



**BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**



**ESPECIALIDAD EN TECNOLOGIA E INOCUIDAD DE
LOS ALIMENTOS**

**TESINA:
ELABORACIÓN DE UNA MERMELADA DE LIMÓN
BAJA EN CALORÍAS**

**Que para obtener obtener el Título de
Especialista en Tecnología e Inocuidad de los Alimentos**

**PRESENTA:
Ing. en Alimentos Abril Estefanía García Santiesteban**

**DIRECTORA DE TESINA:
D. C. Addí Rhode Navarro Cruz**

Puebla, Pue. Diciembre, 2014

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

D. C. Addí Rhode Navarro Cruz	1
1 INTRODUCCIÓN	1
2 JUSTIFICACIÓN	3
3 OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Particulares	4
4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
4.1 MERMELADA	5
4.1.1 Origen e historia	5
4.1.2 Definición de mermelada	5
4.1.3 Procesamiento de las mermeladas	5
4.1.4 Materias primas	7
Fruta: Para la elaboración de mermeladas, la fruta debe estar madura y en excelentes condiciones. Es preferible que le falte un poco de madurez a que esté excesivamente madura, ya que la pectina se conserva mejor en un fruto que no está sobremaduro (Capdevilla, 1992).	7
Azúcar: La mermelada contiene dos tipos de azúcar, la natural que aporta la fruta y contribuye a mejorar el sabor y aroma y la comercial, que se emplea para dar el dulzor característico y favorecer su conservación (Usca, 2011). Este último tipo es muy importante pues actúa como conservante además de influir en la consistencia de la mermelada. La cantidad exacta de azúcar utilizada depende del contenido de pectina del fruto (Capdevilla, 1992; Usca, 2011).	7
Pectina: Las pectinas comprenden un extenso grupo de heteropolisacáridos vegetales cuya estructura básica está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico, unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1,4), en la cual algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal (Badui, 2006).	8
4.1.5 Normatividad Aplicable a la "Mermelada de limón baja en calorías"	9
4.1.6 Principales consumidores	10
4.2 EL LIMON	10

4.2.1	Clasificación taxonómica _____	11
4.2.1.1	Limón criollo (<i>Citrus aurantifolia</i>) _____	11
4.2.1.2	Limón persa (<i>Citrus latifolia</i>). _____	12
4.2.1.3	Limón Eureka (<i>Citrus limonum</i>) _____	13
4.2.2	Propiedades nutricionales del limón _____	14
4.3	POLISACÁRIDOS.	15
4.3.1	Gomas _____	16
4.3.1.1	Inulina _____	16
4.4	EDULCORANTES NO CALÓRICOS	18
4.4.1	Sucralosa (Splenda ®) _____	19
4.4.2	Stevióside (Stevia) _____	20
4.5	ALIMENTOS FUNCIONALES.....	22
4.5.1	Definición de alimento funcional _____	23
4.5.2	Clasificación de alimento funcional _____	24
4.5.2.1	Probiótico _____	24
4.5.2.2	Prebiótico _____	24
4.5.3	Ingredientes funcionales _____	24
4.5.3.1	Fibra _____	24
4.5.3.2	Fibra Dietética _____	24
4.5.3.2.1	Propiedades de la fibra dietética _____	26
4.5.3.3	Inulina como ingrediente funcional _____	27
5	DIAGRAMA DE TRABAJO _____	29
6	MATERIAL Y MÉTODOS _____	30
7	METODOLOGÍA _____	31
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS _____	36
9	CONCLUSIONES _____	47
10	SUGERENCIAS _____	¡Error! Marcador no definido.
11	BIBLIOGRAFÍA _____	48
12	ANEXOS _____	53

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de las tres variedades de limón utilizadas.	11
Tabla 2. Composición nutricional del limón (Vargas y col. 2008).	15
Tabla 3. Propiedades funcionales de la inulina y derivados.	18
Tabla 4. Técnicas utilizadas para las determinaciones y sus referencias	30
Tabla 5. Formulaciones estudiadas, con diferentes concentraciones de pectina.	31
Tabla 6. Formulaciones elaboradas para la mermelada de limón baja en calorías.	38
Tabla 7. Rendimientos de las formulaciones estudiadas	40
Tabla 8. Resultados de la primera evaluación sensorial realizada el 10/04/2013, en un grupo de 25 personas con edades entre 21 y 5 años.....	42
Tabla 9. Resultados de la segunda evaluación sensorial.	44
Tabla 10 Resultados del análisis fisicoquímico de la Formulación 3.....	44
Tabla 11 Comparación entre los valores obtenidos en la formulación 3 y una mermelada testigo.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Corte transversal de un limón.....	10
Figura 2. Principales estados productores de limón. Se observa división regional en producción por variedad de limón. Fuente: PRODUCE, 2012.....	13
Figura 3. Limón Eureka entero en diferentes vistas y corte transversal y longitudinal.	14
Figura 4. Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa (A) y con una molécula terminal de fructosa. (Madrigal, 2007).....	17
Figura 5 Clasificación de la fibra, según grado de fermentabilidad (Escudero, 2006).....	25
Figura 6 Clasificación de la fibra dietética (Escudero, 2006)	26
Figura 7. Limón eureka en estado de madurez adecuado.....	30
Figura 8. Pectina, inulina y azúcar.	30
Figura 9. Izquierda, mermelada de limón Criollo con cáscara. Derecha, mermelada de limón Persa con cáscara.	36
Figura 10. Izq. mermelada de limón Criollo s/n cáscara. Der. mermelada de limón Persa s/n cáscara.....	36
Figura 11 Pruebas con pectina, azúcar y agua. De izq. A der, combinaciones a, b y c.	37
Figura 12. Muestras de color verde y amarillo utilizadas en la encuesta a 50 personas.....	42
Figura 13 Mermelada con el tono de verde sometido a evaluación sensorial de escala hedónica.....	42
Figura 14 Formulación final de mermelada elaborada con limón Eureka sin colorante.	43

RESUMEN

De acuerdo con cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el sobrepeso, la obesidad y enfermedades relacionadas son el quinto factor de riesgo de defunción a nivel mundial. Sin embargo, a pesar de la aparente “epidemia” de dichas enfermedades ocasionadas por malos hábitos alimenticios, abundan en el mercado alimentos altos en calorías y que no tienen valor agregado al no aportar ningún beneficio a la salud del consumidor. En este contexto se elaboró una mermelada de limón baja en calorías, para lo cual se probaron varias formulaciones conteniendo la elegida por su textura final, 10% de azúcar, 10% de inulina y 1% de pectina. La evaluación sensorial realizada a la misma demuestra que es un producto sensorialmente aceptable para la población. El análisis fisicoquímico se realizó de acuerdo a las Normas Mexicanas correspondientes, obteniéndose un contenido de humedad del 51.61%, fibra cruda del 0.10%, azúcares reductores directos y totales del 36.86%, acidez titulable del 8.70% y pH de 3.22. El contenido energético de la mermelada de limón se calculó en 22 Cal por porción (15 g ó 1 cucharada), menos de la mitad que las 54 Cal por porción de las mermeladas comerciales que no son bajas en calorías.

Adicionalmente, la mermelada de limón elaborada ofrece como “plus” el aporte de fibra dietética dado por la inulina que lleva incluida en su formulación; clasificándola dentro del grupo de alimentos prebióticos por el porcentaje adicionado y por ser benéfica para la flora intestinal.

1 INTRODUCCIÓN

Antes de que existieran los congeladores y los métodos de conservación modernos fueran tan accesibles, la preparación de conservas como mermeladas y jaleas entre otras era vital para sustentar a las familias cuando los alimentos frescos escaseaban; y su preparación era una parte importante de la vida (Capdevilla, 1992).

La palabra mermelada deriva del portugués “*marmelo*” que significa durazno, derivando en “*marmalada*”. Hoy en día el término es utilizado para definir al producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenido por acción y concentración de frutas sanas y limpias, adicionadas de edulcorantes, ácido y pectina (Usca, 2011).

Aunque los primeros métodos de conservación fueron posiblemente resultado de la experimentación y de la suerte, actualmente se conoce el mecanismo que permite que funcionen; como la elevada concentración de azúcar, junto con una cocción a alta temperatura que evitan el desarrollo de microorganismos y permite que la mermelada pueda conservarse durante meses (Capdevilla, 1992).

Generalmente, las mermeladas se elaboran cocinando la fruta troceada con el azúcar hasta obtener un puré gelatinoso cuya concentración final debe ser al menos 65% de sólidos (Durward, 2007; Villar, 1998).

Tradicionalmente son elaboradas a base de fruta, azúcar, pectina y ácidos, cada uno de éstos ingredientes con una función específica. La azúcar actúa como conservante e influye en la consistencia; la pectina da continuidad a la estructura del gel y los ácidos agregados en forma de jugo de limón complementan la acción conservadora de la azúcar impidiendo la proliferación de microorganismos (Usca, 2011; Villar, 1998).

Por su composición, las mermeladas son alimentos que aportan una gran cantidad de carbohidratos. Teniendo en cuenta este alto aporte calórico, se observa una ventaja en su adecuación a fórmulas reducidas en azúcar o sacarosa siendo útiles para

controlar la ingesta de azúcares en la alimentación (Usca, 2011); ya que actualmente existe gran preocupación de las autoridades sanitarias en los países desarrollados y en vías de desarrollo por el aumento en la incidencia de enfermedades como obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, etc, y su relación con hábitos de consumo y estilos de vida inadecuados (Martínez, 2008).

En 2001, la OMS y la FAO estimaron que dichas enfermedades crónicas representaron aproximadamente el 59% de los 56.5 millones de defunciones comunicadas en todo el mundo y el 46% de la carga de morbilidad anual; cifras que van en aumento gracias al estilo de vida actual, siendo determinantes la composición del conjunto de la dieta y grado de actividad física (Martínez, 2008).

En definitiva, estas condiciones favorecen el desarrollo de la alimentación funcional, con productos reducidos en azúcares y grasas y/o ingredientes benéficos añadidos por ejemplo fibra, y que ayudan a controlar la ingesta calórica; vislumbrando un gran futuro a los mismos como fuente de salud y prevención de enfermedades (Barbera, 2008).

2 JUSTIFICACIÓN

El estilo de vida moderno, especialmente del mundo occidental, se caracteriza por un exagerado consumo de alimentos con contenido elevado de grasas y azúcares, cuya ingesta excesiva supera las recomendaciones en cuanto a energía y nutrientes, produciendo sobrenutrición.

Estos hábitos inadecuados, que se adquieren incluso desde la infancia, tienen como consecuencia el aumento de enfermedades cardiovasculares, sobrepeso, obesidad, diabetes, entre otras, provocando el aumento de la mortalidad y morbilidad.

De acuerdo con cifras de la OMS, el sobrepeso, la obesidad y enfermedades relacionadas son el quinto factor principal de riesgo de defunción en el mundo. Anualmente fallecen por lo menos 2.8 millones de personas como consecuencia de las mismas. Además, el 44% de diabetes, el 23% de la carga de cardiopatías isquémicas y entre 7% y el 41% de la carga de algunos cánceres son atribuibles al sobrepeso y la obesidad.

En este panorama se resalta la necesidad de formular alimentos que coadyuven a la prevención y/o tratamiento de las mencionadas enfermedades, aportando nutrientes sin necesidad de sacrificar sus características sensoriales.

Derivado de esto, el presente trabajo propone elaborar una mermelada de limón, que aporte dentro de su formulación fibra dietética además de un bajo contenido calórico; ofreciendo características sensoriales propias de una mermelada tradicional.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Formular una mermelada de limón de bajo aporte calórico y con fibra añadida, con características sensoriales aceptables.

3.2 Objetivos Particulares

- Elaborar una mermelada de limón, eliminando parcial o totalmente la adición de azúcar, y con fibra añadida.
- Establecer la proporción adecuada del hidrocoloide seleccionado.
- Realizar un análisis sensorial de la mermelada con el hidrocoloide seleccionado para determinar aceptación entre la población de la formulación elegida.
- Realizar el análisis fisicoquímico de la mermelada elaborada.

