Properties* 19(4): 721–30.
- Karlsson, Caroline L J et al. 2012. “The microbiota of the gut in preschool children with normal and excessive body weight.” *Obesity (Silver Spring, Md.)* 20(11): 2257–61.
- Karlsson, F. 2014. “Systems Biology of the Gut Microbiome in Metabolic Diseases”. http://www.sysbio.se/Thesis/FK_Thesis.pdf.
- Khalighi, Amirreza, Reza Behdani, y Shabnam Kouhestani. 2016. “Probiotics: A Comprehensive Review of Their Classification, Mode of Action and Role in Human Nutrition”. *Probiotics and Prebiotics in Human Nutrition and Health*: 19–39.
- Kranz, S., M. Brauchla, J. Slavin, y K. Miller. 2018. “What Do We Know about Dietary Fiber Intake in Children and Health? The Effects of Fiber Intake on Constipation , Obesity , and Diabetes in Children 1”. (March): 47–53.
- Lee, W. et al. 2016. “Consumption of Xylitol Gummy Bears May not Provide Additional Caries Prevention for School Children”. *Journal of Evidence-Based Dental Practice* 16(1): 70–72.
- Lomelí, Catalina et al. 2008. “Hipertensión arterial sistémica en el niño y adolescente”. *Archivos de Cardiología de México* 78(52): 82–93.
- López-Olmedo, Nancy et al. 2016. “Usual Intake of Added Sugars and Saturated Fats Is High while Dietary Fiber Is Low in the Mexican Population”. *The Journal of Nutrition* 146(9): 1856S–1865S.
- Luciano, Winnie Alencar et al. 2018. “Effects of *Lactobacillus acidophilus* LA-3 on physicochemical and sensory parameters of açai and mango based smoothies and

- its survival following simulated gastrointestinal conditions". *Food Research International* 114: 159–68.
- Lutz, M. 2014. "Bioavailability of bioactive compounds in foods". *Perspectivas en Nutrición Humana* 15(2): 217–26.
- Maldonado-Astudillo, Y. et al. 2016. "Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero". 39(3): 207–14.
- Márquez, H. 2012. "Clasificación y evaluación de la desnutrición en el paciente pediátrico". VII(271): 59–69.
- Masibo, M., y Q. He. 2008. "Major mango polyphenol and their potential significance to human health". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 7(4): 309–19.
- Mercado, P., y G. Vilchis. 2013. "La obesidad infantil en México". *Alternativas en Psicología. Revista Semestral. Tercera Época. Año XVII. Número 28*: 49–57.
- Miller, Gail Lorenz. 1959. "Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar". *Analytical Chemistry* 31(3): 426–28.
- Mora, N., y A. García. 2007. "Susceptibilidad De Bacterias Ácido Lácticas (Bal) Frente a Diversos". *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*: 127.
- Muchiri, D., S. Mahungu, y S. Gituanja. 2012. "Studies on Mango (*Mangifera indica* , L .) Kernel Fat of Some Kenyan Varieties in Meru". *journal chemical society* 89: 1567–75.
- Murugesan, S. et al. 2017. "Gut microbiome production of short-chain fatty acids and obesity in children". : 621–25.
- Nenadis, N., L. Wang, M. Tsimidou, y H. Zhang. 2004. "Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS•+ assay". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(15): 4669–74.
- Nirmalkar, K. et al. 2014. "Obesity & Control Therapies : Open Access Endothelial Dysfunction in Mexican Obese Children , is there A Role of the Gut Microbiota ?" : 2014–17.
- Nistal, M. 2011. "Estudio y comparación de la microbiota intestinal en individuos no celíacos frente a pacientes diagnosticados de enfermedad celíaca".
- NOM-011-SSA-. 1994. "Norma Oficial Mexicana para el conteo de mohos y levaduras al

alimentos”.

