
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE QUÍMICO
FARMACOBIOLOGO

TESIS

“FIBRA DIETARIA EN GUAYABA (*Psidium guajava*)
ALAMACENADA EN FRIGORÍFICO”

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTADA POR:
LESLIE MALLELI BARRIGA TÉLLEZ

ASESORA:
M. C. BERENICE YAHUACA JUÁREZ

CO-ASESOR:
D.C. HÉCTOR EDUARDO MARTÍNEZ FLORES



MORELIA, MICHOACÁN, ENERO DEL 2008

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología “M. C. Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” y en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo bajo la asesoría de la M.C. Berenice Yahuaca Juárez y el D.C. Héctor Eduardo Martínez Flores.

Vive tu vida como si subieras una montaña. De vez en cuando mira hacia tu alrededor y admira las cosas bellas en el camino. Sube despacio, firme y disfruta cada momento hasta llegar a la cumbre.

Harold. V. Melchert

DEDICATORIAS

Con mucho cariño para mis padres: Lidia Téllez Naranjo y Calixto Barriga

Corona

Por su amor inquebrantable, por sus sabios consejos, por su apoyo incondicional, por su enorme paciencia, por su sacrificios, perseverancia y tantas cosas más.

Son mi ejemplo a seguir y a ustedes dedico este trabajo.

A mis hermanos Marco, Itzi e Iri por compartir conmigo Su amor, su apoyo, su alegría, sus tristezas, sus sueños y por escucharme siempre.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme lograr esta etapa en mi vida, por el infinito Amor que me muestra día con día, por ser la fuerza que me ayuda a seguir a pesar de los tropiezos y adversidades que la vida me presenta.

A mis padres por sus esfuerzos, por ser los pilares de mi vida, por inculcarme los valores del amor, amistad, honestidad, responsabilidad; por estar conmigo y por soportarme siempre.

A mis hermanos: Marco por apoyarme y escucharme, a Itzi por su enorme alegría y sentido del humor y a Iri por compartir conmigo sus sueños y su ternura.

A Mirthe por su apoyo y a mis sobrinitos Alexis y Nahomy por su cariño y ternura.

A mi tía Chela por su apoyo, por escucharme y por sus sabios consejos.

A mi abuela porque se que desde donde estas me mandas tus bendiciones y me acompañas siempre.

A Falles y Elba por todo su apoyo, por sus consejos, por admitirme en su casa. A Maye y Vianey por su cariño y por compartir tantas cosas conmigo.

A la Maestra Bere por permitirme entrar al laboratorio y darme la oportunidad de realizar este trabajo, por confiar en mí, por su cariño, por su enorme apoyo y por permitirme conocerla como amiga.

Al Doctor Héctor por todo su apoyo, amabilidad, confianza y por todas sus aportaciones que enriquecieron este trabajo.

A la Doctora Consuelo por todos sus conocimientos, su amabilidad, su confianza y su cariño.

A mis grandes amigas Celia, Martuchis, Tere, Aidee y Rosita. por su amistad inquebrantable, por las alegrías, tristezas y por tantos momentos que pasamos juntas; por permitirme conocer una verdadera amistad.

Un especial agradecimiento a Dianis y a Kari por todo su apoyo, su tiempo, su esfuerzo, su esmero y su amistad. Mil gracias!!

A Ricardo por su amistad, compañía, su confianza y sus consejos.

A mis otros compañeros de laboratorio Laura, Bere, Tsanda, Fer, Hexon por su afecto, amistad y por el tiempo que compartimos juntos. A Blanca y José Luis por su ayuda.

A mis compañeros de alimentos Vania, Fer e Iván por su amistad y compañía.

A las maestras Josefina y Angélica por aceptar ser parte de este trabajo.

A todos y cada uno de ustedes Mil Gracias!!

RESUMEN

La guayaba (*Psidium guajava*) es considerada dentro de los principales cultivos de México a nivel mundial y en el estado de Michoacán a nivel nacional. Dentro de los componentes nutricionales de este fruto destaca su contenido de vitamina C que supera en concentración comparándolo con otros cítricos, también contiene un alto contenido de Fibra Dietética la cual aumenta la masa fecal, la motilidad intestinal, el peso de las heces y reduce el riesgo de sufrir enfermedades gastrointestinales. Debido a la importancia que tiene el fruto en el estado y a sus propiedades nutricionales el objetivo de este trabajo fue Determinar el contenido de Fibra Dietaria en frutos de guayaba almacenada a temperatura ambiente y en frigorífico. Para realizar este estudio se adquirió fruto en estado de maduración verde. El fruto se dividió en dos lotes, un lote se almaceno a temperatura ambiente (20-25 °C) a tiempos de 0.3.6 y 9 días, el otro lote se almaceno a 8 °C con una humedad relativa de 80-85 % a tiempos de 0, 7, 14, 21 y 28 días. Enseguida a ambos lotes se les analizaron parámetros de Sólidos Solubles (porcentaje de °Brix), resistencia a la compresión mediante un texturometro, para determinar el estado de maduración. Posteriormente el fruto fue deshidratado en un estufa de secado después se molió para obtener un tamaño de partícula homogéneo. Por último partiendo la muestra deshidratada y molida del fruto de guayaba se realizaron las determinaciones de Fibra Dietaria (Fibra soluble y Fibra Insoluble) y Pectina. Los resultados obtenidos nos indicaron que a ambas temperaturas de almacenamiento el porcentaje de Sólidos Solubles es inversamente proporcional a la Textura y que los estados de maduración que cuentan con el mayor Porcentaje de Fibra Dietaria son el rayado y el verde.

Palabras clave: guayaba, almacenamiento, Fibra Dietética, Pectina.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Resumen _____	I
Índice General _____	II
Índice de Cuadros _____	V
Índice de Figuras _____	VI
I. INTRODUCCIÓN _____	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA _____	3
2.1 Alimentación y consumo de Fibra Dietética en la actualidad _____	3
2.2 Fibra Dietética _____	4
2.2.1 Definición de Fibra Dietética _____	4
2.2.2 Clasificación de la fibra dietética _____	5
2.2.3 Fibra soluble _____	5
2.2.3.1 Pectinas _____	6
2.2.3.2 β -glucano _____	9
2.2.3.3 Gomas _____	10
2.2.3.4 Inulina _____	10
2.2.4 Fibra insoluble _____	11
2.2.4.1 Celulosa _____	12
2.2.4.2 Hemicelulosa _____	12
2.2.3.4 Lignina _____	13
2.3 Efectos fisiológicos de la Fibra _____	14
2.3.1 Apetito _____	14
2.3.2 Control Lípidico _____	14
2.3.3 Control glucémico _____	14
2.3.4 Efectos sobre el intestino grueso _____	15
2.3.5 Efecto anticancerígeno _____	15
2.3.6 Efectos antiinflamatorios de la fibra _____	15
2.4 Recomendaciones sobre el consumo de Fibra _____	16
2.5 Importancia de los frutos como fuente de Fibra _____	17
2.6 Producción del fruto de guayaba _____	17
2.6.1 Producción Nacional y Estatal de guayaba _____	17
2.6.2 Características del fruto de guayaba (<i>Psidium guajava</i>) _____	19

2.6.2.1 Descripción del fruto	19
2.6.3 Composición química y nutricional del fruto	19
2.6.4 Propiedades medicinales	20
2.7 Cambios bioquímicos y fisicoquímicos en la maduración del fruto	21
2.7.1 Fenología del fruto	21
2.7.2 Maduración Sensorial	22
2.7.3 Manejo Poscosecha	23
III. OBJETIVO GENERAL	25
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
V. MATERIALES Y MÉTODOS	26
Diagrama General	26
5.1 Almacenamiento del fruto	27
5.2. Unidad Experimental	28
5.3 Determinación de Sólidos Solubles	28
5.4 Determinación de Textura	29
5.5 Obtención de la muestra para la determinación de Pectina y Fibra Dietaria	30
5.6 Determinación de Pectina	31
5.7 Determinación de Fibra Dietética	33
5.7.1 Digestión de la muestra	33
5.7.2 Determinación de Fibra soluble	35
5.7.3. Determinación Fibra Insoluble	35
5.8 Análisis estadístico de los resultados	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
6.1 Sólidos Solubles	37
6.1.1 Evaluación de los Sólidos Solubles a temperatura ambiente	37
6.1.2 Evaluación de los Sólidos Solubles a 8°C	38
6.2 Evaluación de Firmeza	39
6.2.1 Evaluación de Firmeza a temperatura ambiente	40
6.2.2 Evaluación de Firmeza a 8°C	40
6.3 Evaluación de Pectina	41
6.3.1 Evaluación de Pectina a temperatura ambiente	42
6.3.2 Evaluación de Pectina a 8°C	42
6.4. Evaluación de Fibra Dietética	43
6.4.1 Evaluación de Fibra Dietética a temperatura ambiente	44

6.4.2 Evaluación de la Fibra Dietética a 8 °C	44
6.5 Evaluación de la Fibra Soluble	45
6.5.1 Evaluación de Fibra Soluble a temperatura ambiente	45
6.5.2 Evaluación de Fibra Soluble a 8°C	46
6.6 Evaluación de Fibra Insoluble	47
6.6.1 Evaluación De Fibra Insoluble almacenada a temperatura ambiente	47
6.6.2. Evaluación de Fibra Insoluble almacenada a 8°C	47
6.7 Interacción de Sólidos Solubles, Pectina y Fibra Dietaria en el fruto almacenado a Temperatura ambiente	48
6.8 Interacción de Sólidos Solubles, Pectina y Fibra Dietaria en el fruto almacenado a 8 ° C	49
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	52
ANEXO I	57
ANEXO II	58

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición química de la guayaba _____	20
Cuadro 2. Tiempos de evaluaciones realizadas _____	28
Cuadro 3. Determinación de firmeza a temperatura ambiente _____	40
Cuadro 4. Determinación de firmeza a 8°C _____	41
Cuadro 5. Evaluación del porcentaje de Pectina a temperatura ambiente _____	42
Cuadro 6. Evaluación del porcentaje de Pectina a 8 °C _____	43
Cuadro 7. Evaluación del porcentaje de Fibra Dietética a temperatura ambiente ____	44
Cuadro 8. Evaluación del porcentaje de Fibra Dietética a 8 °C _____	45
Cuadro 9. Evaluación del porcentaje de Fibra Soluble a temperatura ambiente ____	46
Cuadro 10. Evaluación del porcentaje de Fibra Soluble a 8 °C _____	46
Cuadro 11. Evaluación del porcentaje de Fibra Insoluble a temperatura ambiente _	47
Cuadro 12. Evaluación del porcentaje de Fibra Insoluble a 8 °C _____	48
Cuadro 13. Interacción de los Sólidos Solubles, la Pectina y la Fibra Dietética en el fruto almacenado a temperatura ambiente _____	49
Cuadro 14. Interacción de los Sólidos Solubles, Pectina y Fibra Dietética en el fruto almacenado a 8 °C _____	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química de la Pectina _____	7
Figura 2. Despolimerización enzimática de la pectina _____	9
Figura 3. Estructura química del β -glucano _____	10
Figura 4. Estructura química de la inulina _____	11
Figura 5. Estructura química de la celulosa _____	12
Figura 6. Estructura química de la hemicelulosa _____	13
Figura 7. Estructura química de la lignina _____	13
Figura 8. Producción Nacional de guayaba _____	18
Figura 9. Producción Estatal _____	18
Figura 10. Fruto de guayaba _____	19
Figura 11. Guayaba en estado verde de maduración _____	27
Figura 12. Guayaba almacenada en frigorífico _____	27
Figura 13. Almacenamiento de guayaba a temperatura ambiente _____	27
Figura 14. Refractómetro ATAGO _____	28
Figura 15. Guayaba en trozos _____	29
Figura 16. Extractor Turmix _____	29
Figura 17. Texturometro TA-XT2t _____	30
Figura 18. Estufa de Secado Felisa _____	30
Figura 19. Guayaba deshidratada _____	30
Figura 20. Molino de cuchillas _____	30
Figura 21. Tamiz _____	31
Figura 22. Balanza analítica _____	31
Figura 23. Pectinas en reposo _____	32
Figura 24. Filtración de Pectinas _____	32
Figura 25. Peso de la muestra _____	33
Figura 26. Medición de pH en la muestra _____	33
Figura 27. Muestra en baño María _____	33
Figura 28. Muestra en digestión con Proteasa _____	34
Figura 29. Muestra en baño María _____	34
Figura 30. Muestra en desecador _____	34

Figura 31. Muestra en reposo _____	35
Figura 32. Lavado de la muestra de fibra soluble _____	35
Figura 33. Muestra de fibra insoluble en la estufa de secado _____	36
Figura 34. Porcentaje de Grados Brix a Temp. Ambiente _____	38
Figura 35. Porcentaje de Grados Brix a 8°C _____	38

I. INTRODUCCION

La alimentación proporciona al ser humano los elementos imprescindibles para mantener su vitalidad y garantizar el buen funcionamiento del organismo. Actualmente se sabe que una dieta adecuada puede prevenir subsecuentes enfermedades e incluso tratar un sin número de ellas (Nathan, 2005).