4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 MERMELADA

4.1.1 Origen e historia

El uso de las mermeladas es mencionado en libros de cocina de la Roma Antigua, por Marcus Gavius Apicius, quien las usaba en muchas recetas. Aunque la palabra mermelada deriva del portugués "*marmelo*", que significa durazno, derivando en "*marmalada*", los ingleses afirman que fue creada en 1561 por el médico de la reina María Estuardo, y que el nombre en inglés "*marmelade*" se deriva del francés que se hablaba en la corte de María, ya que cuando la Reina estaba enferma decían: "Marie est malade" (Usca, 2011).

4.1.2 Definición de mermelada

De acuerdo al CODEX STAN 296: "es el producto preparado por cocimiento de fruta(s) entera(s), en trozos o machacadas mezcladas con productos alimentarios que confieren un sabor dulce hasta obtener un producto semi-líquido o espeso/viscoso".

Una definición para mermelada de limón basada en la NMX-F-128-1982 para mermelada de naranja, es: "producto alimenticio obtenido por la cocción y concentración del jugo de pulpa y cascarilla de limones sanos, limpios, naturales, con el grado de madurez adecuado, adicionados de edulcorantes y agua, adicionándose o no ingredientes opcionales y aditivos permitidos, envasado en recipientes herméticamente cerrados y procesados térmicamente para asegurar su conservación."

4.1.3 Procesamiento de las mermeladas

Generalmente se elaboran cociendo la fruta troceada con el azúcar hasta obtener un puré gelatinoso. La concentración final, debe ser al menos 65% de sólidos (Durward, 2007; Villar, 1998). El diagrama de flujo para elaboración de una mermelada se encuentra en el Anexo 1. A continuación se describe brevemente el procedimiento.

Selección de los ingredientes: Se separa el material no apto y se elige el más adecuado. Las frutas más apropiadas para el proceso se escogen por tamaño y grado de madurez, ya que de éstos dependen las condiciones de procesamiento (Usca, 2011; Villar, 1998).

Pesado: Esta operación permite determinar el rendimiento que puede obtenerse de la fruta, el producto se pesa al llegar a la planta, así como también en el procesamiento de la mermelada (Usca, 2011).

Lavado: Se pueden realizar por inmersión, agitación, aspersión o rociado (Usca, 2011). Las frutas deben escurrirse bien para no añadir una cantidad extra de agua a la preparación lo cual alargaría el proceso (Villar, 1998).

Escaldado: Inmersión del producto en agua a una temperatura de 95°C por un tiempo variable dependiendo de la especie, de su estado de madurez y de su tamaño (Usca, 2011).

Pelado y trozado: Consiste en separar la cáscara de la fruta y se puede realizar de forma manual, empleando una máquina peladora, por acción de calor o con productos químicos. Seguidamente se realiza el cortado en mitades o trozado para facilitar su cocción (Usca, 2011).

Pulpeado: Obtención de la pulpa de las frutas eliminando las partículas extrañas. Algunas frutas que se oscurecen requieren ser escaldadas (blanqueadas) antes de ser pulpeadas (Usca, 2011).

Acondicionamiento de insumos: Preparación de las fórmulas adecuadas de pulpa, azúcar, pectina, ácido cítrico y conservadores químicos para la obtención de cierta cantidad de mermelada. La cantidad de azúcar se calcula según el peso y los °Brix de la pulpa y los ° Brix que desea obtener.

Cocción: La mezcla de la pulpa con el azúcar se concentra y se forma una masa semisólida. La pectina tiene el poder de solidificar una masa que contiene 65% de azúcares y hasta 0.8% de ácidos (Usca, 2011).

Envasado y Esterilizado: Los envases deben ser de cristal o cerámica ya que no reaccionan a los ácidos ni a la sal, y resisten temperaturas altas. La esterilización consiste fundamentalmente en someter el producto envasado al calor durante un tiempo determinado, aislándolo del contacto con el aire en un recipiente herméticamente cerrado para destruir los microorganismos y crear vacío en el interior del recipiente (Villar, 1998).

4.1.4 Materias primas

Fruta: Para la elaboración de mermeladas, la fruta debe estar madura y en excelentes condiciones. Es preferible que le falte un poco de madurez a que esté excesivamente madura, ya que la pectina se conserva mejor en un fruto que no está sobremaduro (Capdevilla, 1992).

Azúcar: La mermelada contiene dos tipos de azúcar, la natural que aporta la fruta y contribuye a mejorar el sabor y aroma y la comercial, que se emplea para dar el dulzor característico y favorecer su conservación (Usca, 2011). Este último tipo es muy importante pues actúa como conservante además de influir en la consistencia de la mermelada. La cantidad exacta de azúcar utilizada depende del contenido de pectina del fruto (Capdevilla, 1992; Usca, 2011).

Para el caso específico de las mermeladas bajas en calorías, se utilizan edulcorantes con dulzor mayor al de la sacarosa con el objetivo de dar el sabor dulce característico de las mermeladas, así como aditivos tipo gomas para dar la consistencia adecuada.

Pectina: Las pectinas comprenden un extenso grupo de heteropolisacáridos vegetales cuya estructura básica está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico, unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1,4), en la cual algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal (Badui, 2006).

Se asocian con otros hidratos de carbono, principalmente con hemicelulosas, en las paredes de los vegetales. Por esta razón se encuentra presente de modo natural en muchos alimentos, siendo responsables de la firmeza de algunos productos ya que pueden espesar y coagular una mezcla al ser sometida al calor. (Badui, 2006; Villar, 1998).

La continuidad de la estructura del gel en las mermeladas es determinada por la concentración de pectina, que puede oscilar de 0.5% a 1.5% dependiendo del tipo de pectina utilizada. El gel óptimo se formará entre 65 y 68% de sólidos solubles y dentro de un rango de pH de 3.1 a 3.3. Cuando el nivel de sólidos sobrepase el 70% se producirá un gel duro y si el pH se encuentra por debajo del rango se formará un gel duro sujeto a sinéresis o exudación (Durward, 2007). Ciertos tipos de frutas son buenas fuentes de pectina de alta calidad, como las manzanas, zarzamora, guayabas, limones, ciruelas, peras y las cáscaras de los frutos cítricos como limón, naranja, mandarina, etc (Badui, 2006; Charley, 2009).

La calidad de la pectina se expresa en grados, cada grado indica la cantidad de azúcar que un kilogramo de esta pectina puede gelificar en condiciones óptimas: pH 3-3.5 y 60-65% de sacarosa. Así, un gramo de pectina de grado 100 coagulará a 100 gramos de azúcar en las condiciones mencionadas (Durward, 2007).

Ácidos: La acción conservadora del azúcar es complementada por niveles altos de acidez, determinando valores de pH entre 3.0 y 3.5 en el producto terminado, impidiendo la proliferación de los microorganismos (Usca, 2011; Villar, 1998).

4.1.5 Normatividad Aplicable a la “Mermelada de limón baja en calorías”

Dentro del marco de normatividad internacional, el Codex Alimentarius es el más alto organismo internacional en materia de normas de alimentación y ha publicado la Norma del Codex para las Confituras, Jaleas y Mermeladas CODEX STAN 296-2009.

Sin embargo, ésta norma indica en su ámbito de aplicación que la misma no aplica a “productos reducidos en azúcar o con muy bajo contenido en azúcar” y a “productos donde los productos alimentarios que confieren un sabor dulce han sido reemplazados total o parcialmente por edulcorantes”. No obstante sirve como referencia general sobre las características que éste tipo de productos, reducidos en calorías deben asemejar.

En el ámbito normativo nacional, no existe una Norma Oficial Mexicana para mermeladas que nos indiquen las características sensoriales y fisicoquímicas esperadas, sino más bien un conjunto de Normas Mexicanas diferenciadas según la fruta que confiere el sabor a la mermelada (ejemplo, mermelada de durazno, mermelada de fresa, etc); siendo la más aproximada a la mermelada de limón la NMX-F-128-1982, para mermelada de naranja, sirviendo como referencia sobre características sensoriales esperadas para mermeladas de cítricos.

Finalmente, cualquier producto con modificaciones en su composición como, las mermeladas reducidas en azúcar y calorías deben seguir las directrices de especificaciones nutrimentales, de la NOM-086-SSA1-1994 para ‘Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales’. De acuerdo con ésta norma, entran en la clasificación de “Productos con menor contenido de calorías y azúcar” (apartados 5.1.5 y 5.1.7 de la misma norma).

4.1.6 Principales consumidores

Las mermeladas, por su composición, son alimentos dulces y con un aporte moderado de calorías, que enriquecen la alimentación y suelen emplearse habitualmente como complemento del desayuno, además de en un sinnúmero de recetas. Las mermeladas y confituras en las que no se añade azúcar o sacarosa y sí edulcorantes no calóricos, son útiles para quienes tienen que controlar los azúcares de su alimentación como es el caso de diabetes, hipertrigliceridemia, sobrepeso y obesidad (Usca, 2011).

4.2 EL LIMON

El fruto del limón es un tipo especial de baya, llamado hesperidio. La parte más externa o *flavedo* es gruesa, de color verde o amarillento-anaranjado, a continuación está el *albedo* o parte blanca. La parte interna del fruto se compone de varios segmentos divididos por tabiques de una tela fina, las semillas se ubican en el ángulo interior, tal como se muestra en la figura 1 (Baraona y Sancho, 2000; Medina, 1998).

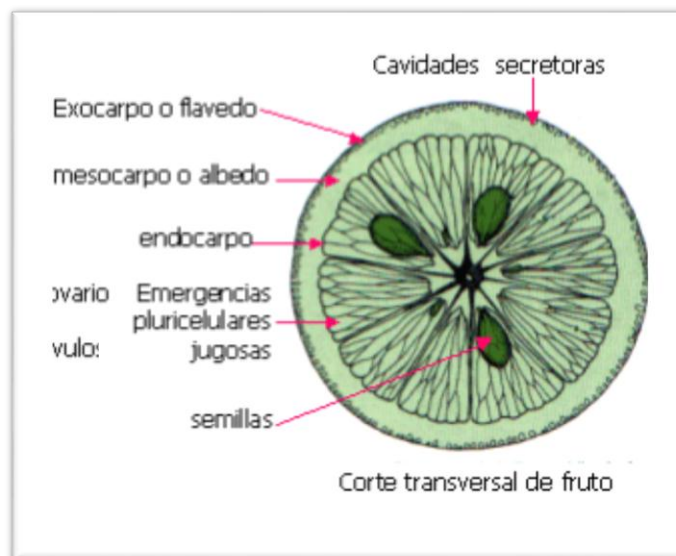


Figura 1 Corte transversal de un limón.
Imagen web consultada el 22/11/2013

4.2.1 Clasificación taxonómica

Taxonómicamente dentro de los limoneros reales se describen dos grupos naturales:

a) Limoneros sutiles ácidos: Con dos subgrupos:

- **Limoneros sutiles ácidos de frutos muy pequeños:** De fruto muy pequeño y globoso o elíptico como West Indian, Mexican o Key Lime.
- **Limoneros sutiles de fruto pequeño:** Como el limón Tahití, Persa o Bears

b) Limoneros sutiles no ácidos: Sus frutos se caracterizan por un bajo contenido de ácido. Algunos ejemplos son Indian, Palestine y Succari (COVECA, 2011).

Las características taxonómicas del limón Criollo (*Citrus aurantifolia*), limón Persa (*Citrus latifolia*), y limón Eureka (*Citrus limonum*) se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía de las tres variedades de limón utilizadas.

Nombre vulgar	Limón Criollo	Limón Persa	Limón Eureka
Nombre científico	<i>Citrus aurantifolia</i>	<i>Citrus latifolia</i>	<i>Citrus limonum</i>
Reino	<i>Plantae</i>		
División	<i>Magnoliophyta</i>		
Clase	<i>Magnolipsida</i>		
Familia	<i>Rutaceae</i>		
Género	<i>Citrus</i>		
Especie	<i>aurantifolia</i>	<i>latifolia</i>	<i>limonum</i>

Fuente: COVECA, 2011; PRODUCE, 2012

4.2.1.1 Limón criollo (*Citrus aurantifolia*)

El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*), también conocido como: Mexican lime, Key Lime, limón criollo o limón sutil; es uno de los dos tipos de limones más ampliamente producidos en México (PRODUCE, 2012).