- NOM-113-SSA-. 1994. “Bienes y Servicios. Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana. México.”
- O.M.S. 2011. “Estadísticas Sanitarias Mundiales”.
- O.M.S. 2011. “Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos.” *Guías Mundiales de la WGO Probióticos y prebióticos*: 29.
- O’ Mahony, S., R. Stilling, T. Dinan, y J. Cryan. 2015. “The microbiome and childhood diseases: Focus on brain-gut axis”. *Birth Defects Research Part C - Embryo Today: Reviews* 105(4): 296–313.
- Ochoa, C., y J. Guerrero. 2012. “Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller)”. *Informacion Tecnologica* 23(1): 117–28.
- OIV. 1979. “Agricultural Standards”.
- Olveira, G., y I. González-Molero. 2007. “Probióticos y prebióticos en la práctica clínica”. *Nutricion Hospitalaria* 22(SUPPL. 2): 26–34.
- . 2016. “An update on probiotics, prebiotics and symbiotics in clinical nutrition”. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)* 63(9): 482–94.
- Ossa, J., M. Vanegas, y A. Badillo. 2010. “Evaluación de la melaza de caña como sustrato para la producción de *Lactobacillus plantarum*”. *U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica* 13(1): 97–104.
- Pacheco-Ordaz, R. 2015. “Efecto de compuestos fenólicos presentes en mango cv. Ataulfo, sobre el crecimiento de bacterias patógenas y benéficas.”
- . 2017. “Effect of phenolic compounds on the growth of selected probiotic and pathogenic bacteria.” *The Society for Applied Microbiology*.
- Palafox-Carlos, H. et al. 2012. “Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity.” *Scientia Horticulturae* 6.
- Parra, R. 2010. “Bacterias ácido lácticas: Papel funcional en los alimentos”. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 8(1): 93–105.
- Pasquel, B. 2013. “Desarrollo de una gomita masticable de mora (*Rubus Glaucus*) fortificada con carbonato de calcio”.

- Posada, Cristina et al. 2013. "Efectos fisiológicos de la fibra dietaria Línea nutricional de excelente tolerancia". (18): 1–2.
- Quirós Saucedo, Ana Elena, Hugo Palafox, Rosario Maribel Robles Sánchez, y Gustavo A González Aguilar. 2011. "Interacción De Compuestos Fenólicos Y Fibra Dietaria: Capacidad Antioxidante Y Biodisponibilidad". *Biotecnía* 13(3): 3.
- Ramírez-Jiménez, A. 2014. "Efecto del consumo de una barra de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y avena (*Avena sativa*) sobre el nivel de triglicéridos séricos y el perfil de proteínas plasmáticas en humanos."
- Ramírez-Maganda, J. et al. 2015. "Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) 'Ataulfo' processing by-product". *Food Research International* 73: 117–23.
- Ramírez-Navas, J. 2007. "Liofilización de Alimentos". (January 2007): 23–25.
- Ramírez-Silva, I., J. Rivera, X. Ponce, y M. Hernández-Avila. 2009. "Fruit and vegetable intake in the Mexican population: results from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006." *Salud pública de México* 51(2): 574–85.
- Ramírez, M. 2007. "Carbohidratos". *UNAM Unidad 3*: 7.
- Rivera-Dommarco, J. et al. 2015. "Desnutrición crónica en México en el último cuarto de siglo: Análisis de cuatro encuestas nacionales". *Salud Publica de Mexico* 55(SUPPL.2): 161–69.
- Rodríguez-Tadeo, A. et al. 2015. "Neofobia alimentaria: Impacto sobre los hábitos alimentarios y aceptación de alimentos saludables en usuarios de comedores escolares". *Nutricion Hospitalaria* 31(1): 260–68.
- Rodríguez. et al. 2015. "Riesgo nutricional e inseguridad alimentaria en una población infantil del municipio de Soacha". *Rev. Colomb. Enferm.* 11: 63–72.
- Rodríguez, Juan Miguel et al. 2015. "The composition of the gut microbiota throughout life, with an emphasis on early life". *Microbial Ecology in Health & Disease* 26(0): 1–17.
- Rodríguez, R. 2015. "Determinación de interacciones moleculares entre el biopolímero de la chía y gretina mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC)". Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Romo-Zamarrón, K. et al. 2018. "Golosinas gelificadas enriquecidas con residuos

agroindustriales de piña y papaya: propiedades fisicoquímicas y funcionales
RESUMEN : ABSTRACT ”: 3: 633–38.

- Ros, G., C. Martínez, y J. Valencia. 2011. “Biodisponibilidad De Los Ácidos Grasos De Cadena Corta : Mecanismos De Absorción”. *Anales - Real Academia De Ciencias Veterinarias De Andalucía Oriental* 24(1): 125–34.
- Rosado, Jorge L. et al. 2011. “Intake of Milk with Added Micronutrients Increases the Effectiveness of an Energy-Restricted Diet to Reduce Body Weight: A Randomized Controlled Clinical Trial in Mexican Women”. *Journal of the American Dietetic Association* 111(10): 1507–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jada.2011.07.011>.
- SAGARPA. 2017. *Reporte anual*.
- San Miguel-Chávez, R. 2017. “Phenolic Antioxidant Capacity: A Review of the State of the Art”. En *Phenolic Compounds - Biological Activity*,.
- Sanches, R., P. Barata de Silva, y M. Lozano. 2018. “Nutrición Humana y Dietética”. 22(2): 157–68.
- Sánchez-Pimienta, T., C. Batis, C. Lutter, y J. Rivera. 2016. “Sugar-Sweetened Beverages Are the Main Sources of Added Sugar Intake in the Mexican Population”. *The Journal of Nutrition* 146(9): 1888S–1896S.
- Sanchez, M., S. Panahi, y A. Tremblay. 2015. “Childhood obesity: A role for gut microbiota?” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(1): 162–75.
- Saura-Calixto, F., J. Serrano, y I. Goñi. 2010. “Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet”. *Food Chemistry* 101(2): 492–501.
- Serra, J. 2016. “Microbiota intestinal”. *Atencion Primaria* 48(6): 345–46.
- Shahidi, F., y J. Yeo. 2016. “Insoluble-bound phenolics in food”. *Molecules* 21(9).
- Shamah-Levi, Teresa, Lucia Cuevas-Nasu, Juan Dommarco-Rivera, y Mauricio Hernandez-Avila. 2016. “Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. (ENSANUT MC 2016)”. *Instituto Nacional de Salud Pública* 2016(Ensanut): 151.
- Shiga, T., F. Lajolo, y T. Filisetti. 2003. “Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.)”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 23(2): 141–48. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-