Desde el punto de vista de la alimentación humana, la fibra es probablemente un componente no esencial de la dieta. A pesar de ello, la fibra ha recibido una gran atención en las últimas décadas por los efectos benéficos que aporta a la salud (Rodríguez *et al.*, 2000). Burkitt y Trowell en 1972 enunciaron la hipótesis según la cual, la alta incidencia de algunas enfermedades en países desarrollados, comparada con países subdesarrollados, podría explicarse como consecuencia de la alta ingesta de fibra en las poblaciones de estos últimos países. En concreto, se ha encontrado una correlación negativa entre la ingestión de fibra dietética y la incidencia de enfermedad diverticular, cáncer de colon y recto, apendicitis, varices, hemorroides, enfermedades coronarias, cálculos renales y diabetes (Trowell, 1972).

El término “fibra dietética” incluye todos los polisacáridos ingeridos en la dieta y que no pueden ser digeridos por las enzimas secretadas por el ser humano. Por su solubilidad en el agua la fibra puede dividirse en fibra soluble y fibra insoluble (Lunn *et al.*; 2007).

La fibra soluble atrae el agua y se convierte en gel durante la digestión. Esto retarda la digestión y la rapidez con la que los nutrientes se absorben en el intestino. Estudios científicos indican que la fibra soluble de alguna manera disminuye la absorción de glucosa en el intestino delgado mientras que la fibra insoluble aumenta la rapidez del tránsito fecal y además aumenta la masa fecal (Watanabe *et al.*, 1979).

La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas. Estos polímeros no se encuentran de manera natural en los alimentos de origen animal, siendo exclusivos de los vegetales. La composición de dichas fibras es variada en los distintos vegetales y depende de diversos factores, entre los que destaca la madurez del producto (Baudi, 2006).

Las frutas y verduras son ricas en vitaminas, minerales, hidratos de carbono complejos con fibra vegetal, y además contienen cantidades mínimas de grasas insaturadas careciendo de colesterol, presentan un bajo contenido calórico y sodio (Cervera, 2004).

En diversos estudios realizados a lo largo del tiempo en diferentes poblaciones, se ha encontrado una alta correlación entre el elevado consumo de frutas y verduras y la baja incidencia de enfermedades cardiovasculares (WHO, 1995).

La guayaba es un fruto con alto contenido nutricional ya que aporta vitamina A, vitamina B₃, vitamina C, Riboflavina, Tiamina, Niacina, calcio y hierro. También posee un alto contenido de fibra dietaria (Fibra Insoluble y Fibra Soluble de la cual se encuentra en mayor cantidad la Pectina). El mejor estado de madurez en cuanto al contenido de fibra dietética es el verde y el rayado debido a que la actividad de la amilasa empieza a desarrollarse conforme avanza la maduración del fruto desdoblado el almidón y liberando azúcares incrementado así el contenido de azúcares totales y reductores y disminuyendo la cantidad de fibra dietaria encontrada en el fruto (Marín y Laguado, 2004).

En frutas y verduras, las sustancias pécticas constituyen un factor determinante de la textura y firmeza, y por tanto de la calidad del producto. De hecho, el ablandamiento característico del fruto de guayaba al alcanzar la madurez se debe al aumento de las enzimas pectinolíticas, que está controlado fisiológicamente por la planta. Debido a esto el contenido de pectina es mayor en frutos verdes que en los frutos maduros (Rodríguez, *et al* 2005).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALIMENTACIÓN Y CONSUMO DE FIBRA DIETÉTICA EN LA ACTUALIDAD.

El hombre actual presenta características genéticas similares a las de sus antepasados. Sin embargo, en los últimos 40 años, especialmente la población occidental, ha cambiado radicalmente sus hábitos alimenticios. Mientras nuestra dieta era entonces rica en frutas y verduras, actualmente predominan las proteínas y grasas de origen animal. Este cambio ha constituido la base epidemiológica para relacionar numerosas enfermedades metabólicas del aparato digestivo y cardiovascular (Maté *et al.*, 1996).

El grupo de las frutas contiene carbohidratos simples, principalmente fructosa además de glucosa y sacarosa, su riqueza vitamínica es una de sus principales características (aportan vitamina C, provitamina A, β -carotenos) y son alimentos ricos en minerales como el potasio, magnesio, fierro y calcio. Las pectinas y hemicelulosas son componentes de la fibra vegetal que con mayor frecuencia se hallan en la parte comestible. El valor calórico de las frutas está determinado, en general, por su concentración de azúcares, oscilando entre 35 y 45 kcal por cada 100 g (Cervera *et al.*, 2004).

Las verduras son vegetales cuyo contenido en carbohidratos es, generalmente, menor que el de las frutas. Su contenido en proteínas y lípidos es de alrededor del 1%. Debido a la clorofila, las verduras son ricas en magnesio, la mayor parte de ellas contienen mas potasio que sodio y algunas aportan una pequeña cantidad de hierro e incluso pueden contener calcio. Respecto a su contenido en vitaminas aportan provitamina A, vitamina C, ácido fólico y otras vitaminas del grupo B. La celulosa, hemicelulosa y lignina están ampliamente representadas en estos alimentos, razón por la cual se recomienda su consumo habitual (Cervera *et al.*, 2004).

Según la Food and Drug Administration (FDA), el consumo de fibra por persona al día debe ser de 25-35 gramos/día. Rutishauser (1985) estima que el consumo de fibra dietaria para México es de 47 gramos/persona/día. Pero según Brigh-See y Mc Keown-Eyssen (1984), nuestro consumo promedio es de 39.9 gramos/persona/día, tomando en cuenta que nuestra dieta contempla al maíz como base. En un estudio realizado por Miranda (2000) se encontró que la ingesta de fibra es de 38.03 gramos/persona/día: siendo menor el consumo en la población urbana (25.71 gramos/día) respecto a la rural (45.22 gramos/día). Para países africanos se reporta un consumo de entre 130 y 150 gramos de fibra dietaria/persona/día. En estos países la incidencia de diverticulosis, infarto al miocardio y litiasis es mas baja.

2.2 FIBRA DIETÉTICA

2.2.1 Definición de fibra dietética

El término “fibra dietética” fue usado por primera vez por Hipsley (1953), para describir a los componentes de la pared celular de los vegetales que no son digeridos por humanos.

Trowell (1972) describió la fibra dietética como “un conjunto de macromoléculas de origen vegetal no digeribles por las enzimas digestivas del hombre”. Este mismo autor revisó más tarde su propia definición afirmando que: “Son los polisacáridos y la lignina de las plantas que no pueden ser digeridos por las enzimas digestivas humanas”

El doctor Cumming (1987) uno de los grandes expertos en fibra, dio la definición que con más seguridad se acerca a los conocimientos actuales: “El citoesqueleto de los vegetales es lo que podemos denominar fibra dietética; una sustancia aparentemente inerte que puede ser fermentada por algunas bacterias, pero no desdoblada por las enzimas digestivas, por lo que resulta inabsorbible.”

Actualmente, existe una definición más exacta desarrollada por la American Association of Cereal Chemists (AACC, 2001), quien ha puesto al día una clasificación más amplia de la fibra dietética abarcando una caracterización completa de sus componentes, así como los efectos que esta produce en el organismo humano. La definición es la siguiente: “La fibra dietética es la parte comestible de vegetales y carbohidratos análogos, que son resistentes a la absorción y digestión en el intestino delgado humano, con una parcial o completa fermentación en el intestino delgado grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a los vegetales. La fibra dietética promueve efectos fisiológicos benéficos al ser humano tales como poder laxativo, disminución del colesterol en la sangre, disminución de la glucosa sanguínea, entre otros”.

2.2.2 Clasificación de la fibra dietética

La Fibra dietética incluye muchos componentes, los cuales son clasificados de acuerdo a su solubilidad parcial en agua y en el sistema digestivo humano. La fibra dietética se divide en fibra soluble y fibra insoluble, las cuales tienen características químicas diferentes y muestran efectos fisiológicos distintos basados en estas propiedades. En realidad no es una solubilización total, sino una hidratación parcial de las fibras en agua. La fibra dietética se refiere entonces a la cantidad de fibra dietética soluble más la insoluble (Tapia, 2006).

2.2.3 Fibra soluble

La fibra dietética soluble es aquella que es degradada por las enzimas típicas del sistema digestivo humano, es altamente fermentable por la microflora colónica y se asocia con el metabolismo de lípidos; este proceso da lugar, entre otros productos, a los ácidos grasos de cadena corta.

La fibra soluble es viscosa y se encuentra fundamentalmente en frutas, legumbres y cereales como la cebada y la avena. Su alta viscosidad es importante por el papel fisiológico que desempeña. La fibra soluble incluye pectinas, β -glucanos, gomas, inulina y mucílagos.

Los mecanismos por los cuales la fibra soluble interviene en los procesos de absorción de glucosa y lípidos en el tracto gastrointestinal son la prolongación y retraso del vaciado gástrico, así como el retardo en la absorción de nutrientes debido a su capacidad de hidratación, ya que la captación de agua de la fibra soluble da lugar a la formación de un gel viscoso, que atrapa estos componentes dentro de la estructura física de la fibra; la acción combinada de estos mecanismos posibilita e interfiere en la unión de lipasa-grasa provocando una menor absorción de lípidos (López *et al.*, 1997).

Los efectos fisiológicos más importantes de los ácidos grasos de cadena corta consisten en estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente a nivel de colon ascendente y potenciar en el colon la absorción de cationes divalentes (García *et al.*, 2002).

La fibra dietética soluble reduce el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, decrece la hiperinsulinemia, disminuye las concentraciones de lípidos en plasma en pacientes con diabetes tipo II e inflamación intestinal entre otros (Rubio, 2002 y Moure *et al.*, 2004).

2.2.3.1 Pectinas

Las sustancias pécticas ó pectinas comprenden un extenso grupo de heteropolisacáridos vegetales cuya estructura está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico, unidas entre si por enlaces glucosídicos α -D-(1,4), en el cual alguno de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal. Las pectinas se encuentran asociadas con otros hidratos de carbono, principalmente con hemicelulosas en las paredes celulares de los vegetales, y son responsables de la firmeza de algunos productos. La disolución de los componentes de dicha pared celular, sobre todo de las pectinas, se ha relacionado con el ablandamiento de diversos alimentos (Baudi, 2006).

Se pueden distinguir dos clases principales de sustancias pécticas: los ácidos pectínicos, que tienen una pequeña porción de sus ácidos poligalacturónicos como ésteres metílicos, y los ácidos pécticos, que sólo contienen moléculas de ácido poligalacturónico libre de esterificación. Por definición, las pectinas son ácidos pectínicos con diferentes grados de esterificación y neutralización, que pueden contener de 200 a 1000 unidades de ácido galacturónico. Existen otros compuestos de este tipo, las protopectinas, altamente esterificadas con metanol y muy insolubles en agua, que se encuentran en los tejidos inmaduros de los frutos y son responsables de su textura rígida; sin embargo, la acción de la enzima propectinasa hace que se conviertan en pectinas solubles o ácido pectínico, en un proceso que ocurre durante la maduración y que trae consigo el ablandamiento del fruto (Rodríguez *et al* , 2005).