Se refiere a una variedad de limón de fruto pequeño, de 2.5 a 5.0 cm de diámetro, redondo, de corteza suave y piel verde cuando está inmadura y más amarilla en su madurez. Su pulpa es verde-amarillenta, jugosa, con semillas y más ácida que las

limas. El fruto se caracteriza por ser aromático, jugoso, ácido y de mucho sabor (COVECA, 2011; PRODUCE, 2012).

Es nativo de la región Indo Malaya de donde fue llevado al norte de África y de ahí a Europa Mediterránea durante las cruzadas. Los españoles lo introdujeron a las islas caribeñas y llegó a México alrededor de 1520 (PRODUCE, 2012).

Su cultivo se inició como actividad económica en México, probablemente en 1920, creciendo aceleradamente a partir de 1940 y se extendió en los estados que hoy son los principales productores de éste fruto: Colima, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Jalisco, Tamaulipas, Veracruz y Nayarit, fundamentalmente, y en menor medida en Puebla, Yucatán, Morelos, Chiapas y San Luis Potosí (ASERCA, 1995).

Aunque se cosecha durante todo el año su máxima producción ocurre de mayo a octubre donde se concentra alrededor del 70% de la producción (PRODUCE, 2012).

4.2.1.2 Limón persa (*Citrus latifolia*).

El limón Persa (*Citrus Latifolia*) conocido también como limón Tahití o “limón sin semilla” es un fruto ligeramente ovalado, con una papila terminal ancha no muy pronunciada, de 3.8-6.6 cm de largo y de 4-6 cm de diámetro, y peso de 55-75 g. Esta variedad presenta un color verde oscuro en estado maduro y se torna amarillo cuando está sobre maduro. Presenta un contenido de jugo del 40-60% o más, con un índice de acidez del 5-10%. Se cosecha todo el año; sin embargo, su máxima producción se da de mayo a septiembre (ASERCA, 1995; COVECA, 2011).

Su nombre viene de la creencia de haber sido introducido en la región del Mediterráneo a través de Irán (antes conocida como Persia). En México se introdujo su cultivo, como parte de un programa experimental fallido de la compañía Coca Cola para abaratar sus insumos en la década de los 70's, dándose un “boom” en su comercialización a partir de los 90's con la destrucción en E.E.U.U de las zonas productoras de éste limón (ASERCA, 1995).

Se produce principalmente en la región del Golfo de México siendo el estado de Veracruz el primero en introducirlo y mayor productor, seguido en importancia por Chiapas, Yucatán, Jalisco, Morelos, Tamaulipas y menormente en Colima y Michoacán, mostrándose su distribución en la figura 2 (ASERCA, 1995).



Figura 2. Principales estados productores de limón. Se observa división regional en producción por variedad de limón. Fuente: PRODUCE, 2012.

Comercialmente es consumido como fruta fresca y para usos industriales puede utilizarse tanto el fruto como la cáscara. En México prácticamente no existe ningún uso industrial para el mismo, además de la obtención de su esencia, por lo que la única transformación o valor agregado que se le da al producto además del mencionado es el empacado (ASERCA, 1995).

4.2.1.3 Limón Eureka (*Citrus limonum*)

Originado de una semilla de limón italiano, probablemente de la variedad “lunario”, plantada en Los Ángeles en 1858. Su fruto es de tamaño mediano y forma elíptica, como se observa en figura 3, con un mamelón moderadamente saliente en el ápice, piel amarilla y pulpa de color amarillo verdoso, tierna, jugosa, dulce y ligeramente ácida (Geilfus, 1994; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005)

El periodo de recolección del limón Eureka se distribuye a lo largo del año, teniendo su máximo a finales de invierno y principios de primavera (Geilfus, 1994).

Su industrialización se da en forma de jugo de limón, ya sea fresco o enlatado, congelado, deshidratado, en polvo y en la industria de las bebidas carbonatadas. También como materia prima para la obtención de aceite de limón, ácido cítrico y pectina (Geilfus, 1994; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005).

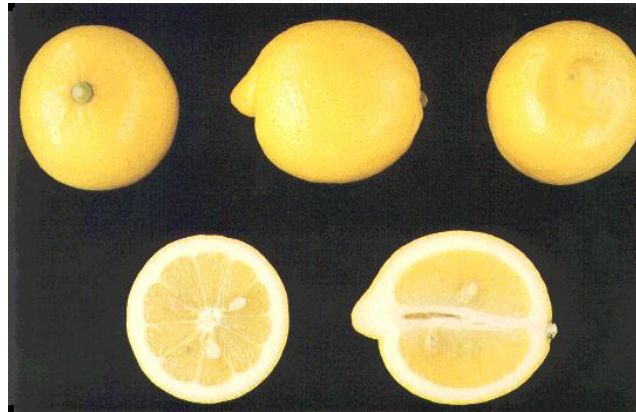


Figura 3. Limón Eureka entero en diferentes vistas y corte transversal y longitudinal.
Imagen web consultada el 18/05/2014 en <http://www.cficet.org.mx/limon.html>

4.2.2 Propiedades nutricionales del limón

Nutricionalmente los cítricos tienen fama por su alto contenido de vitaminas, azúcares y sales, especialmente de vitamina C, la cual se halla en la pulpa y el zumo; por esto es que al limón se le atribuye una extraordinaria acción terapéutica preventiva y curativa en perturbaciones intestinales, hepáticas, estados febriles gripales, inflamaciones, arteriosclerosis y en especial en todos los casos de escorbuto y carencias similares (COVECA, 2011)

Aunque el valor químico y vitamínico del limón oscile dentro de ciertos límites, en relación con varios factores influyentes, por ejemplo, cuanto más frío es el clima, mayor es el grado de acidez del limón (COVECA, 2011). En la tabla 2 se presenta el valor nutritivo aproximado del limón en general.

Tabla 2. Composición nutricional del limón (Vargas y col. 2008).

	100g de fruta		100g de fruta
Energía: Kcal.	50	Calcio (mg)	61.0
Agua (g)	87	Hierro (mg)	0.7
Fibra (g)	2.1	Magnesio (mg)	12.0
Carbohidratos (g)	10.7	Potasio(mg)	145.0
Proteína (g)	1.2	Sodio (mg)	8.0
Grasa (g)	0.3	Vitamina A (mcg)	2.0
Sacarosa (g)	0.5	Vitamina C (mg)	77.0

4.3 POLISACÁRIDOS.

Constituyen un grupo heterogéneo de polímeros, en el que intervienen más de 10 monosacáridos unidos por distintos enlaces glucosídicos en cadenas lineales o ramificadas, que a su vez pueden estar integradas por un solo tipo de monosacárido (homopolisacáridos, como el almidón y la celulosa) o por varios tipos de monosacáridos (heteropolisacáridos), como la mayoría de las gomas (Badui, 2006).

Los polisacáridos son utilizados tradicionalmente como agentes modificadores de textura (espesantes y gelificantes) y también como agentes estabilizantes, ligantes y coadyuvantes de la emulsión. Estas propiedades derivan de su capacidad de formación de hidrocoloides, con la consiguiente modificación de la viscosidad y la adhesividad debidas a la aparición de interacciones con las moléculas de agua, entre sacáridos o bien de sacáridos con elementos minerales, lípidos y proteínas (Boatella y col., 2004).

La expresión “capacidad de retención de agua” de los polisacáridos hace referencia a la cantidad de agua que éstos pueden mantener, sin que haya liberación del líquido. Dicha capacidad depende de factores intrínsecos: tipo de polímero, peso molecular, linealidad, etc y extrínsecos: pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de ciertos cationes, etc (Badui, 2006).

La retención de agua puede causar la formación de un gel; tal es el caso de los producidos por las carrageninas y las pectinas. Las moléculas de agua se orientan respecto de los grupos hidroxilo que se encuentran en las moléculas; si la interacción es baja, las moléculas se mueven al azar y espesan. Si la interacción se da mediante enlaces verdaderos, las moléculas gelifican (Badui, 2006).

Durante el proceso de formación del gel se produce una transición (sol-gel elástico-gel rígido) que es reversible en función de la capacidad de interacción entre moléculas y de las moléculas con el disolvente (Boatella y col., 2004).

4.3.1 Gomas

Son polisacáridos de alto peso molecular, con características hidrofílicas o hidrofóbicas, dispersables en agua fría o caliente. Debido a sus propiedades coloidales, tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes. Por ésta naturaleza coloidal reciben el nombre de hidrocoloides. Existen gomas naturales, semisintéticas y sintéticas (Badui, 2006, Rodríguez, 2006, Pasquel, 2001).

Las gomas forman parte de la **fibra dietética**, ya que el organismo humano está incapacitado para metabolizarlas por carecer del sistema enzimático necesario. Aunque su característica más importante se basa en la capacidad que tienen para interactuar con el agua, su interés también radica en su comportamiento reológico; es decir, en la formación de gel (Badui, 2006, Vilches, 1005).

El gel es un sistema difásico constituido por una red macromolecular tridimensional sólida que retiene entre sus mallas una fase líquida. En efecto, la formación del gel implica, la asociación de cadenas de polímeros entre sí o de segmentos de cadenas entre ellas (Vilches, 2005).

4.3.1.1 Inulina

Es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36,000 especies de plantas. Se aisló por primera vez en 1804, a partir de la especie *Inula helenium*. En 1818, Thomson, un científico británico, le dio el nombre actual. Está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces β -(2→1) fructosil-fructosa (figura 4),

utilizándose el término “fructanos” para denominar este tipo de compuestos. Se clasifica dentro del grupo de las gomas obtenidas de plantas terrestres, ya que industrialmente se obtiene de la raíz de la achicoria. (Madrigal, 2007).

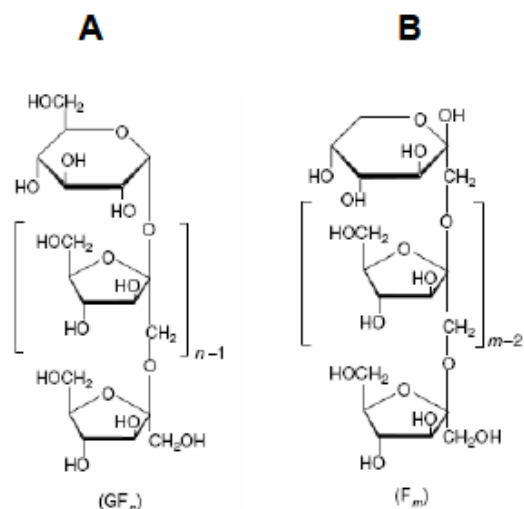


Figura 4. Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa (A) y con una molécula terminal de fructosa. (Madrigal, 2007)

La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables, aderezos, salsas y otros productos. La inulina mejora la estabilidad de emulsiones y espumas, por lo que se usa como estabilizante en productos alimenticios como helados, salsas, postres cremosos, etc. Se observa una sinergia entre la inulina y otros agentes gelantes como la gelatina, alginatos, carraginosos y maltodextrinas (Madrigal, 2007).

La inulina actúa como agente espesante por su capacidad de retención de agua. Forma geles por efecto mecánico o térmico, obteniéndose geles con mejor textura y firmeza por el segundo método. La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos, tal como se muestra en la tabla 3 (Madrigal, 2007).

Tabla 3. Propiedades funcionales de la inulina y derivados.

Aplicación	Funcionalidad
Productos lácteos	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificantes, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Postres congelados	Textura, depresión del punto de congelación, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Productos untables	Estabilidad de emulsión, textura, sustituto de grasas.
Productos horneados	Disminución de aw, sustituto de azúcares
Preparación con frutas (no ácidas)	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Aderezos de ensaladas	Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas
Productos cárnicos	Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas
Chocolate	Sustituto de azúcares, humectante

Fuente: Badui, 2006

El papel de la inulina como ingrediente funcional se detalla más adelante en la sección correspondiente.

4.4 EDULCORANTES NO CALÓRICOS

Los edulcorantes artificiales no calóricos han estado disponibles en el Mercado desde 1880 cuando Constantin Fahlberg, químico alemán, comenzó a manufacturar sacarina. Los científicos vieron en éste compuesto un gran logro, ya que se esperaba que al fin los diabéticos pudieran disfrutar dulces sin incrementar su nivel de azúcar en la sangre. Los procesadores de alimentos vieron una oportunidad de abaratar costos, al tener mayor poder edulcorante y requerirse menor cantidad para endulzar. Con el

auge de este tipo de edulcorantes comenzó a surgir la preocupación sobre la cantidad de químicos que las personas consumían. En respuesta a esto el Congreso de Estados Unidos publicó en 1958 una enmienda que prohibía aditivos que no fueran “adecuadamente establecidos como seguros”, llamada “Cláusula Delaney” (Warner, 2012).