20612003000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

- Siddiq, M., D. Sogi, y K. Dolan. 2013. "Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments". *LWT - Food Science and Technology* 53(1): 156–62.
- Simpson, H. L., y B. J. Campbell. 2015. "Review article: Dietary fibre-microbiota interactions". *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 42(2): 158–79.
- Solís-Oba, M., M. García-Garibay, y G. Viniestra-González. 2007. "El ABTS•+ agente oxidante de diversos compuestos químicos y su mecanismo de reciclado entre la lacasa y el sustrato". *Revista mexicana de ingeniería química* 6(3): 275–81.
- Sow, L., y H. Yang. 2015. "Effects of salt and sugar addition on the physicochemical properties and nanostructure of fish gelatin". *Food Hydrocolloids* 45: 72–82.
- Suárez, M., M. Rosas, y A. Ríos. 2015. "Lactobacillus plantarum vs. Bacterias patógenas". : 100.
- Sudha, M. et al. 2015. "Mango pulp fibre waste: characterization and utilization as a bakery product ingredient". *Journal of Food Measurement and Characterization* 9(3): 382–88.
- Sumaya-Martínez, M., L. Sánchez-Herrera, G. Torres, y D. García. 2012. "Red de valor de mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales". *Quinta Época* 30: 826–33.
- Talcott, S., y S. Talcott. 2009. "Caracterización por Espectroscopia de Masas y Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) del Mango (*Mangifera Indica* L.) después de una Hidrólisis Enzimática". *Texas A & M University, Department of Nutrition and Food Science*.
- Tapia, M., B. Pérez, J. Cavazos, y Y. Mayett. 2013. "Obtención de aceite de semilla de mango Manila (*Mangifera indica* L.) como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales." *Revista Mexicana de Agronegocios* 17(32): 256–66.
- Tidjani, A., J. Lagier, y D. Raoult. 2016. "Diet influence on the gut microbiota and dysbiosis related to nutritional disorders". *Human Microbiome Journal* 1: 3–11.

- Tobias-Espinoza, J. et al. 2016. "Obtención y evaluación de un cereal extruido alto en fibra hecho a base de linaza y amaranto." 1(2): 715–21.
- Torres, J. 2015. "Análisis del Perfil de Textura en Frutas , Productos Cárnicos y Quesos". (November).
- Van Trijp, H., y E. Van Kleef. 2008. "Newness, value and new product performance". *Trends in Food Science and Technology* 19(11): 562–73.
- Tsilingiri, K., y M. Rescigno. 2013. "Postbiotics: What else?" *Beneficial Microbes* 4(1): 101–7.
- USDA. 2016. *Mango composition*.
- Vela Gutiérrez, Gi., G. León, H. García, y J. De la Cruz. 1987. "Estres Por Frio Y Actividad De La Polifenoloxidasa En Mango". 01(29): 341478.
- Velderrain-Rodríguez, G. et al. 2016. "Effect of dietary fiber on the bioaccessibility of phenolic compounds of mango , papaya and pineapple fruits by an in vitro digestion model". *Food Science and Technology* 36(2): 1–7.
- Wall-Medrano, A. et al. 2015. "El mango: aspectos agroindustriales, valor nutricional/funcional y efectos en la salud". *Nutr Hosp.Nutr Hosp* 3131(1): 67–7567.
- WGO. 2011. Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos *Probióticos y prebióticos*.
- . 2017. "Probióticos y prebióticos". *Guía Práctica de la Organización mundial de Gastroenterología* (3): 1–4.
- Xiaowei, M. et al. 2011. "Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits". *Scientia Horticulturae* 129(1): 102–7.
- Xu, Peiru, Min Li, Jihong Zhang, y Tao Zhang. 2012. "Correlation of intestinal microbiota with overweight and obesity in Kazakh school children". *BMC Microbiology* 12.
- Zalán, Z. et al. 2010. "Production of organic acids by Lactobacillus strains in three different media". *European Food Research and Technology* 230(3): 395–404.
- Zevallos-Rodríguez, A., M. Hayayumi-Valdivia, y R. Siche. 2018. "Optimización de polifenoles y aceptabilidad de caramelos de goma con extracto de jengibre (Zingiber officinale R .) y miel con diseño de mezclas Optimization of polyphenols and acceptability of jelly candies with ginger".
- Zhao, Y., y Y. Yu. 2016. "Intestinal microbiota and chronic constipation". *SpringerPlus*: 1–

8.