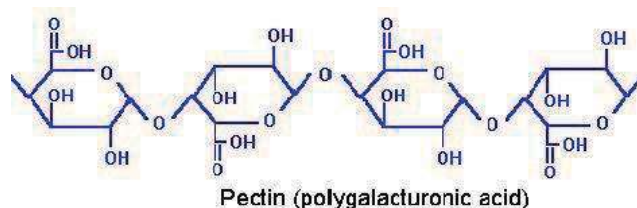


Figura 1. Estructura química de la Pectina

Fuente: <http://www.food-info.net/images/pectin.jpg>

Las pectinas son importantes, están en mayor cantidad en frutos inmaduros y especialmente en algunos tejidos suaves, como en la cáscara de los cítricos. Aún dentro del propio vegetal existe una distribución de las pectinas; las más esterificadas están en la parte más interna, y las menos esterificadas en la periferia (Baudi, 2006)

Las pectinas desempeñan un papel importante en la industrialización de las frutas, como la elaboración de jaleas (manufacturadas con pectinas de bajo grado de esterificación), gelatinas (con pectinas de alta esterificación) o geles similares y, sobre todo, en lo relacionado con la elaboración de bebidas.

En el caso de las pectinas de baja esterificación se requiere la presencia de iones calcio y de un pH de 2.8 a 6.5, ya que en estas condiciones los carboxilos se encuentran ionizados y pueden establecer uniones iónicas con otras moléculas de pectina mediante el Ca^{2+} ; de esta manera se crea la estructura básica del gel, en la cual, a su vez, los hidroxilos de los residuos del ácido galacturónico retienen agua por medio de puentes de hidrógeno. Para su gelificación no se necesita sacarosa, aun cuando una pequeña cantidad ayuda a proporcionar mayor rigidez, puesto que favorece la interacción carboxilo-calcio. Este tipo de pectina es útil en la elaboración de postres y otros productos con textura de gel.

Como se mencionó anteriormente, el ablandamiento de las frutas se puede prevenir añadiendo sales de calcio, con lo cual se producen pectatos de calcio que incrementan la rigidez de la pared celular, haciendo el tejido más resistente tanto a los agentes físicos, como a los enzimáticos. En ocasiones se practica la adición de sales de calcio a las frutas sobremaduras que van a ser sometidas a un tratamiento térmico drástico, para que resistan el efecto de las altas temperaturas.

Por su parte, las pectinas de alto metoxilo gelifican en un rango de pH 2.0 a 3.5 y con un 60 a 65% de sacarosa. Los carboxilos se encuentran protonados y crean puentes de hidrógeno entre sí o con los hidroxilos de una molécula vecina de pectina o del disacárido. La adición del azúcar ejerce un efecto deshidratante sobre los polímeros, lo que ocasiona que se favorezcan las interacciones polisacárido-polisacárido de manera hidrófoba, creándose una estructura tridimensional que rodea las moléculas de sacarosa altamente hidratadas.

La degradación enzimática de pectinas puede hacerse esencialmente con tres tipos de enzimas diferentes: las poligalacturonasas, la pectatoliasas y las pectinesterasas. Las poligalacturonasas rompen los enlaces glucosídicos $\alpha(1-4)$ mediante hidrólisis, formándose dos moléculas similares a la original aunque

de menor tamaño debido a la aparición de un nuevo residuo Terminal reductor. Las pectatoliasas rompen también enlaces $\alpha(1-4)$ pero mediante un mecanismo de β -eliminación que genera un Δ -4,5 urónido insaturado. Para los dos tipos se han encontrado endo y exo-enzimas (Fig. 2). Las pectinesterasas rompen el enlace éster, reduciendo así el grado de metilación. Por tanto no son enzimas pectinolíticas en sentido estricto, pero su acción facilita el ataque posterior de otras enzimas (Rodríguez *et al.*, 2005).

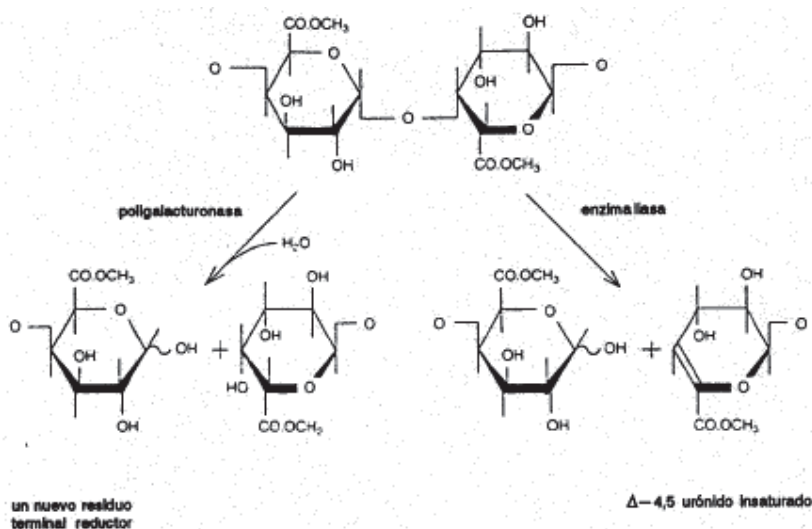


Figura 2. Despolimerización enzimática de la pectina

Fuente: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPXIV.pdf>

Si bien las pectinas se encuentran en todas las plantas, los cítricos, las manzanas, el membrillo y el tejocote son especialmente ricos en pectinas. También las contienen las hojuelas del salvado, la cebada y las legumbres. (<http://www.fibra-salud.com>)

2.2.3.2 β -glucano

La forma soluble de la fibra conocida como β -glucano es un polímero de glucosa con enlaces glucosídicos mixtos β -1-3 y β -1-4. Los β -glucanos a menudo se refieren como gomas o mucílagos debido a su alta capacidad de hidratación. La principal fuente de los β -glucanos es la cebada y la avena.

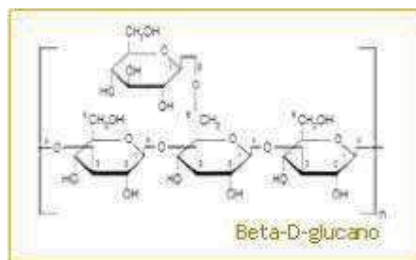


Figura 3. Estructura química del β -glucano

Fuente: <http://www.hifasdaterra.com/imaxes/formula-betaglucanos2.jpg>

2.2.3.3 Gomas

En sus orígenes, este término se refería a los productos de la exudación de algunas plantas y árboles; sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido a un grupo amplio de polisacáridos de alto peso molecular, que tienen la capacidad de actuar como espesantes y gelificantes y que presentan además algunas propiedades funcionales como emulsificación. Entre las mas conocidas se encuentran la gomas de tragacanto, goma alerce, guar, karaya, arábica y la goma gaitti. La característica más importante de las gomas se basa en la capacidad que tienen para interactuar con el agua, de manera que, en concentraciones bajas, producen soluciones viscosas, y cuando éstas se incrementan llegan incluso a establecer geles (Lian *et al.*, 2000).

2.2.3.4 Inulina

La inulina es un polímero lineal de fructosa que no contiene cadenas laterales, ni tampoco grupos de ácidos urónicos: por consiguiente es diferente a las gomas descritas anteriormente. El grado de polimerización de la cadena de la inulina puede variar de 20 a 60 monómeros de fructosa. (Nelson, 2001).

Como la inulina, también los fructooligosacáridos (FOS) son polímeros lineales de fructosa, contienen alrededor de 10 unidades de fructosa, por consecuencia los FOS se pueden considerar como una subcategoría de la inulina. Los FOS son oligosacáridos naturales que contienen fructosa y se encuentran en plantas como la achicoria (raíz), las dalias, cebollas, ajos, espárrago, plátano y alcachofas, entre muchos otros (<http://www.chemedia.com/frutooli.htm>).

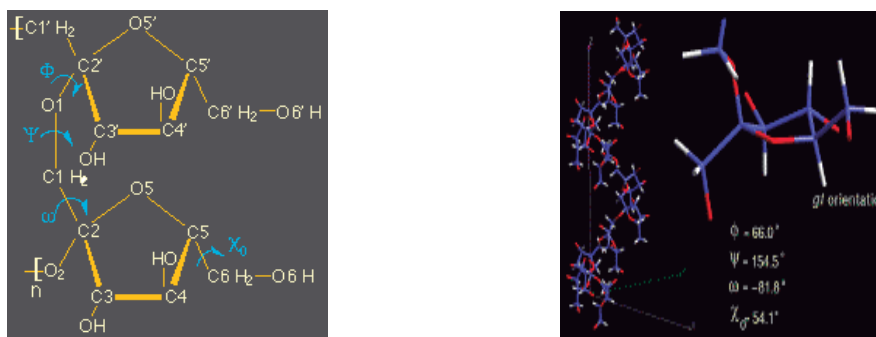


Figura 4. Estructura química de la inulina
Fuente: <http://www.chemedia.com/frutooli.htm>

2.2.3.5 Mucílagos

Son polisacáridos poco ramificados que no forman parte de las paredes de las células vegetales, sino que se encuentran en el interior de semillas y algas. De hecho, se pueden considerar como hemicelulosas neutras (es decir, pobres en ácidos urónicos), pero no se les llama así para remarcar que no son polisacáridos estructurales (<http://www.zonadesalud.org>).

Las principales fuentes de mucílagos son las malvas (*Malva sylvestris*), el malvavisco (*Althaea officinalis*), la zaragatona (*Plantago psyllium*) y el llantén (*Plantago ovata*) (Whistler *et al.*, 1999).

2.2.4 Fibra insoluble

La fibra insoluble, no se digiere en el intestino delgado, y es parcialmente fermentada por acción de las bacterias colónicas, por lo que se excretan prácticamente íntegras en las heces. Por este motivo y por su capacidad para retener agua, aumentan la masa fecal, la motilidad intestinal y el peso de las heces (García *et al.*, 2002).

La fracción insoluble esta relacionada con un incremento de la materia fecal, reducción del cáncer de colon ya que se considera que la fracción insoluble es más efectiva adsorbiendo sustancias carcinógenas (Moure *et al.*, 2002).

Las fuentes más importantes de este tipo de fibra son los cereales integrales, el centeno y los productos derivados del arroz. Dentro de la fibra insoluble se incluyen la celulosa, hemicelulosa y lignina.

2.2.4.1 Celulosa

La celulosa es el compuesto orgánico de mayor presencia en la Tierra, y por tanto el carbohidrato más abundante. La razón de ello es que es el componente mayoritario de las paredes celulares de las plantas superiores. La celulosa es un homopolímero de alto peso molecular, lineal e insoluble de unidades de D-glucosa (300-15000 unidades) unidas por enlaces glicosídicos $\beta(1-4)$. Debido a su linearidad y a su naturaleza estereorregular, las moléculas de celulosa se asocian entre sí a lo largo de grandes regiones, formando haces de fibrillas policristalinas. Las regiones cristalinas se mantienen juntas por un gran número de puentes de hidrógeno (Fennema, 2000; y Mathews *et al.*, 2000).

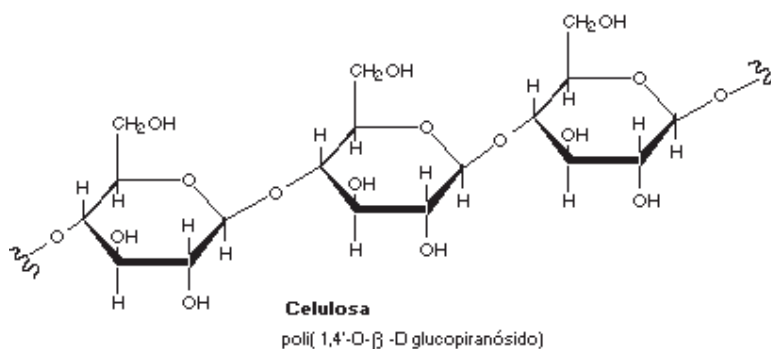


Figura 5. Estructura química de la celulosa

Fuente: <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/macromoleculas/celulosa.gif>

2.2.4.2 Hemicelulosa

La estructura de la hemicelulosa es más compleja y variada que la de la celulosa. Son polisacáridos formados por la unión de distintos azúcares, tales como glucosa, xilosa, sacarosa, manosa o arabinosa unidos mediante enlaces glicosídicos β y α . La longitud de la cadena de los polímeros de la hemicelulosa puede tener un rango de entre 200 a 500 unidades de

monosacáridos. Las hemicelulosas están presentes en el salvado y en granos enteros (Nelson, 2000).