Los edulcorantes no calóricos son el único medio conocido de agregar sabor dulce a los alimentos sin incrementar su aporte energético ya que son cientos de veces más dulces, a veces hasta miles, que la sacarosa y su modo de acción en la papila gustativa es similar al de la azúcar. Sin embargo, existen diferencias en cómo actúan en el organismo (García, 2012).

Los edulcorantes artificiales son de gran ayuda para los diabéticos. A diferencia de la azúcar, que puede ocasionar peligrosas fluctuaciones en la glucosa en sangre, los edulcorantes artificiales, no la afectan para nada (Yeaguer, 2001).

Su poder edulcorante se mide subjetivamente, tomando como base de comparación la sacarosa, a la que se le da un valor arbitrario de 1 o de 100. Es decir, si un compuesto tiene un poder de dos, indica que es 100% más dulce que ésta y se puede usar al 50% para lograr el mismo nivel de dulzor (Badui, 2006).

4.4.1 Sucralosa (Splenda ®)

La **Sucralosa** se descubrió en 1976, por McNeil Specialty Products Company. Es un compuesto 600 veces más dulce que la sacarosa; no es calórico debido a que no es digerido por el organismo. Ya que es un endulzante intenso se suele mezclar con agentes que dan volumen, como dextrosa y maltodextrina. Estos compuestos que agregan volumen, son derivados del almidón de maíz sí añaden ciertas calorías, aunque sólo son 5 por porción, límite establecido por la Food and Drugs Administration (FDA) para que un producto se considere sin calorías (García, 2012).

Actualmente ha aumentado su consumo no sólo por su carencia de calorías, sino también gracias a su estabilidad a altas temperaturas y a que no es hidrolizable en

medios ácidos incluso durante la digestión o el metabolismo. La sucralosa posee la importante característica de no interactuar con otros alimentos, siendo estable en presencia de etanol. Conserva sus características durante la pasteurización, esterilización y altas temperaturas (Rodero y col., 2010).

Ya que la sucralosa no se metaboliza tampoco proporciona energía; su absorción es muy pobre (11 a 27%) y se excreta sin cambios en las heces. La poca cantidad que pudiera ser absorbida se elimina sin cambios en la orina (García, 2012).

Debido a su versatilidad se usa en jaleas, pudines, gelatinas, bebidas bajas en calorías, mezclas para preparar chocolate, helados, yogurt, goma de mascar, mentas, confitería, cereales, repostería y suplementos nutricionales (García, 2012).

4.4.2 Steviósido (Stevia)

La *Stevia rebaudiana Bertoni* es un arbusto pequeño de unos 65-80 cm de alto, que crece en climas semi-húmedos y subtropicales, perteneciente a la familia *Asteraceae*. A pesar de existir alrededor de 200 especies de *Stevia* alrededor del mundo, *Stevia rebaudiana*, es la única que ha demostrado capacidad endulzante (Goyal y col., 2010; Shivanna y col., 2013).

Esta planta ha sido utilizada como edulcorante desde hace siglos en diferentes partes del mundo, como en Brasil y Paraguay, de donde es nativa, para endulzar té y medicinas o masticaban sus hojas como “golosina”, todo esto sin efectos secundarios. En Japón, se ha utilizado *Stevia* como edulcorante en productos como bebidas, dulces, etc en las últimas décadas como alternativa segura a otros edulcorantes químicos (Goyal y col., 2010).

Las hojas del arbusto de *Stevia* contienen sustancias específicas (glicósidos), los cuales producen un sabor dulce sin valor calórico. El *Rebaudiosido A* y el *Steviosido* son los dos glicósidos principales encontrados en la *S. rebaudiana* y son los derivados

predominantes utilizados como edulcorantes de alta potencia (Christaki y col., 2013; Shivanna y col., 2013).

En diversos análisis se ha encontrado que las hojas de plantas de *Stevia silvestre* contienen 0.3% de dulcósido, 0.6% de rebaudiosido C, 3.8% de rebaudiosido A y 9.1% de steviosido. Éstos compuestos son los responsables del sabor dulce que proporciona ésta planta; endulzantes naturales que no son metabolizados por los humanos, por lo tanto no proveen energía, es decir calorías. La *S. rebaudiana Bertoni*, la más dulce de todas las variedades, contiene en sus hojas todos los glucósidos mencionados, con el Steviosido siendo su principal componente (Goyal y col., 2010; Shivanna y col., 2013).

Estos compuestos son de 200 a 400 veces más dulces que la sacarosa y se utilizan como un endulzante libre de calorías (Christaki, 2013). No obstante su poder edulcorante, la *Stevia* aporta un resabio amargo, siendo el Steviósido y el Rebaudiósido A parcialmente responsables por el mencionado efecto (Goyal y col., 2010). Algunos estudios atribuyen este sabor amargo a la presencia de sesquiterpenos y diterpenos/alcaloides no identificados pero que están presentes en las hojas (Christaki, 2013).

El Steviosido, aislado en 1931, es muy estable a temperaturas mayores de 200°C y en un amplio rango de pH, no es fermentable y no favorece la formación de placa en los dientes. Se puede utilizar como estabilizador natural en una gran variedad de productos (Christaki, 2013; Goyal y col., 2010).

A pesar de los siglos de su uso, no existen todavía estudios clínicos exhaustivos en el uso de *Stevia* como suplemento. Se ha investigado el efecto en la tolerancia a la glucosa en voluntarios normales, a los que se les suministró un extracto acuoso de *Stevia rebaudiana* de 5g de las hojas, cada 6h por 3 días. Los resultados revelaron que el tratamiento con *Stevia* resultó en un aumento a la tolerancia a la glucosa y un

decremento en las concentraciones de glucosa en plasma sanguíneo (Goyal y col., 2010).

La información toxicológica disponible sobre Stevia es insuficiente para demostrar su seguridad como aditivo alimentario. Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados a éste edulcorante lo consideran como no tóxico, no mutagénico y no carcinógeno (Shivanna y col., 2013).

En Japon, los endulzantes artificiales han sido prohibidos desde hace 40 años, por lo que desde entonces la alternativa de uso ha sido la Stevia. Así, los japoneses han realizado cerca de 40,000 estudios clínicos concluyendo que la Stevia y el Steviosido son seguros como edulcorantes. La Stevia es recomendada tanto para diabéticos como para fenilcetonúricos, así como para personas con sobrepeso y obesidad que intentan perder peso (Goyal y col., 2010).

Stevia es seguro para diabéticos al no afectar los niveles de glucosa en sangre, no tiene los efectos neurológicos o renales que otros edulcorantes artificiales, tiene propiedades antibacteriales y antifúngicas (Goyal y col., 2010).

4.5 ALIMENTOS FUNCIONALES

La primera reseña histórica del uso de los alimentos funcionales viene de Japón donde en la década de los 80 y gracias a la ayuda del Gobierno de ese país se comenzó la investigación científica e innovación tecnológica, proponiéndose el término de “alimentos saludables para uso específico”, en inglés Foods for Special Health Use (FOSHU). Este concepto expone por primera vez la existencia de “alimentos con efecto específico sobre la salud” (Barbera, 2008).

La expansión de los alimentos funcionales fue inmediata y en los Estados Unidos, la empresa Kellogg's los popularizó, usando una declaración no autorizada sobre el efecto de la fibra en la salud en el etiquetado de sus productos. En 1997, solicitó a la Food and Drug Administration (FDA) autorización para utilizar una declaración de

efectos sobre la salud según la ley sobre etiquetado nutricional (Barbera, 2008; Martínez, 2008).

El papel de la FDA ha sido decisivo para que la industria y el público tengan un marco legal que verifique ante todo la seguridad alimentaria de los productos ofertados (Barbera, 2008).

4.5.1 Definición de alimento funcional

Si bien no existe una definición aceptada universalmente para los alimentos funcionales, aquellas generadas por organismos expertos poseen un denominador común: el beneficio para la salud más allá de los nutrientes que aportan y la capacidad de ser promotores de la misma (Millone, 2010).

Hasta la fecha el concepto de alimento funcional de mayor aceptación, es el emitido por el International Life Sciences Institute (ILSI) Europa en 1999 en el documento de consenso FUnctional FOod Science in Europe (FUFOSE); donde fueron definidos como “un alimento que demuestre satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de modo tal que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas” (Barbera, 2008; Millone, 2010). Según el ILSI, un alimento funcional puede ser:

- ✓ Un alimento natural, donde un componente se mejoró bajo condiciones especiales de cultivo.
- ✓ Un alimento al que se le ha agregado o eliminado un componente por alguna tecnología o biotecnología.
- ✓ Un alimento en el cual la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes ha sido modificada.
- ✓ Un alimento con un componente eliminado para que produzca menos efectos adversos sobre la salud.
- ✓ Un alimento en el que la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes se aumentó para mejorar su asimilación.
- ✓ Cualquier combinación de las anteriores posibilidades.

4.5.2 Clasificación de alimento funcional

4.5.2.1 Probiótico

El término probiótico define aquellos microorganismos vivos (bacterias o levaduras) que ingeridos en cantidades adecuadas producen un efecto beneficioso sobre la salud. Se encuentran en alimentos, especialmente en productos lácteos fermentados, siendo probablemente el yogur el más distribuido (Barbera, 2008).

Sin embargo, el yogur no es el único alimento funcional que contiene bacterias beneficiosas vivas. En el mercado hay diversos alimentos fermentados, por ejemplo, queso, avena, verduras y embutidos que también puede ser considerados probióticos (Barbera, 2008).

4.5.2.2 Prebiótico

Gibson y Roberfroid definieron a los prebióticos como ingredientes no digeribles de los alimentos que afectan beneficiosamente al huésped por una estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una cepa concreta o un limitado grupo de cepas bacterianas residentes en el colon, mejorando la salud del hospedero (Barbera, 2008).

4.5.3 Ingredientes funcionales

Dentro de los cuales se encuentran los siguientes

4.5.3.1 Fibra

Uno de los prebióticos más estudiados es la fibra. Su efecto se manifiesta sobre la microflora intestinal y ésta tiene una conexión importante con el sistema inmune del individuo (Barbera, 2008).

4.5.3.2 Fibra Dietética

Las primeras definiciones de fibra alimentaria la caracterizaban según su digestión en el aparato gastrointestinal (Figura 5) e incluían a la celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, gomas y mucílagos (Martinez, 2008).

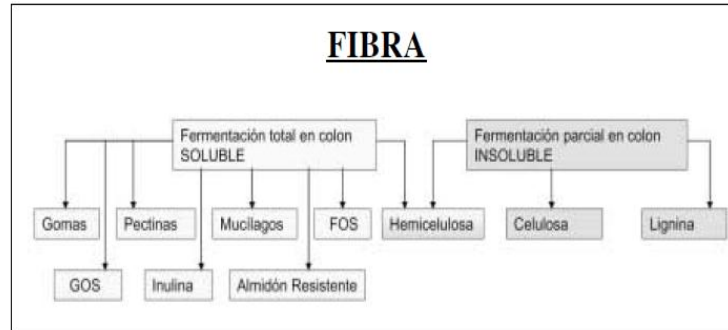


Figura 5 Clasificación de la fibra, según grado de fermentabilidad (Escudero, 2006)

Posteriormente, Burkitt y Trowell adoptan un término más amplio, debido a que diversos estudios epidemiológicos encuentran una correlación entre el consumo de determinados alimentos no digeribles y la disminución de ciertas patologías, como el estreñimiento, la obesidad, la diabetes, la enfermedad coronaria e incluso algunos tipos de cáncer. Esto llevó a los investigadores a proponer en 1976 el concepto de **fibra dietética**, como “el remanente de los componentes de la planta que son resistentes a la hidrólisis por las enzimas intestinales humanas”. Esta definición engloba tanto a los componentes de la pared celular del vegetal como a otros carbohidratos presentes en las plantas como las pectinas, las gomas y los mucílagos (Barbera, 2008).

En el año 2001, la *American Association of Cereal Chemist* propuso un nuevo concepto de fibra dietética, sinónima de fibra funcional; definiéndola como “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. Promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúan los niveles de colesterol en sangre y/o atenúan la glucosa en sangre” (Barbera, 2008).