IX. ANEXOS

9.1. Registro de tesis

Espacio exclusivo para la Dirección	No. Registro de Proyecto*	_____
	Fecha de Registro*	_____
	Fecha de inicio de proyecto:	25 Julio 2016
	Fecha de termino de proyecto:	31 Julio 2018

1. Datos del solicitante:

No. de expediente:	264137	
Nombre:	_____	
Flores	Zavala	Daniela
Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombre(s)
Dirección:	_____	
Manuel Doblado #456	Centro	38040
Calle y número	Colonia	C.P.
Guanajuato	4443041636	_____
Estado	Teléfono (incluir lada)	

2. Datos del proyecto:

Facultad:	Química
-----------	---------

(Escribir el nombre completo del posgrado en el que está inscrito)

Especialidad en:	_____
Maestría en:	Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Doctorado en:	_____

Tema específico del proyecto:	<i>Optimización de un producto de confitería a base de bagazo de mango y su efecto prebiótico (estudio piloto) en consumidores en edad escolar</i>	
-------------------------------	--	--

Dra. Marcela Gaytán Martínez Director de Tesis ¹	Dr. Abraham Wolf Medrano Co-director ¹	Dra. Claudia Gutiérrez Antonia Jefe de Investigación y Posgrado de la Facultad ¹
--	--	---

Daniela Flores Zavala Alumno ¹	M.S.P. Sergio Pacheco Hernández Director de Facultad ¹	Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña Director de Investigación y Posgrado ¹
--	---	--

9.2. Consentimiento informado (evaluación sensorial)

Nombre del participante: _____

Nombre del padre o tutor del participante: _____

Introducción:

El presente estudio se encuentra dirigido a evaluar el nivel de agrado de una golosina tipo gomita enriquecida con bagazo de mango, mediante una prueba sensorial hedónica gráfica. Este estudio va dirigido a niños de ambos sexos en edad escolar (6-12 años), pertenecientes a una escuela primaria de la ciudad de Santiago de Querétaro, Qro. México

Resumen del estudio

Se darán muestras de 30g de la golosina tipo gomita enriquecida con bagazo de mango. Se solicitará que llenen la escala de la prueba hedónica gráfica, la cual indicará el nivel de agrado del producto.

Riesgos del estudio

Debido a la naturaleza del estudio, **NO EXISTE** riesgo alguno que atente contra la seguridad o salud del participante. La información recabada del estudio es estrictamente confidencial de acuerdo con los lineamientos estipulados por el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud (Artículos 13 y 16), Ley de Información Estadística y Geográfica (Artículos 38 y 42) y los del comité de bioética de UACJ.

Beneficios del estudio

La información que se reúna será utilizada para fines del conocimiento del nivel de agrado del estudio.

Agradecemos de antemano su autorización y consentimiento. Se le proporcionará una copia del presente documento para posibles futuras aclaraciones

Al firmar este documento acepto como tutor que el niño _____ participe en la totalidad de las etapas del estudio.

Firma del padre o tutor _____

Fecha _____

Dra. Marcela Gaytán Martínez
Investigador Responsable.

L.N. Daniela Flores Zavala
Estudiante Responsable

9.3. Publicación

9.4. Presentación en congresos



Centro de Investigación
en Alimentación y Desarrollo



El Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo
y la Universidad Autónoma de Sinaloa, otorgan la presente

CONSTANCIA

A:
Flores-Zavala D, Wall-Medrano A, Campos-Vega R, Loarca Piña MF, Nava Morales GM, Gaytán Martínez M

Por su participación como Ponente en Cartel con el tema "OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO DE CONFITERIA A BASE DE BAGAZO DE MANGO ATAUJLO (Mangifera indica L.)", en el

3er Congreso Internacional de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos.

Mazatlán, Sinaloa, del 20 al 22 de junio del 2018

Dr. Gustavo A. González Aguilar
Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo

Dr. Aaron F. González Córdova
Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo

Dr. Jorge Millán Camillo
Universidad Autónoma de Sinaloa

3
Congreso Internacional
de Alimentos Funcionales
y Nutracéuticos