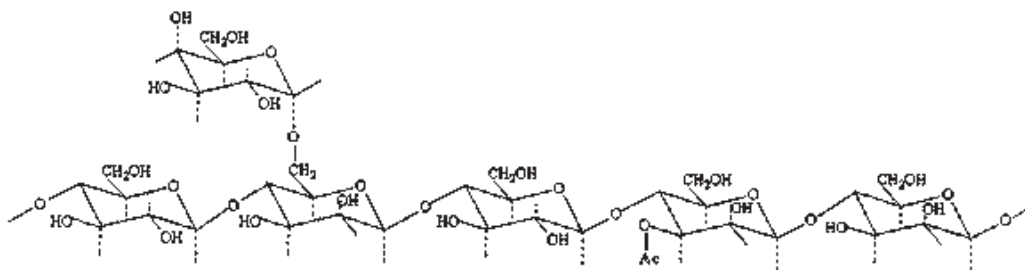


Figura 6. Estructura química de la hemicelulosa

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos46/hemicelulosas-maderas/Image487.gif>

2.2.3.4 Lignina

La lignina se caracteriza por ser un complejo aromático no carbohidrato del que existen muchos polímeros estructurales (Lu, 1998). Después de los polisacáridos, la lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal. Es importante destacar que la lignina es la única fibra no polisacárido que se conoce. La molécula de lignina es una macromolécula, con un elevado peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico) (Nelson 2000).

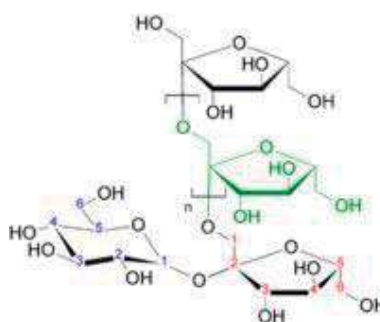


Figura 7. Estructura química de la lignina

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Inulin_strukturformel.png/200px-Inulin_strukturformel.png

2.3 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA FIBRA

Los efectos fisiológicos dependen de diversos factores como la capacidad de retener agua, la formación de geles, la solubilidad y las propiedades de unión y de superficie. Además, es importante su grado de fermentación. (Meier, 2004)

2.3.1 Apetito

Muchos estudios han publicado una disminución del apetito con la ingestión de fibra dietética. Esta puede retrasar el vaciado gástrico, producen un aumento del bolo alimenticio en el tubo digestivo superior y regulan la absorción de lípidos e hidratos de carbono. Además, en el intestino grueso, la fermentación de la fibra produce Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC), los que, a su vez, proporcionan energía.

2.3.2 Control Lipídico

La fibra soluble disminuye la concentración de colesterol sérico en personas sanas e hiperlipémicas mientras que la fibra insoluble no presenta este efecto. Entre los diversos mecanismos involucrados destaca un efecto de los materiales formadores de geles solubles en agua, en la inhibición de la absorción del colesterol (en el intestino delgado) y un efecto en la absorción y el metabolismo de los ácidos biliares. También puede ser importante una reducción de la síntesis de colesterol estimulada por la insulina. Además, la fibra soluble es fermentada fácilmente en el intestino grueso dando lugar a AGCC. Se ha observado que el acetato y el propionato afectan a la síntesis de colesterol, ejerciendo un efecto protector ante las enfermedades coronarias (Meier, 2004).

2.3.3 Control glucémico

La disminución del índice glucémico mediante la ingestión de fibra se asocia a un mejor control diabético. Los estudios a corto plazo con goma guar, pectina y la fibra laxante Psilium, reducen la concentración de glucosa en la sangre. El retraso de la digestión de almidones o la modificación de otros factores, como el contenido lipídico o proteico de una comida y, por consiguiente, el retraso en

el vaciamiento gástrico, disminuyendo las respuestas glucémica e insulínica posprandiales (Jenkis, 1995).

2.3.4 Efectos sobre el intestino grueso

En el intestino grueso, las diferentes fibras ejercen efectos distintos. La fibra insoluble incrementa la capacidad de retención hídrica y la fibra soluble aumenta la masa bacteriana. El incremento del bolo se asocia a la aceleración del tránsito a través del colon y al aumento de peso de las heces. La fermentación es crucial para una función intestinal normal.

Los AGCC (butirato, acetato y propionato) y los gases (H_2 y CO_2) son los productos finales de la fermentación colónica. Los AGCC tienen numerosos efectos benéficos sobre el colon: constituyen la principal fuente de energía de la mucosa del colon, estimulan la absorción de cloruro sódico y agua, estimulan la proliferación y diferenciación celular de la mucosa, aumentan el flujo sanguíneo de la mucosa y la producción de moco. Debido al proceso de fermentación, el pH del colon disminuye, lo cual influye sobre la composición de la microflora. Se ha demostrado que los AGCC presentan propiedades antidiarreicas, anticarcinogénicas y antiinflamatorias (Meier, 2004; Kawaguchi, 2004 y Cervera *et al.*, 2004)

2.3.5 Efecto anticancerígeno

Se han propuesto diversos mecanismos anticarcinogénicos. El aumento de la masa fecal y la aceleración del tránsito en el colon pueden diluir y evacuar los carcinógenos. Además, se sabe que el butirato tiene propiedades anticarcinogénicas. El butirato modula el gen supresor p53, inhibe la actividad del factor de transcripción intracelular NF- κ B a través del control de la división celular y la apoptosis. Existe una fuerte evidencia epidemiológica de la prevención del cáncer de colon mediante una dieta rica en fibra.

2.3.6. Efectos antiinflamatorios de la fibra

El control transcripcional de las citocinas inflamatorias interleucina 1 (IL-1), IL-6 y factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) está mediado por el factor nuclear

kappa B (NF- κ B). Se sabe que el butirato inhibe el NF- κ B. Las citocinas proinflamatorias disminuyen y las citocinas antiinflamatorias (p. ej., IL-10) aumentan. Además, se sabe que la oxidación del butirato está disminuida en la colitis ulcerosa. Para aumentar la concentración de butirato, se recomienda la ingestión de fibra soluble. En estudios limitados se ha observado que el butirato puede mejorar la colitis ulcerosa.

La flora intestinal también está involucrada en la patogenia de las enfermedades inflamatorias intestinales. Un desequilibrio entre las bacterias no patógenas y las bacterias patógenas desempeña un papel importante. Algunos oligosacáridos (prebióticos) estimulan el crecimiento de las bacterias beneficiosas e inhiben el crecimiento de las bacterias perjudiciales. Los oligosacáridos con efectos prebióticos son la inulina, los fructooligosacáridos, los galactooligosacáridos, la goma guar, los oligosacáridos del salvado de trigo y los oligosacáridos de la soja (Meier, 2004).

2.4 RECOMENDACIONES SOBRE EL CONSUMO DE FIBRA

Para un mejor aprovechamiento de las bondades que brinda la fibra dietética al organismo es necesario que se acompañe de una ingestión adecuada de agua, a fin de favorecer la producción de las heces y evitar la deshidratación (Baudi, 2006 y Savaje *et al.*, 2000).

Las recomendaciones actuales de consumo de la fibra dietética según la asociación Americana de Dietética para adultos son de 20-35 g ó de 20 a 13 g de Fibra Dietaria por cada 1000 Kcal (Gómez *et al.*, 2002).

El exceso de fibra puede llegar a provocar problemas estomacales, sobre todo diarrea, ya que al hidratarse en exceso ocasiona un desequilibrio en el contenido de agua intestinal. Además, esta situación también tienen el inconveniente de que los polisacáridos se unen a elementos importantes, como calcio, zinc, hierro, magnesio, fósforo y cobre, así como la vitamina B₁₂ y

algunos aminoácidos, lo que provoca que estos nutrimentos no sean aprovechados, porque se eliminan en las heces, pudiéndose presentar anemia (Zafar, 2004 y Baudi, 2006).

2.5 IMPORTANCIA DE LOS FRUTOS COMO FUENTE DE FIBRA

Los frutos están compuestos esencialmente por agua y carbohidratos. Su elevado contenido de agua puede representar entre el 80% y el 90% de su peso total. La fruta es poco calórica, contienen una gran cantidad de vitaminas y son la única fuente de vitamina C, además de aportar fibra, importante para la regularización del tránsito intestinal y desempeñan un papel importante en la prevención del sobrepeso (Paule, 2005).

Debido a los diversos efectos benéficos que proporcionan los frutos a la dieta alimentaria, su consumo ha incrementado en las últimas décadas. En México se producen una gran variedad de frutos como lo son el aguacate, zarzamora, fresa, mango y guayaba, destacando este último fruto por su alto contenido de fibra (SAGARPA, 2005).

2.6 PRODUCCIÓN DEL FRUTO DE GUAYABA

La guayaba es un cultivo originario de América Tropical, actualmente se encuentra difundido en todo el mundo, los principales productores son India, Brasil, México, Sudáfrica, Jamaica, Kenya, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Haití, Colombia, Estados Unidos (Hawái y Florida), Taiwán, Egipto y Filipinas.

2.6.1 Producción Nacional y Estatal de guayaba

En México, el cultivo de guayaba está cobrando importancia, SAGARPA (2004) reporta una superficie de 23 mil 386.74 Hectáreas y un volumen de producción de 302 mil 648.65 Toneladas, distribuidas en todos los estados de la República Mexicana, abarcando un 88.84 % de la superficie sembrada, los estados de: Michoacán con 8779.74 ha y 127 mil 441.46 (Ton), Aguascalientes con 6877.00

ha y 107 mil 869.00 (Ton) y Zacatecas con 5122.00 ha y un volumen de producción de 44 mil 412.00 (Ton) (SAGARPA 2004 y Arciga, 2006).

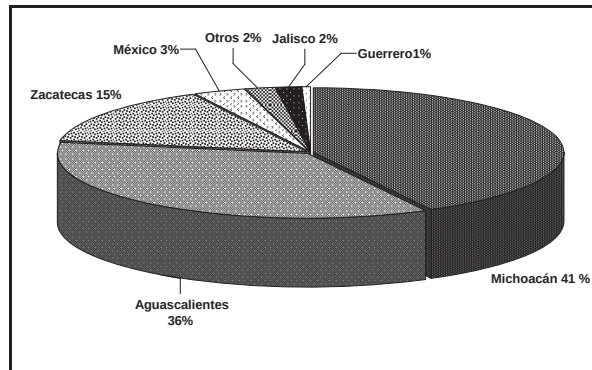


Figura 8. Producción Nacional de guayaba

Fuente:

http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/agricultura/fomento/informa_sector/principales_cultivos.html

La producción de guayaba en Michoacán participa con un 41% de la producción total nacional (127,441.46 Ton). Y al interior del estado, la producción record la tiene el Municipio de Jungapeo con 2,700.00 ha cosechadas y con una producción de 43,200.00 Ton., seguido por el municipio de Juárez y Zitácuaro entre otros (SAGARPA, 2005).

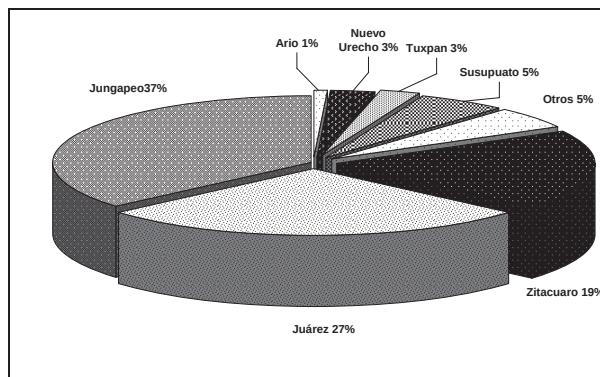


Figura 9. Producción Estatal

Fuente:

http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/agricultura/fomento/informa_sector/principales_cultivos.html

2.6.2 Características del fruto de guayaba (*Psidium guajava*)

La guayaba pertenece al orden de los *Myrtales*, que se compone de cinco familias: *Myrtaceae*, *Lecythruidaceae*, *Melastomacetae*, *Combretaceae* y *Rhizophocaceae*. La familia *Myrtaceae* está representada por cerca de 3000 especies de árboles y arbustos que prosperan en la mayor parte de las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Dentro de la familia *Myrtaceae* se agrupa al género *Psidium* que comprende más de 150 especies; dentro de estas especies se encuentra *Psidium guajava* (Mata *et al.*, 2000).

2.6.2.1 Descripción del fruto

El fruto es una baya esférica, globosa, elipsoidal o piriforme; sus dimensiones cambian de una variedad a otra, es averrugado o liso, densamente punteado, brillante con 5 a 12 cm de largo y 5 a 7 cm de ancho, su peso va de 30 a 225 g., en el exterior presenta un color amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez; en algunos tipos se distingue un tinte ligeramente rosado en el lado expuesto. El color del mesocarpio es variable: puede ser blanco, blanco amarillento, rosado, amarillo, naranja y salmón. El sabor de la fruta completamente madura es dulce a ligeramente ácido; el aroma distintivo varía de fuerte y penetrante a moderado y agradable (Mata *et al.*, 2000 y Laguado, 1997).