Esta definición más reciente, incluye otros hidratos de carbono absorbibles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos y disacáridos como la lactulosa, como se ve en la Figura 6 (Escudero, 2006).

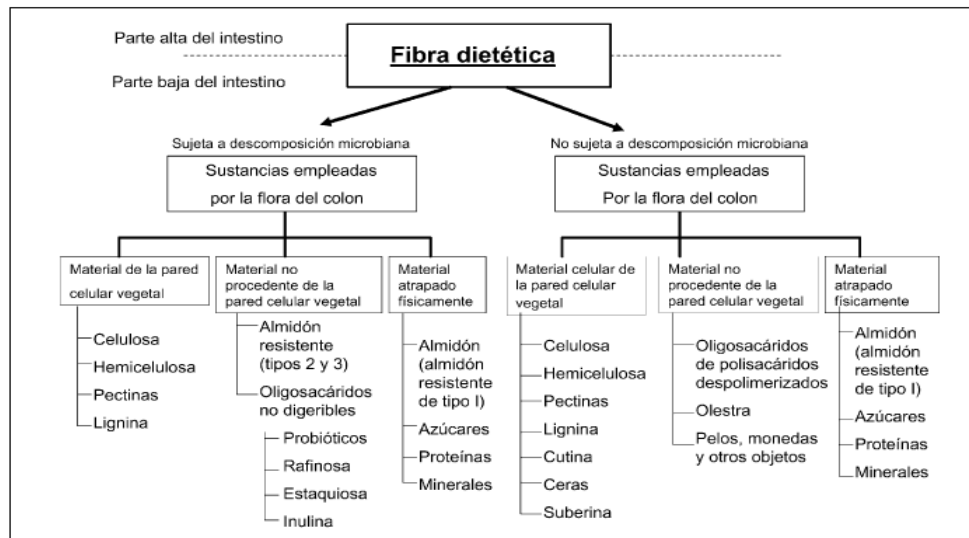


Figura 6 Clasificación de la fibra dietética (Escudero, 2006)

4.5.3.2.1 Propiedades de la fibra dietética

El consumo de fibra dietética se ha asociado con propiedades funcionales porque provee condiciones que favorecen la salud intestinal. Algunos efectos fisiológicos relevantes de la fibra son (Martínez, 2008):

- ✓ **Reducción de colesterol en plasma.** La fibra hidrosoluble reduce el colesterol plasmático del 5%-25% afectando lipoproteínas de baja densidad.
- ✓ **Modificación de la respuesta glucémica.** Ciertas fibras hidrosolubles reducen la respuesta glucémica e insulinémica postprandiales.
- ✓ **Cambios en la funcionalidad del intestino grueso.** Disminuye el tiempo de tránsito, aumenta el peso de las heces y modifica el sustrato disponible para la flora intestinal, previniendo ciertos tipos de cáncer de colon.
- ✓ **Cambios en la disponibilidad de nutrientes.** Afecta la actividad enzimática presente en la luz del intestino y modifica la digestión y absorción de proteínas, carbohidratos y grasas. La fibra hidrosoluble, especialmente la más viscosa, retrasa la velocidad de digestión y absorción de ciertos nutrientes, sin afectar a la cantidad total finalmente absorbida

Diferentes estudios epidemiológicos han confirmado la eficacia de la fibra dietética en el control de la obesidad; también han puesto de manifiesto el efecto beneficioso que el consumo de fibra puede tener sobre el metabolismo de la glucosa tanto en la población en general, como en personas con diabetes mellitus. El efecto que la fibra dietética ejerce sobre el control de la glucemia, conjuntamente con el resto de las acciones comentadas anteriormente, justificaría el importante papel que la suplementación de fibra puede tener en la prevención del denominado síndrome metabólico (Barbera, 2008)

La ingestión de fibra funcional puede multiplicar por diez la representación numérica de las bifidobacterias, en lo que se ha denominado *efecto prebiótico* (Escudero, 2006).

Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde ésta queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticarcinogénico. Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Escudero, 2006).

4.5.3.3 Inulina como ingrediente funcional

El uso de la inulina o sus derivados para cumplir funciones tecnológicas, simultáneamente aporta beneficios a la salud, el primero de ellos es su función de fibra dietética, con los efectos fisiológicos atribuibles a este tipo de compuestos, como son la disminución de los niveles lipídicos y glucosa en sangre y la acción laxante. Otro beneficio comprobado ligado al anterior, es la capacidad de la inulina de modular la flora intestinal, esto se debe a su efecto prebiótico (Madrigal, 2007).

La propiedad de la inulina más extensivamente estudiada es su comportamiento como prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo

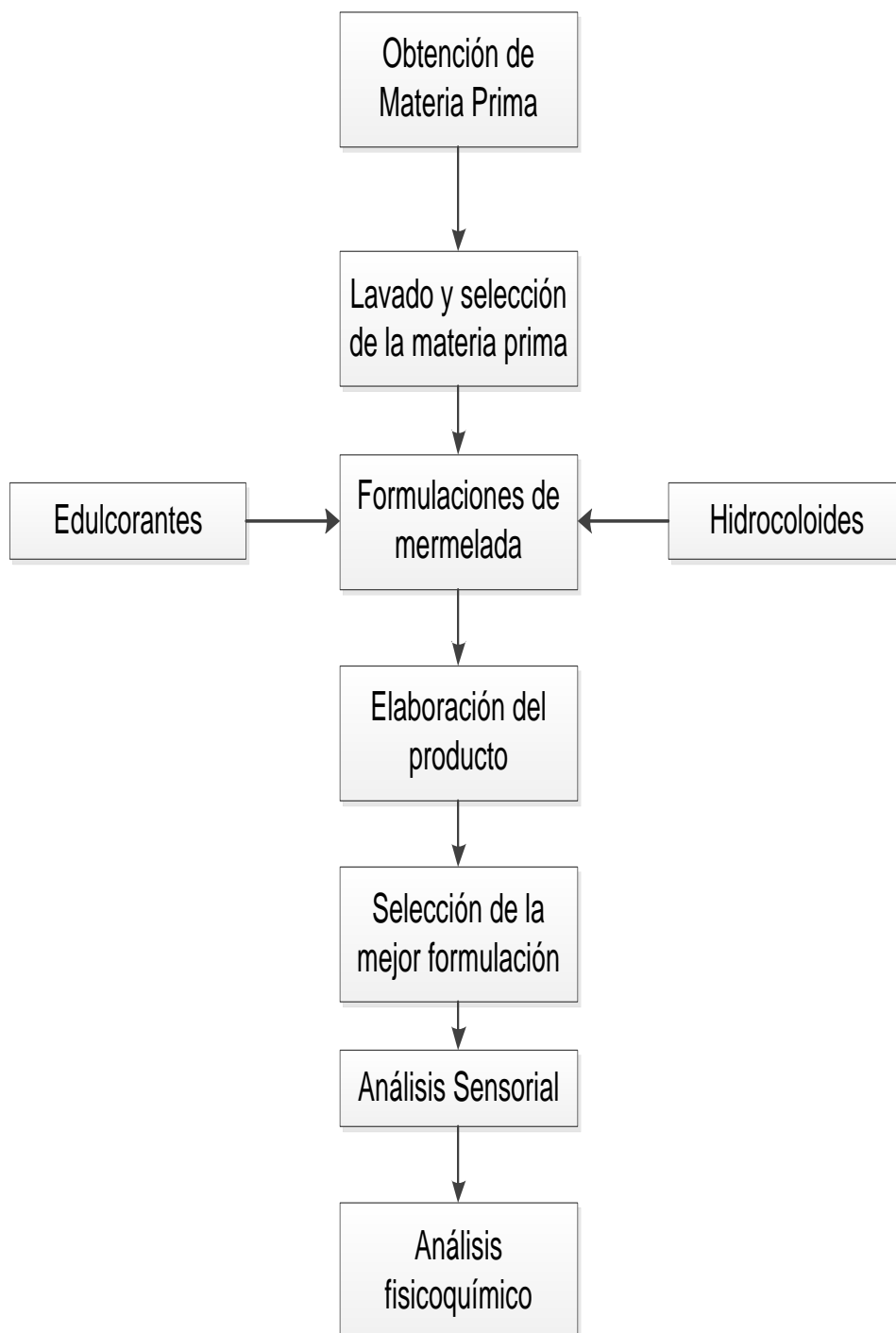
de bacterias en el colon (bifidobacterias y lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (ejemplo: *E. coli* y bacterias de la especie *Clostridium spp.*). Estudios *in vivo* muestran que sólo 4g de inulina diarios son efectivos para incrementar el número de bacterias beneficiosas en el colon. En la actualidad, la presencia de ciertas cantidades de inulina en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como “alimento funcional” (Madrigal, 2007).

Entre otras propiedades beneficiosas a la salud de la inulina, se mencionan: el refuerzo de las funciones inmunológicas (contra cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica (Madrigal, 2007).

Por su configuración química, la inulina no puede ser hidrolizada por las enzimas digestivas del hombre permaneciendo intacta en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero es hidrolizada y fermentada en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal. De ésta manera se comporta como fibra dietética aportando un valor calórico reducido (máximo 1,5 kcal/g) comparado con los carbohidratos digeribles (4 kcal/g). Solo los ácidos grasos de cadena corta obtenidos como producto metabólico de la actividad bacteriana en intestino grueso contribuyen a proveer energía al individuo (Madrigal, 2007).

La inulina y sus derivados fueron aceptados como ingredientes GRAS, *generalmente reconocido como seguro* por la FDA desde 1992, pudiendo ser utilizados sin restricciones en formulaciones alimenticias (Madrigal, 2007).

5 DIAGRAMA DE TRABAJO



6 MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales utilizados para la elaboración de la mermelada de limón fueron los siguientes:

- **Material biológico:** Limones con mediana madurez, en buen estado, sin magulladuras o contaminación evidente, de las variedades criollo, persa y eureka.
- **Aditivos:** Inulina, edulcorantes no calóricos y pectina.

Los materiales utilizados para el análisis fisicoquímico y sensorial fueron los siguientes:

- **Equipo de laboratorio:** El necesario para cada determinación.
- **Reactivos:** Los necesarios cada determinación.



Figura 7. Limón eureka en estado de madurez adecuado



Figura 8. Pectina, inulina y azúcar.

Tabla 4. Técnicas utilizadas para las determinaciones y sus referencias

Determinación	Técnica	Referencia.
Humedad	Calentamiento directo	NMX-F-083-1986,
Fibra dietética	Método enzimático gravimétrico	NOM-086-SSA1-1994
Fibra cruda	Método gravimétrico	NMX-F-090-S-1978
Azúcares totales y reductores	Método Lane-Eynon	NMX-F-312-1978
Acidez	Titulación	NMX-F-102-S-1978
pH	Potenciómetro	NMX-F-317-S-1978
Sólidos solubles	Refractometría	NMX-F-103-1982
Análisis sensorial	Escala hedónica	Anzaldúa, 1994

Nota: No se determinó extracto nitrogenado ni etéreo debido a que por formulación no se esperan resultados significativos de los mismos.

7 METODOLOGÍA

a. Formulación de mermelada de limón testigo

En la primera etapa se formuló una mermelada de limón testigo, con un contenido normal de azúcar, utilizando limón de las variedades *Citrus aurantifolia* (limón Criollo) y *Citrus latifolia* (limón Persa). Para su elaboración se siguió el procedimiento detallado en el diagrama de flujo general de la mermelada (Anexo 1).

b. Pruebas preliminares a la formulación de la mermelada reducida en azúcar

Se determinó trabajar con pectina e inulina como agentes gelificantes y espesantes. Para tener referencia de la proporción a utilizar se hicieron pruebas preliminares, con sólo agua, azúcar y pectina; para determinar la cantidad probablemente requerida de pectina. Las formulaciones fueron las siguientes:

- a) 4% pectina, 48% azúcar, 48% agua
- b) 10% pectina, 10% azúcar, 80% agua.
- c) 20% pectina, 10% azúcar, 70% agua

c. Formulación de la mermelada de limón baja en calorías

Del análisis de las consistencias obtenidas, en los blancos anteriores se obtuvo un marco de referencia para calcular las concentraciones. Se fijó la concentración de azúcar en 10% y la de inulina en 10% del peso de pulpa utilizada. Se trabajaron varias formulaciones, en desarrollo seriado, diferenciadas una de la otra por la concentración de pectina. Estas formulaciones se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Formulaciones estudiadas, con diferentes concentraciones de pectina.