Figura 10. Fruto de guayaba

2.6.3 Composición química y nutricional del fruto

Los frutos de las plantas de *Psidium guajava* tienen un apreciable valor nutritivo, razón por la cual se justifica su consumo. Es el fruto que aporta el mayor contenido de vitamina C por lo que se le conoce como la “Reyna de la

Vitamina C” además de aportar vitamina A, vitamina B₃, azúcares (fructosa y glucosa), taninos, fibras (Pectina en mayor concentración), además de un alto coeficiente de digestibilidad (Laguado *et al.*, 1999).

Cuadro 1 Composición química de la guayaba
Fuente: Mata, 2000

Componentes	Cantidad
Vitamina A	200 U.
Vitamina B ₃	40 U.
Vitamina C	300 U.
Vitamina G ₄	35 U.
Agua	77%
Proteínas	0.95%
Grasas	0.45%
Azúcares	8.85%
Carbohidratos	2.85%
Fibras	8.15%
Taninos	0.95
Cenizas	0.95
Coeficiente de digestibilidad	90%

La fruta es aromática, contienen una gran cantidad de constituyentes volátiles, aproximadamente 86; entre ellos el acetato de cinamilo, el acetato de (Z)-3-hexenilo y el alcohol cinamílico. Recientemente se detectó el acetato de 2-hidroxietilo, el 1-2-propanodiol, el 1-2 etanodiol, el acetato de 3-metilbutano y el 3-metil-2-butanol. (Quijano *et al.*, 1999)

2.6.4 Propiedades medicinales

La guayaba además de ser cultivada por el alto contenido nutritivo de sus frutos se les atribuye diversas propiedades medicinales. La vitamina C tiene múltiples funciones, entre ellas el fortalecimiento del sistema inmunológico. El extracto de frutas y ramas verdes son usadas para neutralizar el efecto de las diarreas, atribuyéndosele un efecto significativo en la disminución de las enfermedades gastrointestinales por rotavirus (Wei *et al.* 2000).

Las ramas tiernas debilitan el desarrollo bacteriano (*Bacillus cereus*) que altera el tracto intestinal (Arima *et al.*, 2000 y Martínez *et al.*, 1997). También, la

guayaba tiene propiedades antisépticas para úlceras gástricas y laceraciones producidas por parásitos en los intestinos. Otra ventaja de los componentes de la guayaba es el fortalecimiento del sistema cardiovascular, el consumo de guayaba disminuye el riesgo de debilidades cardíacas, como la arritmia (Yamashiro *et al.*, 2003). Otro hecho conocido es el incremento de la hemoglobina por el consumo del jugo de la fruta, adicionalmente se reducen los niveles de colesterol perjudicial, y en contraparte aumenta la producción de colesterol benéfico (Singh *et al.*, 1984). Por último, un estudio comprobó que *Psidium guajava* presenta gran cantidad de antioxidantes, por lo que disminuye el riesgo de tumores malignos (Jiménez *et al.*, 2001).

2.7 CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISICOQUÍMICOS EN LA MADURACIÓN DEL FRUTO

2.7.1 Fenología del fruto

El ciclo de crecimiento y desarrollo del fruto para alcanzar su madurez fisiológica requiere de aproximadamente 150 días a partir de la fecha de floración, aunque se requieren mas días en las estaciones frías que en las estaciones con temperaturas mayores; es decir, que las temperaturas más frías retardan el crecimiento de la fruta y por lo tanto su metabolismo (Mercado 1998).

Durante el proceso de desarrollo y maduración de la fruta de guayaba muchos cambios bioquímicos y fisicoquímicos se llevan a cabo; su peso y volumen aumentan considerablemente a partir de los primeros 50 días y hasta los 100 días. El color de la fruta permanece verde hasta la madurez fisiológica; también el ablandamiento de la fruta se ve reflejado después de aproximadamente 115 días posteriores a la antesis (Regalado, 1999).

Su contenido de azúcares aumenta durante el desarrollo, como en el caso de la fructosa que se incrementa rápidamente, mientras que el aumento de la glucosa es lento. El contenido de pectina en la guayaba disminuye durante el

transcurso de la maduración al igual que la acidez, mientras que el ácido ascórbico aumenta durante el proceso de desarrollo (Marín, 2004).

En el caso de las enzimas, la actividad de la invertasa empieza a desarrollarse durante la maduración y alcanza su máximo nivel en la madurez completa presentando su máxima actividad en un rango de pH de 3.5 a 4.0. La amilasa, empieza a incrementarse conforme el fruto madura y también alcanza su máximo valor cuando se ha completado su madurez. El incremento de actividad de la enzima causa un rompimiento de los carbohidratos almacenados, que se convierten en sustancias azucaradas que sirven como fuente precursora para la síntesis de sacarosa en la madurez completa.

La actividad de la polifenoloxidasa (PPO) se incrementa con la maduración. Dicha actividad no se remarca en estados de inmadurez ni en la madurez fisiológica, pero sí incrementa en la madurez de consumo mientras que la pectinesterasa (PE) se presenta más alta en frutos maduros, es decir, esta enzima va disminuyendo al incrementar la maduración (Mata, 2000).

La guayaba, pertenece al grupo de frutos climatéricos, es decir, que pueden cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo (madurez fisiológica) pero no han empezado a madurar. Su velocidad de respiración aumenta (climaterio) y disminuye gradualmente (Regalado, 1999).

2.7.2 Maduración Sensorial

Es un proceso por el que los frutos adquieren las características sensoriales (color, aroma, sabor, textura, etc.) que los definen como comestibles, proceso que, generalmente comienza durante las etapas finales de la maduración fisiológica.

Durante dicho proceso tienen lugar una serie de cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos determinantes de la calidad y vida poscosecha del fruto, como son: cambios de color, cambios en la producción de proteínas y azúcares, producción de aromas y cambios en los compuestos volátiles. Todos estos asociados a un transitorio pico respiratorio y vinculado estrechamente a la producción autocatalítica del etileno (Arciga, 2006).

Existen algunos índices químicos que se utilizan para analizar el grado de madurez del fruto como el de acidez, el de Sólidos Solubles Totales y el contenido de ácido ascórbico. En cultivares destinados a la producción de frutos para consumo en fresco se recomiendan Sólidos Solubles Totales mayores a 12 °Brix como índices de madurez; mientras que para un cultivar destinado a la industria, se recomiendan 6 ° Brix (Mata, 2000 y Marín, 2004).

De acuerdo al grado de maduración el fruto presenta una coloración externa específica:

Totalmente verde. El color externo es un verde intenso. En esta etapa, el fruto está en proceso de terminar con el crecimiento y alcanza su tamaño máximo. A este fruto se le conoce como fruto verde.

Verde-amarillo. El color amarillo empieza a notarse en la superficie del fruto, pero no más alto del 50% de su superficie. La firmeza disminuye ligeramente, en comparación a las dos etapas anteriores. El fruto está en proceso de alcanzar las características de color, sabor, textura, aroma, etc. y es comúnmente conocido como fruto rayado.

Totalmente amarillo. El aspecto del fruto es de un amarillo brillante, la firmeza es menor, que en todas las etapas anteriores. El fruto expresa las características típicas de la especie. Comúnmente conocido como fruto amarillo (Cisneros, 2004).

2.7.3 Manejo Poscosecha

Si el fruto no se consume pocos días después de su corte, fácilmente se descompone. En la actualidad, una gran proporción de los frutos no llegan al consumidor en una condición sana, debido a los cambios metabólicos continuos que sufren estos, por lo que es necesario aplicar tratamientos poscosecha para reducir su actividad.

La refrigeración es un tratamiento poscosecha que se utiliza para la conservación del fruto retardando las reacciones químicas que se pueden producir en el alimento, retrasa la acción enzimática e inhibe el crecimiento y actividad de los microorganismos existentes en el alimento. En las cámaras frigoríficas los diferentes compartimentos permiten grados de humedad relativa que, junto con la temperatura óptima para cada alimento, logran una mejor conservación mientras que en los refrigeradores convencionales la temperatura es homogénea. La refrigeración retrasa el crecimiento bacteriano pero no lo impide, por lo que este sistema es adecuado para mantener los alimentos en buen estado durante un tiempo limitado (Cervera, 2005)

En el caso del fruto de guayaba temperaturas de 8.3 a 10.0 con 85-90% de humedad relativa, puede prolongar la vida del fruto almacenado durante dos a cinco semanas (Mata, 2000).

Existen otros tratamientos que se utilizan en el fruto poscosecha como lo son las emulsiones con cera al 3% que prolongan la vida del fruto durante ocho días a temperatura ambiental (22.2 a 30 °C) y 21 días a temperaturas bajas (8.3-10°C), también se puede utilizar la aplicación de metasulfito de potasio, nitrato de calcio (0.5-2.0%) y monóxido de carbono (Mata, 2000)

III. OBJETIVO GENERAL

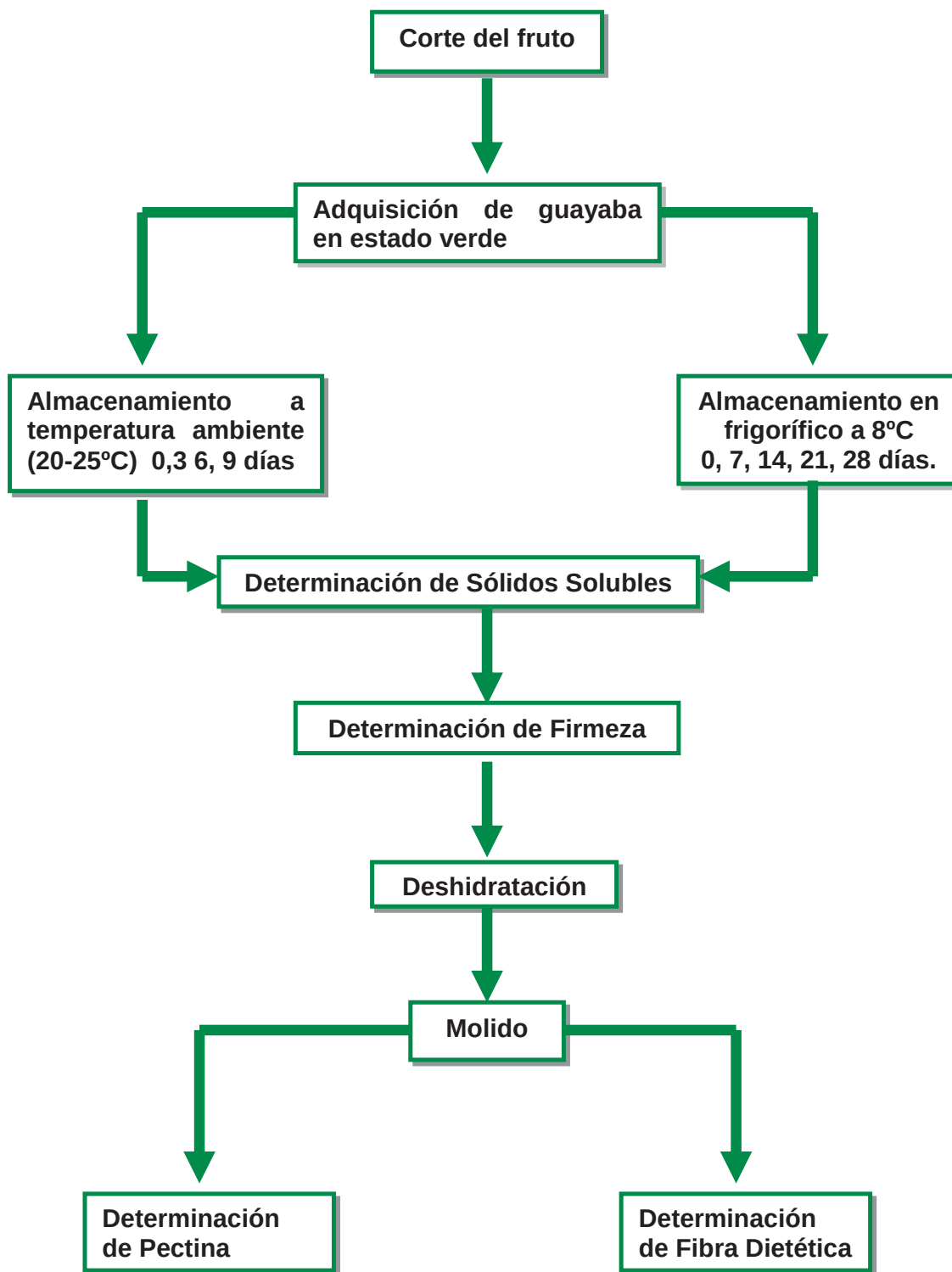
Determinar el contenido de Fibra Dietaria en frutos de guayaba (*Psidium guajava*) almacenada a temperatura ambiente y en frigorífico.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el índice de madurez del fruto a través de la concentración de sólidos solubles y la resistencia a la compresión.
- Establecer las condiciones de almacenamiento poscosecha de los frutos de guayaba (*Psidium guajava*).
- Determinar la concentración de Fibra Insoluble, Fibra Soluble y Pectina en el fruto en las diferentes etapas de almacenamiento poscosecha.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Diagrama General:



5.1 Almacenamiento del fruto

Se adquirió fruto en estado verde de maduración procedente de Zitácuaro, Michoacán.



Figura 11. Guayaba en estado verde de maduración

El fruto se transportó al Laboratorio de Biotecnología “M. C. Víctor Manuel Rodríguez Álcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología y se dividió en dos lotes iguales. Un lote se almacenó en una cámara frigorífica marca Mabe y se colocó en las parrillas manualmente manteniendo una temperatura de 8° C y una Humedad Relativa de 80- 85 % con tiempos de almacenamiento de 7, 14, 21 y 28 días; como se observa en la figura 12.



Figura 12. Guayaba almacenada en frigorífico

El segundo lote de fruto se almacenó a temperatura ambiente (20-25 °C) con tiempos de almacenamiento de 0, 3, 6, y 9 días (figura 13).



Figura 13. Almacenamiento de guayaba a temperatura ambiente

5.2. Unidad Experimental

La unidad experimental consistió en 4 frutos de guayaba (*Psidium guajava*) por repetición, en los diferentes tiempos de almacenamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2 .Tiempos de evaluaciones realizadas

Temp. Amb.	8 ° C
T' 0	T' 0
T' 3	T' 7
T' 6	T' 14
T' 9	T' 21
	T' 28

4.- Variables de estudio:

- a) Sólidos Solubles
- b) Firmeza
- c) Determinación de Pectina
- d) Determinación de Fibra Dietética

5.3 Determinación de Sólidos Solubles

La determinación de Sólidos Solubles se realizó a cuatro frutos por tiempo de almacenamiento, utilizando un Refractómetro Portátil ATAGO (Rango 0- 32 ° Bx) que mide el contenido de Sólidos Solubles a través del índice de refracción.

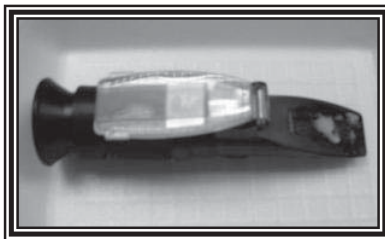


Figura 14. Refractómetro ATAGO

Para la obtención de la muestra los frutos se picaron para facilitar la extracción del zumo. El fruto picado en trozos se proceso en un extractor Turmix.



Figura 15. Guayaba en trozos



Figura 16. Extractor Turmix

Una vez obtenido el zumo se colocaron dos gotas sobre el prisma y se cubrió con la tapa, distribuyéndose uniformemente la muestra sobre la superficie del prisma.

Orientando el aparato hacia una fuente de luz, se observó a través del campo visual donde se leyó el número correspondiente a la escala que indica el porcentaje en sacarosa de la muestra.

5.4 Determinación de firmeza

La determinación de firmeza a través de la resistencia a la compresión se realizó a cuatro frutos por tiempo de almacenamiento utilizando un Analizador de Textura (Texture Analyser modelo TA-XT2t).

Para realizar esta determinación el fruto se colocó en el Texturómetro haciendo incidir en él un plato de compresión de 75 mm una distancia de compresión de 5 mm a 1.0 mm/s. Enseguida se realizó la lectura expresada en gramos.



Figura 17. Texturometro TA-XT2t

5.5 Obtención de la muestra para la determinación de Pectina y Fibra Dietaria

Para la obtención de la muestra se picaron ocho guayabas en rodajas por cada día de almacenamiento. Después los trozos de guayaba se colocaron en las parillas de la estufa de Secado Felisa donde se deshidrataron a una temperatura de 80° C por tres horas y posteriormente a 60 ° C por ocho horas.



Figura 18. Estufa de Secado Felisa

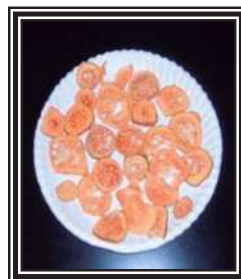


Figura 19. Guayaba deshidratada

Una vez deshidratado, el fruto se molió en un Molino de Cuchillas GM200, a una velocidad de 4000 rpm durante 30 segundos repitiéndose la operación tres veces.



Figura 20. Molino de cuchillas

Posteriormente la muestra molida se tamizó en una malla No. 60 para obtener un polvo con tamaño de partícula uniforme.



Figura 21. Tamiz

El polvo obtenido fue guardado en bolsas herméticas de plástico y del cual se tomó las muestras para realizar la determinación de Pectina y Fibra Dietaria.

5.6 Determinación de Pectina

La determinación de Pectina se realizó mediante el Método Gravimétrico de Carré y Haynes (Pearson, 2005) que se basa en una hidrólisis de la muestra con el objeto de que la Protopectina se transforme en pectina soluble, utilizando para ello una muestra de 5 gramos por cuadruplicado pesado en una Balanza analítica.



Figura 22. Balanza analítica

Se agregó 100 ml de agua destilada, se extrajo a ebullición tres veces y se filtró. Al filtrado se agregó 100 ml de NaOH 0.1 N y se dejó reposar 12 hrs.



Figura 23. Pectinas en reposo

Después se adicionó 50 ml de ácido acético 1 N, después de 5 minutos se agregó 50 ml de cloruro de calcio 2 N, se dejó reposar 1 hora., se hirvió durante 5 minutos y filtró



Figura 24. Filtración de Pectinas

Posteriormente se lavó el residuo con agua destilada caliente varias veces para eliminar el cloro, se redisolvió el precipitado obtenido en agua y llevó a ebullición durante 5 min. Por último se filtró, lavó y secó el papel con el residuo hasta peso constante.

El resultado se reportó como por ciento de pectina mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de } C_{17} H_{22} O_{16} Ca = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100$$

Donde:

Peso del papel con el residuo (w1) gramos

Peso del papel (w2) gramos

Peso de la muestra (w) gramos

5.7 Determinación de Fibra Dietética

La determinación de la Fibra Dietética se realizó siguiendo el Método 985.28 de la AOAC utilizando un paquete enzimático que consta de una Amilasa, Proteasa y Amiloglucosidasa, que degradan el almidón, la proteína y los glúcidos simples quedando cuantificable solo la fibra dietética así como trazas de cenizas y proteínas que posteriormente se corrigieron, quedando solo el contenido de la fibra dietaria.

5.7.1 Digestión de la muestra

Para realizarlo se pesó por cuadruplicado una muestra de 1 g y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se agregaron 50 ml de buffer pH 6, se mide el pH y si es necesario se ajusta con NaOH al 0.275 N.



Figura 25. Peso de la muestra



Figura 26. Medición de pH en la muestra

Después se agregó 100 microlitros de α -amilasa, se colocan a baño María a 95° C durante 30 minutos tapando con papel aluminio agitando a intervalos de 5 minutos.



Figura 27. Muestra en baño María

Se retiró del baño y se atemperó, enseguida se ajustó el pH a 7.5 mediante la adición de solución de NaOH al 0.275, se agregaron 100 microlitros de

Poteasa (Se reconstituyó utilizando 50 mg de enzima en 1 ml de buffer de fosfatos). Se llevó a baño María a 60° C durante 30 minutos con agitación continua.



Figura 28. Muestra en digestión con Proteasa

Nuevamente se retiró del baño y se atemperó, se ajustó la solución a pH de 4.5 mediante la adición de solución de HCl 0.325 M, se agregaron 100 microlitros de amiloglucosidasa (Solución líquida). Se llevó a baño María a 60 °C durante 30 minutos.



Figura 29. Muestra en baño María

Una vez terminado el tiempo de incubación, se retiró y se atemperó. Terminándose con ello la digestión de la muestra. Posteriormente se filtró y se separó el filtrado y el residuo.



Figura 30. Muestra en desecador

5.7.2 Determinación de Fibra soluble

El filtrado se transfirió aun vaso de precipitados de 500 ml, se ajustó a 100 ml con agua destilada, se agregaron 400 ml de etanol de 95° a 60°C y se dejó reposar una hora para obtener el precipitado.



Figura 31. Muestra en reposo

Enseguida se filtró y el residuo se lavó con tres volúmenes de 10 ml de alcohol al 78%, enseguida se lavó con tres volúmenes de 10 ml de alcohol al 95 % y por último se lavó con tres volúmenes de acetona de 10 ml.



Figura 32. Lavado de la muestra de fibra soluble

Una vez filtrado la muestra se llevó a peso constante en la estufa de secado y se pesó. Posteriormente se utilizó un duplicado para realizar la corrección de cenizas y el otro duplicado para corregir proteínas

. 5.7.3. Determinación Fibra Insoluble

Para la Determinación de la Fibra Insoluble se utilizó el residuo obtenido en la digestión de la muestra, enseguida se realizó un lavado con tres volúmenes de 10 ml de alcohol al 78%, después un lavado con tres volúmenes de alcohol de 10 ml al 95% y por último un lavado con tres volúmenes de 10 ml de acetona.

Una vez filtrada la muestra se procedió igual que en la fibra soluble, se llevó la muestra a peso constante en la estufa de secado. Posteriormente un duplicado fue utilizado para corregir cenizas y el otro duplicado se utilizó para corregir proteínas.

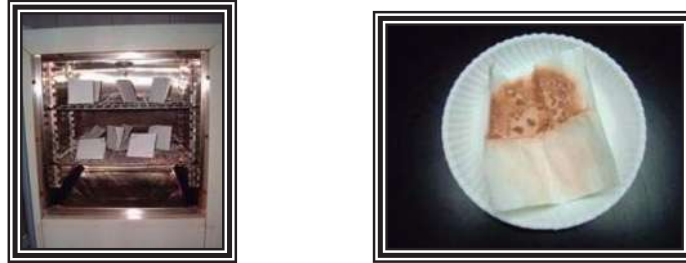


Figura 33. Muestra de fibra insoluble en la estufa de secado

Cálculos:

$$FD = \frac{W \text{ residuo} - (W \text{ ceniza} - W \text{ proteína})}{W \text{ de la muestra}}$$

Donde:

W residuo= papel filtro W cte- papel filtro seco con muestra

W proteína= peso de la proteína

W cenizas= peso de las cenizas

W muestra= Peso inicial de la muestra

FD=Fibra Dietaria

Por lo tanto: FD= Fibra dietaria soluble + Fibra dietaria insoluble

5.8 Análisis estadístico de los resultados

A los resultados obtenidos se les realizó comparación de medias mediante pruebas el rango múltiple de Duncan y correlaciones utilizando el paquete operacional Statistical Analysis System (SAS, 1999).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Sólidos Solubles

El contenido de Sólidos Solubles se determina a través del Índice de refracción. El porcentaje de grados Brix es equivalente al porcentaje en peso de la sacarosa contenida en una solución acuosa (Coronado, 2001). Se considera que par un fruto tropical sea considerado como fruto de calidad debe contener un mínimo de 9 °Brix.

En el fruto de guayaba es factible que el incremento de la sacarosa sea una consecuencia del aumento de la actividad enzimática; que realmente se produzca a expensas de las concentraciones de glucosa y fructosa (vía gluconeogénica), proveniente de la hidrólisis de pectinas y no por los azúcares reductores existentes. (Laguado, 2004).

6.1.1 Evaluación de los Sólidos Solubles a temperatura ambiente

Los grados Sólidos Solubles están relacionados con la madurez y la perecibilidad del fruto de guayaba, los sólidos solubles están representados en azúcares que oscilan entre el 6 y 25%(Expresado en sacarosa).