FÓRMULA	PECTINA %	INULINA %	AZUCAR %
1.A	8%	--	10
1.B		10	
2.A	2.5	--	
2.B		10	
3	1		

En la elaboración de estas formulaciones, se adaptó el diagrama de flujo general para elaboración de mermelada con el objetivo de introducir los hidrocoloides, dando como resultado el incluido en el Anexo 2. La principal variable a controlar fue la temperatura, la cual se mantuvo menor a 70°C con el objetivo de preservar el contenido de vitamina C del limón y su contenido en flavonoides.

d. Selección de la variedad de limón y determinación del color.

Durante todo el estudio se trabajó con tres variedades de limón: *Citrus latifolia* (persa), *Citrus aurantifolia* (criollo), *Citrus limonum* (eureka). De las cuales las dos primeras producían una mermelada con color poco atractivo, por lo que se añadió colorante amarillo y colorante verde limón. Se aplicó una encuesta a 50 personas para saber su preferencia en color.

e. Elección del edulcorante utilizado

Una vez estandarizada la cantidad adecuada de pectina, se hicieron ensayos utilizando dos diferentes edulcorantes: Stevia y Sucralosa (Splenda®). Se probaron éstas formulaciones en grupos reducidos de jueces para elegir el edulcorante a utilizar.

f. Evaluación sensorial del producto estandarizado.

Se realizaron dos evaluaciones sensoriales de escala hedónica de 5 puntos en diferentes momentos.

La primera evaluación sensorial se realizó con la formulación 2, con limón Persa, colorante verde y Splenda; mientras que la segunda se realizó con la formulación 2, con limón Eureka y Stevia. Los grupos de prueba fueron jueces no entrenados, mayores a 20 posibles consumidores y con un rango de edades de 21 a 50 años. Las pruebas se llevaron a cabo en la Facultad de Ciencias Químicas de la BUAP.

Para determinar si existía diferencia entre los resultados de la primera y la segunda evaluación sensorial, se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico "Primer 5.0".

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

g. Determinación de humedad

Se utilizó el método oficial de la A.O.A.C, también descrito en la NMX-F-083-1986. Este método consiste en colocar una cantidad determinada de la muestra en recipientes previamente a peso constante y colocarla en una estufa a 90°C por 3 horas o hasta que alcance peso constante. El resultado se expresa en % de la muestra.

h. Determinación de azúcares totales y reductores

Se empleó el método volumétrico de Lane-Eynon, publicado en la NMX-F-312-1978; el cuál se basa en la determinación del volumen de una disolución de la muestra, que se requiere para reducir completamente un volumen conocido del reactivo alcalino de cobre. El punto final se determina por el uso de un indicador interno, azul de metileno, el cual es reducido a blanco de metileno por un exceso de azúcar reductor. Por medio de éste método se pueden determinar azúcares tanto reductores como totales.

i. Determinación de fibra dietética

Se empleó el método enzimático-gravimétrico, descrito en la NOM-086-SSA1-1994, que consiste en procesar muestras por duplicado del alimento seco y desgrasado las cuales son gelatinizadas con α -amilasa térmicamente estable, y luego digeridas enzimáticamente con proteasa.

A 1 g de muestra se agregó 50 mL de buffer fosfato pH 6. Posteriormente se adiciona 0.1 mL de α -amilasa, colocándose en baño maría a una temperatura de 95-100°C por 15 min. Una vez enfriada la solución a temperatura ambiente, se ajustó a pH 7.5 y se adicionaron 5 mg de proteasa, incubándose 30 min a 60°C con agitación continua. El pH final se ajustó entre 4.0 y 4.6. Se agregaron 280mL de etanol al 95% precalentado a 60°C y se dejó precipitar a temperatura ambiente por una hora.

El residuo se lavó tres veces con etanol al 78% y al 95% y acetona. El crisol con el residuo se secó en estufa de vacío a 70°C antes de analizar proteínas y cenizas, valores que fueron utilizados para corregir el porcentaje obtenido de fibra dietética.

j. Determinación de fibra cruda

Se empleó el método descrito en la NMX-F-090-S-1978, basado en el Método Oficial A.O.A.C. 978.10; de acuerdo con el cual una muestra fue calentada primero en ácido sulfúrico al 1.25% (0.25N) durante 30 minutos y posteriormente en NaOH al 3.52% por otros 30 minutos. Se filtró utilizando papel libre de cenizas y se lavó con agua caliente hasta eliminar el álcali, se continuó lavando con H₂SO₄ y nuevamente con agua. En la campana se lavó con alcohol etílico y después con éter etílico. La materia restante se secó a 110°C hasta peso constante y se incineró a 500°C volviéndose a pesar al final. El resultado se expresó en % de Fibra cruda de la muestra.

k. Determinación de la acidez titulable

Se empleó el método descrito en la NMX-F-102-S-1978, para productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Para esto se disolvieron 300 g de la muestra en 2000 mL de agua con temperatura entre 40 y 50°C. Posteriormente se filtró a través de algodón absorbente o papel de filtración rápida y el residuo se lavó con agua caliente. Se diluyeron 25 mL del filtrado frío en 50 ml de agua recién hervida, enfriada y neutralizada. Se introdujeron en la muestra los electrodos del potenciómetro, se agregó la solución 0.1N de NaOH hasta alcanzar un pH cercano a 6.0, se continuó agregando lentamente hasta alcanzar pH 7.0. La titulación se terminó agregando el hidróxido de sodio en porciones de 4 gotas a la vez hasta lograr un pH de 8.3.

Los resultados se expresaron en mililitros de solución 0.1N por cada 100 g o 100 ml de producto o bien en gramos del ácido predominante del producto.

l. Determinación de pH

El pH se determinó por el método establecido en la NMX-F-317-S-1978, basado en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro).

La muestra se preparó mezclando el producto para obtener una pasta uniforme y adicionando entre 10 y 20 ml de agua destilada recientemente hervida por cada 100 g

de producto. Para las mediciones de pH, la temperatura de la muestra fue 20°C y se sumergieron los electrodos del potenciómetro calibrado.

m. Determinación de sólidos solubles.

Para la determinación de sólidos solubles se utilizó un Refractómetro marca Atago N-3-E. La muestra se encontraba a 20°C.

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La formulación de mermelada de limón testigo correspondió a 350 g de sacarosa por cada 500 g de fruta utilizada (es decir 70% de azúcar en peso fresco); de la que se desprendieron dos variantes: (a) la primera utilizando el fruto completo (figura 9), de la cual destacaba el sabor amargo de la cáscara, por lo que se procedió a elaborar una segunda formulación (b) limón sin cáscara y con azúcar (figura 10).



Figura 9. Izquierda, mermelada de limón Criollo con cáscara. Derecha, mermelada de limón Persa con cáscara.



Figura 10. Izq. mermelada de limón Criollo s/n cáscara. Der. mermelada de limón Persa s/n cáscara.

De las formulaciones anteriores, se observó que aquella en la que se retiró por completo la cáscara (tanto albedo como flavedo) presentó un sabor ácido pero menos amargo en comparación con la que tenía la cáscara, la cual presentó un sabor amargo muy intenso e incluso desagradable. Este efecto se explica debido a que, la piel de los cítricos y la membrana blanca contienen altas cantidades de ingredientes activos como la hesperidina, narangina, naringenina y hesperetina (flavonoides con efectos antioxidantes); además de polisacáridos, ácidos orgánicos y aceites esenciales, la mayoría con sabores amargos, y cuya concentración varía de acuerdo a factores como especie, grado de madurez y zona de cultivo del fruto (Ronald, 2011).

El sabor fue determinante para elegir que en lo sucesivo se trabajara únicamente con la pulpa y el jugo de limón, pero también lo fue su apariencia ya que como se observa en las fotografías los trozos de cáscara son muy notorios además de dar un aspecto desagradable. Independientemente de esto, se observa que estas formulaciones presentan un color caramelo ocasionado por la mayor disponibilidad de azúcares para su caramelización.

Para la determinación de concentraciones de azúcar y pectina se realizaron pruebas sin fruta (Figura 11); observándose que de las tres formulaciones, la que presentó mejores características de textura fue la de 4% de pectina (a), sin embargo el contenido de azúcar de la misma era aún muy alto. La segunda mejor combinación fue (b) con 10% de pectina y 10% de azúcar, presentando un sabor ligeramente cítrico proveniente de la pectina, pero sobre todo una consistencia similar a las de las mermeladas comerciales. La tercera combinación (c) que contenía 20% de pectina y 10% de azúcar, además de presentar una consistencia más similar a la de la jalea, presentó también un sabor extraño proveniente del exceso de pectina.








Figura 11 Pruebas con pectina, azúcar y agua. De izq. A der, combinaciones a, b y c.

En base a estos resultados se determinó fijar la concentración de azúcar en 10%, suficientemente baja para que la mermelada sea considerada reducida en calorías.

En lo que respecta a la concentración de inulina, se probaron formulaciones sin inulina y otras con 10% para que la mermelada tuviera un aporte mínimo significativo de fibra dietética (prebiótico). Para fijar la concentración de pectina, se ensayaron varias

concentraciones. Todas las combinaciones están descritas brevemente a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Formulaciones elaboradas para la mermelada de limón baja en calorías.

FÓRMULA	OBSERVACIONES	FOTO
<p>1.A (8% Pectina, 10% azúcar)</p>	<p>Consistencia firme y poco untable. Más parecido a una jalea que a una mermelada.</p>	
<p>1.B (8% Pectina, 10% Inulina, 10% Azúcar)</p>	<p>La consistencia final del producto fue la más alejada a la de la mermelada, ya que era más parecida a la de un ate; es decir que no fue untable. Su rendimiento fue mayor.</p>	
<p>2.A (2.5% Pectina, 10% Azúcar)</p>	<p>Consistencia final fue suave y untuosa. En cuanto a sabor aún se percibía una nota de sabor ajena al limón y proveniente de la pectina.</p>	
<p>2.B (2.5% Pectina, 10% Inulina, 10% Azúcar)</p>	<p>Comparada con la formulación 2.A, la 2.B dio como resultado un producto más sólido y poco untable, muy parecido a una jalea.</p>	
<p>3 (1% Pectina, 10% Inulina, 10% Azúcar)</p>	<p>La consistencia obtenida es suave y untable, característica de las mermeladas. El sabor del limón no se ve alterado en esta formulación.</p>	

De las formulaciones anteriormente mencionadas, se observa en general que las fórmulas con inulina presentan no sólo una textura más firme en comparación con las

que carecen de la misma; sino que también presentan un mayor rendimiento debido al efecto de retención de agua de la misma. Se observa también que las concentraciones más altas de pectina aportan un sabor extraño a la formulación, mismo que es enmascarado ligeramente cuando es agregada la inulina.

Durante la preparación de las formulaciones se observó también que a mayor concentración de pectina, fue más difícil solubilizar la misma, formándose grumos los cuales fue difícil deshacerlos.

Dado que la inulina incorpora al producto no sólo sus propiedades tecnológicas, sino también sus propiedades funcionales por sus efectos benéficos en la salud, se determinó utilizarla al 10% dentro de la formulación (Formulación 3), gracias a lo cual la concentración de pectina fue reducida al mínimo (1%), logrando de ésta manera una consistencia adecuada similar a la de las mermeladas comerciales con alto contenido de azúcar.

Control de las variables del proceso

Con el objetivo de evitar en lo posible la desnaturalización de la vitamina C presente en el limón, la temperatura de procesamiento fue controlada y mantenida por debajo de los 70°C, impactando en dos aspectos importantes: el tiempo de procesado y el color del producto final. Al mantener una temperatura moderada, el tiempo de procesamiento aumentó siendo en promedio de 2.3 horas en lotes de 200g de pulpa procesada. Es conocido el hecho, que los flavonoides propios de los cítricos también sufren hidrólisis a temperaturas superiores a los 70°C, con lo cual se obtuvo la ventaja adicional de preservar los antioxidantes naturales del limón.