A temperatura ambiente se presento un aumento en el porcentaje de Sólidos Solubles como se puede observar en la figura 34, lo cual indica el aumento en la cantidad de sólidos producto de la respiración la cual mediante las reacciones metabólicas van degradando los azúcares de reserva y formando azúcares sencillos como glucosa, ribosa y sacarosa contenidos en la guayaba (Marín *et al.*, 1995).

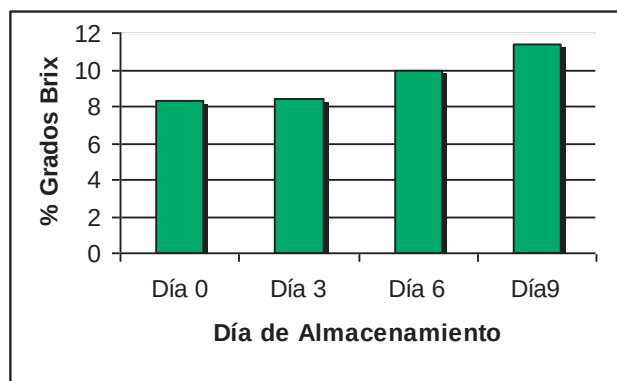


Figura 34. Porcentaje de Grados Brix a Temp. Ambiente

La cantidad de Sólidos Solubles (°Brix) registrada al inicio del almacenamiento a temperatura ambiente fue de 8.35 °Brix la cual se mantuvo hasta los 3 días de tratamiento que se obtuvo un 8.37 °Brix, a los 6 días se puede observar un aumento de 19.76% con respecto al día inicial de almacenamiento registrando un valor de 10.00 °Brix, para el día final el fruto experimento un incremento en la cantidad e azúcares del 36.23% ya que los frutos analizados alcanzaron una cantidad de 11.38 °Brix.

6.1.2 Evaluación de los Sólidos Solubles a 8°C.

Los resultados para las muestras almacenadas a 8°C se detallan en la figura 35.

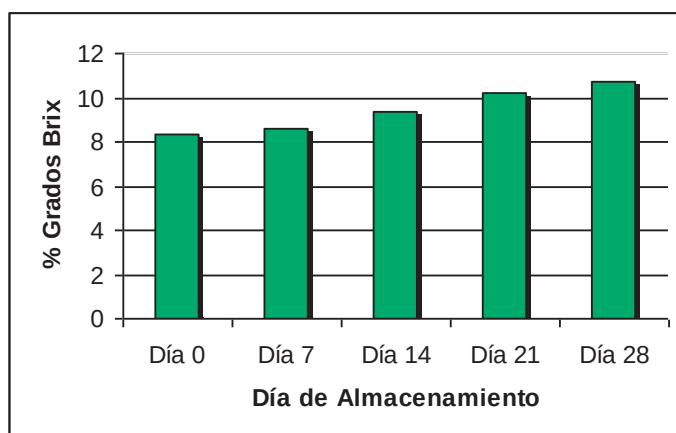


Figura 35. Porcentaje de Grados Brix a 8°C

La cantidad de Sólidos Solubles (°Brix) registrada al inicio del almacenamiento a 8°C fue de 8.35 °Brix, a los 7 días de almacenamiento se mantuvo con un 8.63° Brix, para el día 14 de almacenamiento se observó un aumento de 12.34% con respecto con el día inicial de almacenamiento registrando un valor de 9.38 °Brix, para el día 21 se obtuvo un incremento del 22.75% registrando un valor de 10.25 °Brix, para el día final de almacenamiento el fruto experimento un incremento en lo Sólidos Solubles del 28.74% alcanzando una cantidad de 10.75 °Brix.

Comparando las dos temperaturas de almacenamiento es claro que 8°C la variación de la cantidad de Sólidos Solubles fue mínima, lo cual indica que la tasa respiratoria del fruto disminuyo de manera importante al grado de que las reacciones metabólicas realizadas por el fruto cesaron o se realizaron a un nivel menor debido a que el fruto no requería de altas cantidades de energía para poder mantener su constitución celular (Mitcham, 1995), en tanto que a temperatura ambiente se obtuvo un mayor incremento en el contenido de los Sólidos Solubles lo cual indica que la tasa de respiración es mayor a temperatura ambiente en comparación con el fruto almacenado a 8°C .

6.2 Evaluación de Firmeza

La firmeza de un fruto esta asociada con su textura. La firmeza da los diferentes cambios en la estructura celular del fruto como o es, la estructura en el grosor de la pared y los espacios intracelulares, estos factores contribuyen en el ablandamiento del fruto.

Para la calidad de los frutos de guayaba es de suma importancia que estos estén firmes, ya que es uno de los parámetros para la calidad del fruto. Si el fruto pierde su firmeza con facilidad durante su almacenamiento se vuelve susceptible al ataque de diversos microorganismos, además del daño mecánico, como consecuencia se tienen que el fruto pierde su valor comercial (Laguado, 1999).

6.2.1 Evaluación de firmeza a temperatura ambiente

El análisis de los resultados para la determinación de firmeza a temperatura ambiente se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3. Determinación de firmeza a temperatura ambiente

Día de almacenamiento	Firmeza (Fuerza a la compresión) g
0	49.80 a
3	30.20 b
6	22.83 c
9	18.83 c
$\alpha=0.05$	MSE=8.814

Los resultados obtenidos del análisis de los resultados muestran una diferencia estadística significativa con respecto al día de almacenamiento.

La determinación de firmeza a temperatura ambiente en el día 0 de almacenamiento fue de 49.80 g, para el día 3 de almacenamiento se obtuvo una disminución del 39.36 % obteniéndose una fuerza a la compresión de 30.20 g, para el día de almacenamiento 6 se obtuvo una disminución del 54.16% resultando una fuerza de compresión de 22.83 g, mientras que para el último día de almacenamiento se obtuvo una pérdida del 62.19 % registándose una fuerza a la compresión de 18.83 g.

6.2.2 Evaluación de firmeza a 8°C.

El análisis de los resultados para la determinación de firmeza a temperatura ambiente se detalla en el cuadro.

Cuadro 4. Determinación de firmeza a 8°C

Día de almacenamiento	Firmeza (Fuerza a la compresión) g
0	49.80 a
7	35.38 b
14	32.13 b
21	23.35 c
28	22.35 c
$\alpha=0.05$	MSE=21.19

Los resultados obtenidos del análisis de los resultados muestran una diferencia estadística significativa con respecto al día de almacenamiento.

La determinación de firmeza a 8°C en el día 0 de almacenamiento fue de 49.80 g, para el día 7 de almacenamiento se obtuvo una pérdida de 28.96% registrándose una fuerza a la compresión de 35.38 g, para el día 14 no hubo una diferencia significativa con respecto al día 7. Para el día 21 se obtuvo un decremento del 53.11 % teniendo una fuerza de a la compresión de 23.35 g manteniéndose sin diferencia significativa para el día 28 con una fuerza a la compresión de 22.35 g.

Las dos temperaturas de almacenamiento mostraron una tendencia similar perdiendo fuerza a la compresión en el fruto al ir aumentando el día de almacenamiento, lo cual indica que el fruto se comporta de manera igual independientemente de la temperatura a la cual sea almacenado.

6.3 Evaluación de Pectina

La protopectina constituyente de las paredes celulares (laminilla media y pared primaria) da lugar, durante el proceso de maduración a ácido péctico, ácido péctínico y pectinas, sustancias gelificadoras, que en presencia de azúcar y de

ácidos orgánicos forman geles que provocan un ablandamiento de la pulpa y una disminución de la textura de los frutos.

La degradación enzimática de las pectinas puede hacerse esencialmente con tres tipos de enzimas diferentes: las poligalacturonasas, las pectatoliasas y las pectinesterasas, la cantidad de estas enzimas en el fruto de guayaba aumenta conforme aumenta el estado de madurez del fruto, debido a la degradación enzimática de la pectina por estas enzimas el mejor estado de madurez en cuanto a contenido de pectina es el verde y el rayado (Laguado y Marin., 2004).

6.3.1 Evaluación de Pectina a temperatura ambiente

El análisis de los resultados de la evaluación del porcentaje de Pectina a temperatura ambiente se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 5 Evaluación del porcentaje de Pectina a temperatura ambiente.

Día de almacenamiento	Porcentaje de Pectina
0	7.38 a
3	9.94 a
6	10.53 a
9	8.50 a
$\alpha=0.05$	MSE=6.66

Los resultados no muestran una diferencia significativa, sin embargo, se observa una ligera tendencia de que el porcentaje de Pectina aumenta hasta el día 6 para posteriormente disminuir.

6.3.2 Evaluación de Pectina a 8°C

El análisis de los resultados de la evaluación de l porcentaje de Pectina a 8 °C se observan el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Evaluación del porcentaje de Pectina a 8 °C

Día de almacenamiento	Porcentaje de Pectina
0	7.38 b
7	7.56 b
14	12.52 a, b
21	12.43 a
28	11.41 a
$\alpha=0.05$	MSE=7.90

Los resultados muestran que en el día 0 de almacenamiento se obtuvo un porcentaje de Pectina de 7.38% que se mantuvo si diferencia significativa hasta el día 7 de almacenamiento, para el día 14 aumento en un 69.64% teniendo un porcentaje de Pectina de 12.52% que se mantuvo sin diferencia significativa para los días 21 y 28 de almacenamiento.

Las dos temperaturas de almacenamiento muestran una tendencia similar al día 0 de almacenamiento se obtuvo un porcentaje de Pectina de 7.38% que se mantiene sin diferencias significativa en ambas temperaturas de almacenamiento, para los días intermedios el porcentaje de Pectinas presenta una tendencia a aumentar y posteriormente se presenta una tendencia a disminuir. Sin embargo la diferencia encontrada entre las dos temperaturas de almacenamiento fue que el fruto almacenado a 8 °C alcanzo un porcentaje de Pectina mayor con respecto al fruto almacenado a temperatura ambiente.

6.4. Evaluación de Fibra Dietética

La guayaba es un fruto un alto contenido de fibra dietaria (Fibra Insoluble y Fibra Soluble de la cual se encuentra en mayor cantidad la Pectina). El mejor estado de madurez en cuanto al contenido de fibra dietética es el verde y el rayado debido a que la actividad de diversas enzimas como las celulasas, hemicelulasas, pectatoliasas, pectinesterasas y poligalacturonasas, entre otras;

empiezan a actuar conforme avanza la maduración del fruto desdoblando la Fibra Dietética y liberando azúcares, incrementado así el contenido de azúcares totales y reductores y disminuyendo la cantidad de fibra dietaria encontrada en el fruto (Marín, 2004).

6.4.1 Evaluación de Fibra Dietética a temperatura ambiente

El análisis de los resultados de la Fibra Dietética a temperatura ambiente se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Evaluación del porcentaje de Fibra Dietética a temperatura ambiente.

Día de almacenamiento	Porcentaje de Fibra Dietética
0	41.28 b
3	56.62 a
6	50.12 a, b
9	51.97 a, b
$\alpha=0.05$	MSE=0.5272

Los resultados muestran que en el día 0 de almacenamiento se obtuvo un porcentaje de Fibra Dietética de 41.28 %, para el día 3 de almacenamiento se obtuvo un aumento de 37.16% teniendo un porcentaje de 56.62 % de Fibra Dietaria, que se mantuvo sin cambios estadísticamente significativos hasta los días 6 y 9 de almacenamiento, sin embargo, se puede observar una ligera tendencia a de que el porcentaje de Fibra Dietética va disminuyendo conforme aumenta el tiempo de almacenamiento.

6.4.2 Evaluación de la Fibra Dietética a 8 °C

El análisis de los resultados de la Fibra Dietética se detalla en el cuadro 8°C

Cuadro 8. Evaluación del porcentaje de Fibra Dietética a 8 °C

Día de almacenamiento	Porcentaje de Fibra Dietética
0	41.28 b
7	51.45 a
14	50.80 a
21	41.16 b
28	43.38 b
$\alpha=0.05$	MSE=0.1152

Los resultados muestran que para el día 0 de almacenamiento se obtuvo un porcentaje de 41.28 % de Fibra Dietética, para el día 7 se obtuvo un aumento del 24.64 % teniendo un porcentaje de Fibra Dietética de 51.45 % que se mantuvo sin diferencia significativa hasta el día 14, para el día 21 se perdió un 20% de Fibra Dietética y se mantuvo sin diferencia significativa para el día 28 de almacenamiento.