En cuanto al atributo color, se observó que la reducida cantidad de azúcares así como el control de la temperatura tuvieron como efecto un producto de color blanquecino y opaco para la mermelada de limón Criollo y de limón Persa. Cuando se hicieron pruebas con limón Eureka, con temperatura controlada, se obtuvieron mermeladas de color amarillo claro. Esta diferencia fue provocada por los pigmentos naturales del fruto diferentes entre variedades, siendo la pulpa del limón Eureka de por sí de un color amarillo claro.

Rendimientos

El rendimiento de las mermeladas fue variable y dependiente de la formulación, como se puede apreciar a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimientos de las formulaciones estudiadas

FÓRMULA	RENDIMIENTO PROMEDIO
0	74%
1.A	55%
1.B	64%
2.A	54%
2.B	61%
3	51%

Dentro de las fórmulas reducidas en azúcar, se observa un menor rendimiento en comparación con la formulación testigo, pero un mayor rendimiento de las fórmulas con pectina e inulina respecto de las fórmulas que contenían sólo pectina.

Entre las formulaciones reducidas en azúcar, el mayor rendimiento se dio en la Formulación 1.B (8% de pectina y 10% de inulina); sin embargo, ésta formulación fue descartada por no obtener la consistencia adecuada. El rendimiento de la formulación seleccionada (formulación 3) fue el menor de todos, y mucho menor respecto de la fórmula 0 (testigo), a pesar de aportar la consistencia buscada.

Los rendimientos anteriores fueron calculados en base a la pulpa, ya que del fruto fue separada la cáscara. En promedio por cada kilogramo de limón se obtuvieron 700 g de pulpa.

Vida en anaquel

En cuanto a la duración del producto en anaquel, a pesar de no haberse hecho un estudio de vida útil que incluyera un análisis microbiológico y fisicoquímico (por no

estar incluido dentro del alcance de la presente tesina); se observó que en las muestras que no tuvieron un manejo adecuado por haber sido sometidas a análisis sensoriales y constantemente expuestas al medio ambiente el promedio de vida de las mismas fue de 22 días. Posterior a éste periodo comenzaba a notarse crecimiento de hongos en la superficie; aunque hay que considerar que en el producto desarrollado no se utilizó aditivo alguno para su conservación, a diferencia de las mermeladas comerciales. Las muestras que se mantuvieron cerradas a temperatura ambiente y con mínima exposición al medio ambiente, tardaron 70 días antes de mostrar crecimiento de hongos. Las muestras conservadas en refrigeración no presentaron signos de crecimiento de hongos después de 4 meses, a pesar de haber sido sometidas también en varias ocasiones al medio ambiente.

Selección del edulcorante

La determinación del edulcorante se realizó después de obtenida la consistencia adecuada. Probando primero con Sucralosa (Splenda) en concentración de 2%. Se percibió que ésta aportaba un sabor amargo y metálico, debido al pH de la mermelada. Posteriormente se probó con Stevia, en una concentración de 2.25% resultando un dulzor similar al proporcionado por la sacarosa, y a pesar de aportar cierto sabor amargo al principio, éste se estabilizó y dejó de percibirse aproximadamente al tercer día de agregado.

Análisis sensorial.

Como se mencionó con anterioridad, las primeras muestras fueron sometidas a análisis de grupos pequeños ya que la problemática del limón presentada a principios del 2014 dificultó conseguir grandes cantidades de limón adecuado para la elaboración de las mermeladas.

La formulación 3 endulzada con Sucralosa al 2% fue sometida a evaluación sensorial por un grupo de 25 jueces con rango de edades entre 21 y 50 años. La variedad de limón utilizada en ésta evaluación fue limón Persa (*Citrus latifolia*). Debido al color poco atractivo de la mermelada en ésta variedad, se buscó añadir color a la muestra. Para decidir entre añadir colorante verde o amarillo, se aplicó una encuesta a 50 personas

de las cuales 33 dijeron preferir el color verde por asociarlo más con el color de la cascara de limón, aunque la opinión general era que se veía muy artificial. Por ello se buscó obtener un tono de verde claro mezclando el colorante verde con el amarillo para obtener un tono verde claro como se muestra en la figura 13.



Figura 12. Muestras de color verde y amarillo utilizadas en la encuesta a 50 personas.



Figura 13 Mermelada con el tono de verde sometido a evaluación sensorial de escala hedónica.

Tabla 8. Resultados de la primera evaluación sensorial realizada el 10/04/2013, en un grupo de 25 personas con edades entre 21 y 5 años.

	APARIENCIA	SABOR	COLOR	OLOR	TEXTURA	GLOBAL
PROMEDIO	3.76	3.68	4.04	3.08	3.92	3.70
DESVIACIÓN	0.76	0.97	0.92	1.23	0.84	0.59
VARIANZA	0.58	0.94	0.84	1.51	0.71	0.35

Los resultados obtenidos en la primera evaluación (Tabla 8), presentan promedios mayores a 3, lo que en general es aceptable. El atributo con la calificación más baja fue el olor. Los comentarios al respecto señalaban que los jueces percibieron un aroma “aceitoso”. Esto se debió a que al haber utilizado limón Persa, existe la posibilidad de haber encontrado aceites esenciales en la misma; ya que de acuerdo con bibliografía ésta variedad es la que mayor concentración contiene éstos e incluso su principal uso industrial es la obtención de dichos aceites (ASERCA, 1995).

En cuanto a sabor, los comentarios fueron sobre un fuerte sabor amargo, y al color la opinión general fue que el tono verde daba una sensación de “artificial”. Los demás atributos presentaron valores superiores a 3.5, que es el mínimo esperado para un producto sensorialmente aceptable.

Posterior a ésta evaluación se cambió la variedad utilizada por limón Eureka, observándose la ausencia del residuo aceitoso, una menor acidez y un color amarillo claro natural (Figura 14). También se cambió el edulcorante utilizándose en ésta ocasión Stevia al 2.2%, el cual se observó no deja resabio amargo en éste producto. La concentración requerida para endulzar con Stevia fue mayor que con Splenda; ya que es 600 veces más dulce que la azúcar, mientras que Stevia es sólo 400 veces más dulce que la azúcar.



Figura 14 Formulación final de mermelada elaborada con limón Eureka sin colorante.

La segunda evaluación sensorial se realizó a un grupo de 28 jueces, con un rango de edad entre 21 y 31 año. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de la segunda evaluación sensorial.

	APARIENCIA	SABOR	COLOR	OLOR	TEXTURA	GLOBAL
PROMEDIO	4.07	3.68	3.89	3.79	4.25	3.94
DESVIACIÓN	0.66	1.06	0.79	0.69	0.70	0.53
VARIANZA	0.44	1.12	0.62	0.47	0.49	0.28

En la segunda evaluación, los atributos de apariencia, olor y textura tuvieron mejores calificaciones, el de sabor se conservó igual y el de color disminuyó. Sin embargo, para determinar si existe una diferencia real entre ambas, se realizó un análisis de varianzas utilizando el programa estadístico “Primer 5.0” obteniéndose que no había diferencia significativa ($p > 0.05$) en ninguno de los parámetros evaluados en las dos evaluaciones sensoriales.

Análisis fisicoquímico

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico se resumen en la tabla 10. En la tabla 11 se realiza una comparación entre los valores obtenidos en la formulación 3 con los valores de una mermelada testigo

Tabla 10. Resultados del Análisis Fisicoquímico de la Formulación 3.

PARÁMETRO	RESULTADO
Humedad	51.61%
Fibra dietética	17% ^a
Fibra cruda	0.10%
Azúcares reductores directos	36.86%
Azúcares reductores totales	36.86%
Acidez	8.70%
pH	3.22
Sólidos solubles	44°Bx

a) Resultado obtenido por cálculo de acuerdo a la formulación.

Comparación entre los valores obtenidos en la formulación 3 y una mermelada testigo.

PARÁMETRO	FORMULACIÓN 3	MERMELADA NORMAL
Humedad	51.61%	31.09% ^a
Fibra dietética	17%	N.D.
Fibra cruda	0.10%	0.80% ^a
Azúcares reductores directos	36.86%	62.28% ^b
Azúcares reductores totales	36.86%	55.28% ^b
Acidez (En % de ácido cítrico)	8.70%	0.59% ^b
pH	3.22	3.28 ^b
Sólidos solubles	44°Bx	72°Bx ^c

a Valores de mermelada comercial de fresa.

b Valores de mermeladas comerciales de guayaba (López y col, 2000)

c Valor obtenido de la mermelada de limón testigo

De los resultados anteriores, se observa que la humedad en la mermelada de limón es mucho mayor que la mermelada comercial más común (de fresa), tomando en cuenta que para preparar la mermelada de limón, no sólo la cantidad de azúcar fue menor sino que se utilizó sólo pulpa y mayor contenido de jugo.

No se encontraron valores de referencia para comparar el contenido de fibra dietética, ya que no es un componente común en mermeladas comerciales, las cuales a pesar de ser elaboradas con frutas tienen mucho mayor contenido de azúcares; sin embargo, en la formulación de la mermelada de limón baja en calorías se incluyó un 10% de inulina sobre el peso en base húmeda. Posteriormente, la mermelada fue sometida a un tratamiento térmico que provocó la pérdida de agua, por lo que éste porcentaje se ve incrementado por la reducción de la mermelada. En cuanto al contenido de fibra cruda, el porcentaje obtenido en la mermelada de limón baja en calorías, fue menor que el contenido de fibra cruda de la mermelada comercial de fresa; pero hay que tener en cuenta que la segunda tiene el fruto casi intacto junto con su contenido de fibra,

mientras que al limón se retiró tanto albedo como flavedo, ocupándose principalmente jugo y pulpa.

El porcentaje de azúcares reductores fue en general mucho menor en la mermelada de limón baja en calorías, que en la mermelada normal. Esto debido al menor contenido de azúcar en la formulación. Esta característica hace que su contenido energético sea mucho menor en comparación con el de la mermelada normal.

El porcentaje de acidez titulable en ácido cítrico es mucho mayor en la mermelada de limón, debido a que al ser un cítrico la materia prima, el contenido de éste ácido fue mucho mayor que el de la guayaba, materia primera de la mermelada de comparación. Sin embargo, a pesar de la amplia diferencia, el pH no resultó muy diferente aunque si menor que en la mermelada de guayaba. Medrano (2008), menciona que el pH de las mermeladas debe situarse entre 3.25—3.75, por lo que el pH resultó ligeramente más bajo de lo requerido en las mermeladas, aunque debe tomarse en cuenta que este requerimiento de pH es para poder establecer la formación del gel y en este caso el gel se desarrolló buscando la combinación adecuada de los hidrocoloides.

El contenido de sólidos solubles fue mucho menor en la mermelada de limón baja en calorías, resultado esperado debido a la menor cantidad de azúcar agregada. De acuerdo con bibliografía (Medrano, 2008), las mermeladas deben tener un contenido de °Bx de 64 a 68 por lo que el producto elaborado claramente presenta menor contenido de azúcar.

Dado que el contenido de grasas y proteínas esperadas por la formulación fue mínimo, se descartó su determinación. Calculando en base a las pruebas de laboratorio realizadas, se calculó el contenido energético de la mermelada de limón baja en calorías en 22 Kcal por cucharada (15 g), contenido mucho menor que las 54 calorías que contiene una porción de mermelada comercial de fresa o de durazno (marca Great Value), razón por la cual se puede afirmar que sí se cumplió con el objetivo de que la mermelada desarrollada es reducida en calorías, toda vez que es posible aplicar este concepto cuando la reducción es mayor al 30% con respecto a las mermeladas comerciales.

9 CONCLUSIONES

- La mermelada de limón baja en calorías elaborada, es sensorialmente aceptable, ya que obtuvo calificaciones mayores a 3.5, en todos sus atributos.
- La mermelada de limón baja en calorías, tiene un menor aporte calórico en comparación con las mermeladas comerciales, ya que su contenido energético es 40% menor, lo que de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994 la ubica en la categoría de mermelada reducida en calorías.
- La incorporación de inulina en la fórmula además de aportar sus propiedades tecnológicas (como espesante y formador de geles), aporta fibra soluble cuyo consumo regular beneficia al consumidor.
- El porcentaje añadido de inulina califica a la mermelada de limón elaborada como producto prebiótico, ya que la fibra soluble propicia el desarrollo de las bacterias benéficas del tracto intestinal.
- El uso de variedades menos ácidas como limón Eureka es recomendable para evitar el sabor amargo; además de retirar por completo la cáscara para evitar dicho efecto.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Anzaldúa-Morales A. 1994. Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica Editorial Acribia, S.A, Zaragoza, España.
2. ASERCA. 1995. 'Limón Persa. Estudio del Mercado Mundial'. Technomanagement. Reingeniería y Administración. México. Págs 10-29.
3. Badui Dergal, Salvador. 2006. "Química de los Alimentos". 4a Edición. Pearson Educación de México. México. Págs. 29-59
4. Baraona, Marcia y Sancho B., Ellen. 2000. 'Citricos fruticultura especial 1a. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica. Págs 16-19.
5. Barbera M, J Manuel y Col. 2008. 'Alimentos Funcionales. Aproximación a una nueva alimentación'. Instituto de Nutrición y Trastornos Alimentarios. España.
6. Boatella Riera, Josep; Codony Salcedo, Rafael; López Alegret, Pedro. "Química y Bioquímica de los Alimentos II". Editorial Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. España, 2004. Págs 19, 107-120
7. Charley, Helen. 2009. 'Tecnología de alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos' Editorial Limusa. México. Pags 113-115, 186-187, 728-730.
8. COVECA. 2011. 'Monografía del Limón'. Gobierno del Estado de Veracruz. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. México. 36 p.
9. Christaki, Efterpi y col. 2013. 'Stevia rebaudiana as a novel source of food additives'. *Journal of food and Nutrition Research* 52, no 4 (Diciembre 2013): 195-202.

10. Durward, Smith. 2007. 'Jaleas de Frutas. Serie procesamiento de Alimentos para Empresarios'. Universidad de Nebraska. E.E. U.U. Pàgs 5
11. Escudero Alvarez, E. 2006. 'La fibra dietética'. *Nutrición Hospitalaria* (supl. 2), Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital de Fuenfría. Madrid. No. 21: 61-72
12. PRODUCE. 2012. 'Limón Mexicano' Fundación Produce de Guerrero, A. C. 26 p
13. García Schinkel, Cecilia. 2012. 'Metabolismo de los Edulcorantes No Calóricos'. *MedicLatina. Ginecología y Obstetricia de México* 80, no. 8: 488-489.
14. Geilfus, Frans. 1994. 'El árbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo rural'. Volumen 2. Enda-Caribe. Costa Rica. Págs 295-297.
15. Goyal, S.K., Samsher, y R.K. Goyal. 2010. 'Stevia (Stevia rebaudiana) a bio-sweetener: a review". *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 61, no. 1: 1-10. 11 págs.
16. <http://agr.unne.edu.ar/botanica/tema24/24-6fruto.htm> (Imagen web de limón)
17. López G, Ricardo y col. 2000. 'Evaluación fisicoquímica y microbiológica de tres mermeladas comerciales de guayaba (*Psidium guajava* L.)'. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. V. 50. No. 3. Venezuela. 10 p.
18. Madrigal, Lorena; Sagronis, Elba. 2007. 'La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales'. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 57. No. 4. Venezuela. Págs 387-398
19. Martínez, Jesús R. 2008, *Alimentación Funcional y Hábitos de vida Cardiosaludables, 'Salud Cardiovascular e ingredientes funcionales de la dieta'*, Universidad Complutense. España, pág 6-18

20. Medina, Santiago. 1998. 'El cultivo moderno del naranjo, limonero y otros agrios'. Editorial De Vecchi. España. 159 págs.
21. Medrano M, Alejandra y col. 2008. 'Propiedades fisicoquímicas y preferencia de los consumidores de leche condensada, mermelada y cajeta de marca líder y de centro comercial'. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango. México. 8 págs.
22. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2005. 'La competitividad de las cadenas productivas en Colombia'. Observatorio Arocadenas. Colombia. Pags 213-223.
23. Millone, MV y Olagnero, GF y Santana, EC. 2010. Alimentos funcionales: análisis de la recomendación en la práctica diaria', Universidad Maimónides. Argentina
24. NMX-F-083-1986. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. FOODS. MOISTURE IN FOOD PRODUCTS DETERMINATION. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS
25. NMX-F-090-S-1978. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS. FOODSTUFF DETERMINATION OF CRUDE FIBER. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
26. NMX-F-102-S-1978. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE EN PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE FRUTAS Y HORTALIZAS. NORMA MEXICANA. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
27. NMX-F-103-1982. ALIMENTOS. FRUTAS Y DERIVADOS. DETERMINACIÓN DE GRADOS BRIX. FOODS. FRUITS AND DERIVATIVES. DETERMINATION OF DEGREES BRIX. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

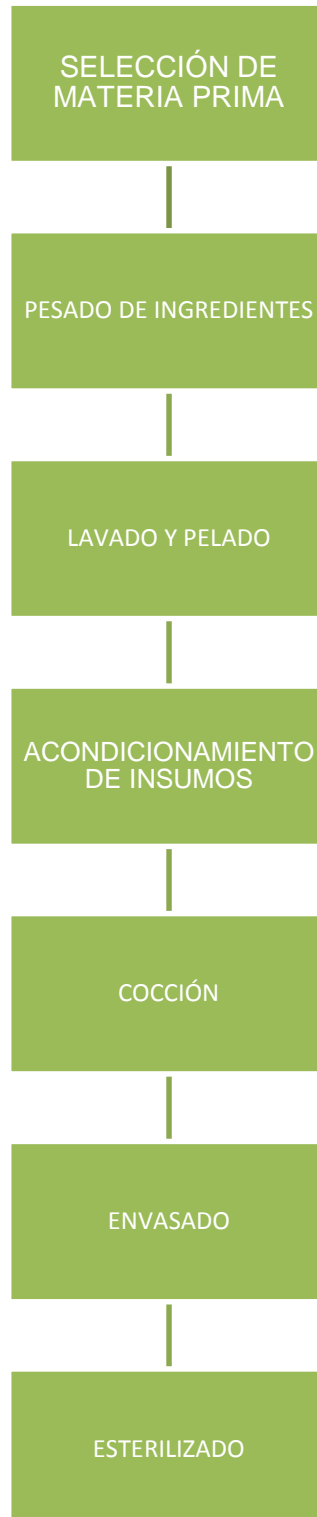
28. NMX-F-128-1982. ALIMENTOS PARA USO HUMANO. FRUTAS Y DERIVADOS. MERMELADA DE NARANJA. FOODS PRODUCTS FOR HUMAN USE. FRUITS AND DERIVATIVES. ORANGE MARMALADE. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS CODEX STAN 296-2009. NORMA DEL CODEX PARA LAS CONFITURAS, JALEAS Y MERMELADAS.
29. NMX-F-312-1978. DETERMINACIÓN DE REDUCTORES DIRECTOS Y TOTALES EN ALIMENTOS. METHOD OF TEST FOR TOTAL AND DIRECT REDUCING SUBSTANCES IN FOOD. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS
30. NMX-F-317-S-1978. DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS. DETERMINATION OF pH IN FOODS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
31. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHOLICAS CON MODIFICACIONES EN SU COMPOSICION. ESPECIFICACIONES NUTRIMENTALES
32. Pasquel, Antonio. 2001. Gomas: Una aproximación a la industria de alimentos. Revista Amazonica de investigación Alimentaria. Volumen 1. No. 1. Perú. Pag 1-8
33. Roderó, A.B; Batigália, F; Azoubel, R; Moura. 2010. 'Effects of sucralose ingestion on fetal and placental weights and umbilical-cord length; experimental study'. *Int. J. Morphol*, 28(J). Pp: 823-827.
34. Rodríguez Santillan, Victor E. 2006. 'Las gomas: excelencia en funcionalidad'. Industria Alimentaria. Alfa Editores Tecnicos. Pags 43-45
35. Ronald M, Albert. 2011. 'Frutoterapia: La fruta, el oro de mil colores'. Editorial EDAF. España. Págs 73-75.

36. Shivanna, Naveen y col. 2013. 'Antioxidant, anti-diabetic and renal protective properties of Stevia rebaudiana". MEDLINE. *Journal of Diabetes and Its Complications* 27, no. 2 (marzo 2013): 103-113.
37. Usca Tubon, Jorge Luis. 2011. 'Evaluación del potencial nutritivo de mermelada elaborada a base de remolacha (Beta bulgaris)' Facultad de Ciencias. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. Pàgs 1-40
38. Vargas G., Diana y col. 2008. 'Alimentos comunes, medidas caseras y porciones'. Editorial Mc. Graw Hill. Mexico. Pags. 36 y 37
39. Vilches Alvarez, Felipe. 2005. 'Formulación y elaboracion de un "snack" de arándano con incorporación de fibra dietética' Universidad de Chile. Chile. Págs. 11-13, 26
40. Villar, Luciano. 1998. El libro de las conservas. Editorial Integral. España. Págs 96.
41. Capdevilla, Juan. 1992. El gran Libro de las mermeladas y conservas. Editorial Planeta. España. Pp 7-13, 91- 103.
42. Warner, Deborah Jean. 2012. 'Empty Pleasures: The Story of Artificial Sweeteners from Saccharin to Splenda'. *American Historical Review* no. 1: *Academic OneFile*. E.E.U.U. Pp 249-251
43. Yeaguer, Selene. 2001. 'La guía médica de remedios alimenticios'. Segunda Edición. Editorial Rodeale. E.E.U.U. Págs 292-294.

11 ANEXOS

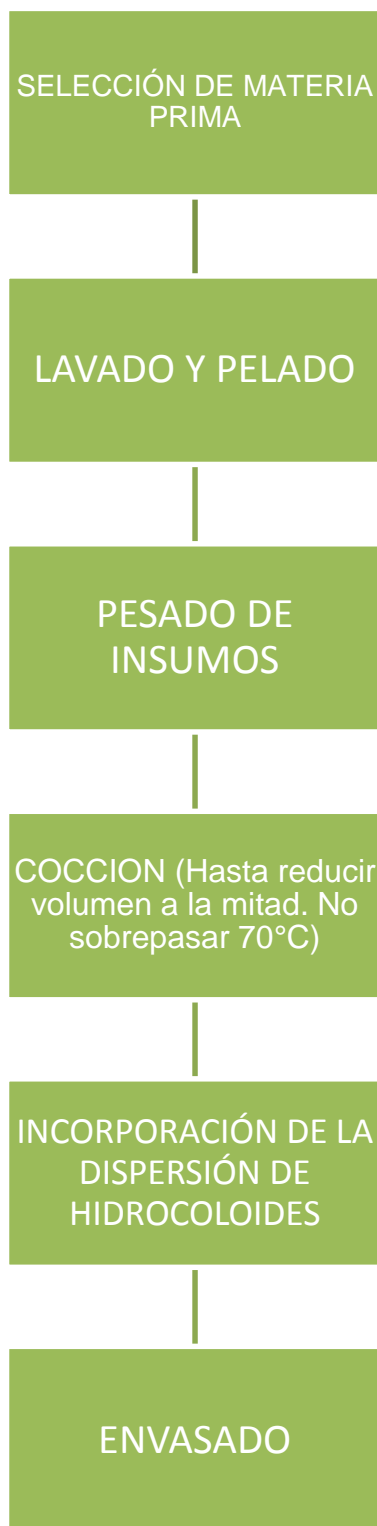
Anexo 1

Diagrama general para la elaboración de mermeladas



Anexo 2



Diagrama modificado para la elaboración de Mermelada de limón baja en calorías



Anexo 3

Formato de evaluación sensorial

**EVALUACION SENSORIAL
MERMELADA DE LIMON**

 PRODUCTO _____ 

Edad: _____ Sexo _____ Fecha _____

INSTRUCCIONES: Degustar cada muestra, anotando qué tanto le gusto o disgusto el producto, utilizando la escala hedónica (de 5 puntos) apropiada para mostrar su actitud, haciendo una anotación en el punto de la escala que mejor describe sus sensaciones.

	CALIFICACION	APARIENCIA	SABOR	COLOR	OLOR	TEXTURA
5	ME GUSTA MUCHO					
4	ME GUSTA LIGERAMENTE					
3	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA					
2	ME DISGUSTA LIGERAMENTE					
1	ME DISGUSTA MUCHO					

OBSERVACIONES: _____