Con los resultados obtenidos se puede observar la Fibra Dietética sigue la misma tendencia independientemente de la temperatura a la cual se almaceno el fruto, sin embargo la única diferencia que se puede observar es que a temperatura ambiente se obtuvo un mayor porcentaje de Fibra Dietética en comparación con el fruto almacenado a 8 °C.

6.5 Evaluación de la Fibra Soluble

6.5.1 Evaluación de Fibra Soluble a temperatura ambiente

El análisis de los resultados del Porcentaje de Fibra Soluble obtenidos en el fruto almacenado a temperatura ambiente se detalla en el cuadro 9.

Cuadro 9. Evaluación del porcentaje de Fibra Soluble a temperatura ambiente.

Día de almacenamiento	Porcentaje de Fibra Soluble
0	9.22 a
3	9.85 a
6	10.31 a
9	11.64 a
$\alpha=0.05$	MSE=0.025

Los resultados obtenidos no muestran diferencia significativa, sin embargo, se observa que el porcentaje de Fibra Soluble fue aumentando con respecto al día 0 de almacenamiento.

6.5.2 Evaluación de Fibra Soluble a 8°C

Los resultados obtenidos para el Porcentaje de Fibra Soluble almacenado a 8°C se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Evaluación del porcentaje de Fibra Soluble a 8 °C

Día de almacenamiento	Porcentaje de Fibra Soluble
0	9.22 a
7	9.11a
14	10.04 a
21	7.59 a
28	9.40 a
$\alpha=0.05$	MSE=0.1152

Los resultados no muestran diferencia significativa, sin embargo, el porcentaje mayor de fibra soluble se obtuvo el día 14 de almacenamiento.

Como se puede observar en los dos cuadros anteriores el porcentaje de Fibra Soluble se comporta de igual manera en las dos temperaturas de almacenamiento, sin embargo el Porcentaje mayor de Fibra Soluble se obtuvo en el fruto almacenado a temperatura ambiente.

6.6 Evaluación de Fibra Insoluble

6.6.1 Evaluación De Fibra Insoluble almacenada a temperatura ambiente

El análisis de los resultados del porcentaje de Fibra Insoluble a temperatura ambiente se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Evaluación del porcentaje de Fibra Insoluble a temperatura ambiente.

Día de almacenamiento	Porcentaje de Fibra Insoluble
0	32.07 b
3	46.78 a
6	39.80 a, b
9	40.33 a, b
$\alpha=0.05$	MSE=0.6595

El fruto inicial presento un porcentaje de Fibra Insoluble de 32.07%, para el día 3 de almacenamiento este porcentaje aumento en un 45.87 % teniéndose un porcentaje de Fibra Insoluble de 46.78 % y a partir de este día el porcentaje de Fibra Insoluble se mantuvo sin diferencia significativa hasta el último día de almacenamiento.

6.6.2. Evaluación de Fibra Insoluble almacenada a 8°C

El porcentaje de Fibra Insoluble almacenado a 8 °C se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12. Evaluación del porcentaje de Fibra Insoluble a 8 °C

Día de almacenamiento	Porcentaje de Fibra Insoluble
0	32.07 b
7	42.34 a
14	40.76 a
21	33.56 b
28	33.99 b
$\alpha=0.05$	MSE=0.0689

Los resultados muestran que el Porcentaje mayor de Fibra Insoluble se presento en el día 7 de almacenamiento con un porcentaje de 42.34 % que se mantuvo sin diferencia significativa hasta el día 14 y a partir del día 21 presenta una ligera tendencia a disminuir hasta el último día de almacenamiento.

En relación a los resultados obtenidos en el almacenamiento se puede observar que el fruto almacenado a temperatura ambiente puede mantener su Porcentaje máximo de Fibra Insoluble hasta el día 3, mientras que el almacenado a 8 °C lo mantiene hasta el día 7 de almacenamiento.

6.7 Interacción de Sólidos Solubles, Pectina y Fibra Dietaria en el fruto almacenado a Temperatura ambiente.

El análisis de los resultados se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Interacción de los Sólidos Solubles, la Pectina y la Fibra Dietética en el fruto almacenado a temperatura ambiente

Día de Almacenamiento	Porcentaje de Grados Brix	Porcentaje de Pectina	Porcentaje de Fibra dietética
0	8.35 c	7.38 a	41.28 b
3	8.38 c	9.94 a	56.62 a
6	10.0 b	10.53 a	50.12 a, b
9	11.38 a	8.50 a	51.97 a, b
$\alpha=0.05$	MSE=0.4538	MSE=6.66	MSE=0.5272

Con estos resultados se puede observar que Porcentaje de Pectina y de Fibra Dietética siguen la misma tendencia en comparación con el Porcentaje de Sólidos Solubles (Porcentaje de °Brix), es decir, que a mayor Porcentaje de Grados Brix se presenta menor Porcentaje de Pectina y Fibra dietética, lo cual indica que el Porcentaje de Sólidos Solubles es inversamente proporcional al Porcentaje de Pectina y Fibra Dietética. Estos resultados concuerdan con los reportados por Marín (2004) y Laguado (1999).

6.8 Interacción de Sólidos Solubles, Pectina y Fibra Dietaria en el fruto almacenado a 8 ° C.

El análisis de los resultados se puede observar en el cuadro 14

Cuadro 14. Interacción de los Sólidos Solubles, Pectina y Fibra Dietética en el fruto almacenado a 8 °C

Día de Almacenamiento	Porcentaje de Grados Brix	Porcentaje de Pectina	Porcentaje de Fibra dietética
0	8.35 d	7.38 b	41.28 b
7	8.63 c, d	7.56 b	51.45 a
14	9.38 b, c	12.52 a, b	50.80 a
21	10.25 a, b	12.43 a	41.16 b
28	10.75 a	11.41 a	43.38 b
$\alpha= 0.05$	MSE=0.363	MSE=7.90	MSE=0.1152

Con estos resultados se puede observar que el Porcentaje de los Sólidos Solubles presenta una tendencia a aumentar conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, el Porcentaje de Pectina presenta una ligera tendencia de ir en aumento hasta el día 21 de almacenamiento y después presenta una ligera tendencia a disminuir mientras que el Porcentaje de Fibra Dietética logró su máximo porcentaje a los 7 días que se mantuvo sin diferencia significativa hasta los 14 días, que para el día 21 presentan una tendencia a disminuir que se mantiene sin diferencia significativa hasta el día 28.

Los resultados obtenidos en cuanto al Porcentaje de Sólidos Solubles coinciden con los reportados por Laguado y Marin (2004) quienes señalan que el contenido de Sólidos Solubles aumenta a medida que avanza el estado de desarrollo del fruto, mientras que con los Resultados obtenidos para el Porcentaje de Fibra Dietética y Pectina no se pudo obtener ninguna relación ya que ambos se comportaron de una manera diferente además no pudieron ser comparados con otros resultados porque a esta temperatura de almacenamiento no existen resultados reportados.

VII. CONCLUSIONES

- Los frutos almacenados a temperatura ambiente y a 8°C mostraron un comportamiento similar en cuanto al Porcentaje de Sólidos Solubles y Firmeza ya que en ambas temperaturas de almacenamiento el Porcentaje de Sólidos Solubles fue inversamente proporcional a la Firmeza.
- El fruto almacenado a 8 °C presento el mayor porcentaje de Pectina que se obtuvo el día 14 de almacenamiento.
- El Fruto almacenado a Temperatura Ambiente presento el mayor porcentaje de Fibra Dietética, Fibra Soluble y Fibra Insoluble.
- Los porcentajes mayores de Fibra Dietética y Fibra Insoluble se obtuvieron el día 3 de almacenamiento mientras que el porcentaje mayor de Fibra Soluble se obtuvo el día 6 de almacenamiento.
- Los resultados del Porcentaje de los Sólidos Solubles y Firmeza nos revelan que los estados de maduración Rayado y Verde son los cuentan con un mayor Porcentaje de Fibra Dietética, Fibra Soluble, Fibra Insoluble y Pectina lo cual coincide para el fruto almacenado tanto a temperatura ambiente como a 8 °C.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AACC American Association of Cereal Chemist 2001. Dition Of Dietary Fiber.
2. AOAC. 1997. Official methods of analisis. 18th. Ed. Association of Oficial Analytical Chemistry. Washington, D. C. USA.
3. Arciga Orozco Laura. Guadalupe., 2006.” Capacidad antioxidante en frutos de guayaba (*Psidium guajava*), en tres estados de maduración almacenado en frigorífico”. Tesis de Licenciatura Fac. de Químico Farmacobiología, UMSNH Morelia, Michoacán . México. pp 31-33, 41.
4. Baudi Dergal Salvador., 2006. “Química de los alimentos”. Ed. Pearson Adisson Wesley, México. pp 92-109 .
5. Belitz, Grosch., 1997. “Química de los alimentos”. Ed. Acribia, España. pp 352-361.
6. Bright-See E, Mckeown Eyssen.1984 Estimation “per capita” crude and dietary fiber supply in 38 countries. Am J Clin. 39(2):821-9
7. Brett C. y Waldron, K. 1990. “Physiology ad Biochemistry of plant cells walls”. Unwin Hyman.
8. Cameron IL, Hardman WE, Heitman DW. The nonfermentable dietary fiber lignin alters putative colon cancer risk factors but does not protect against DMH-induced colon cancer in rats. Nutr Cancer 1997; 28 (2): 170-176.
9. Cano y Cano G., Marroquín de La Fuente J. S., 1994. Taxonomía de Plantas Superiores. Ed. Trillas. México. pp- 236-237.
10. Cervera P., Clapés J., Rigolfas R. 2004. Alimentación y Dietoterapia. Ed. McGraw Hill Interamericana. España. pp 64-67.
11. Clegg, S.M., Moore, A. K. And Jones, S. A. 1996. “Low margarine spreads as affected By Aqueous Phase Hydrocolloids”, J. Food Sci., 52:166.
12. Coronado, T., Hilario R. 2001. Organización y Gestión en Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas industriales. Unión Europea, CIED, EDAC, CEPICO. Lima pp68-69.

13. Cumming, J. H., Pomare, E. W., Brancha, W. J., Naylor, C. P. E., Macfarlane, G. T. 1987. Short chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic and venous blood. *Gut* 28:1221-1227.
14. Fennema Owen. 2000. "Química de los Alimentos". Ed. Acribia. España. pp 262-265.
15. Foegeding, E. A., Ramsey, S. R. 1987 " Rheological and water holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum". *J. Food Sci.*, 52:549.
16. García Peris, P. I., Breton Lesmes, de la Cuerda Compes C., Cambor Álvarez M. 2002. "Metabolismo colónico de la fibra" Sección de Nutrición Clínica y Dietética. 17(2) 11-16.
17. García Peris, P. 2002. "Apuntes sobre la fibra" Sección de Nutrición Clínica y Dietoterapia" Hospital Universitario Gregorio Marañón, Madrid.
18. Gómez Candela, C., de los Blanco A. I., Iglesias Rosado C., 2002. Fibra Y nutrición Enteral 31 *Nutr. Hosp.* 17(2)30-40.
19. Hipsley (1953) "Dietary Fibre and pregnancy y toxemia" *British Medical Journal*, 2:420-422.
20. Hoefler, A. C. 2004 *Hydrocolloids*, Eagan Press, Minnesota, USA. pp -111.
21. Jenkins D. 1995. Department of National Sciences Toronto University. Canada. *Hyperlipidemias*. 1^{er} Simposio Internacional de Fibra Dietética. Barcelona.
22. Kawaguchi Fernando. 2004. Sección Gastroenterología. Medicina Interna. Hospital Trabajador. Concepción Uruguay.
23. Laguado, M. E., Pérez, C. Alvarado y Marín M., 1999. "Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales" *Rev. Fac. Agro (Luz)* 16:382-397.
24. Laguado, N., Marín, M., 2004. Cambios en el contenido de glucosa y sacarosa durante el desarrollo de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev. Fac. Agron. (Luz)*. 21 Supl. 1:299-305.
25. Lian, P. Z., Lee, C. M., Hufnagel, M. 2000. "Physicochemical properties of Red Hake (*Urophycis chuss*) Mince as affected by Cryoprotective Ingredients", *J. Food Sci.*, 63(4): 571-574.

26. López, G., Ross, G., Rincón, F., Periago, M., Martínez, C., Ortuño J-. 1997. Propiedades Funcionales de la Fibra Dietética. Mecanismos de Acción en el Tracto Gastrointestinal. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 47(3) 12-2
27. Lu F. J., Chulh, Gau R. J. 1998. Free radical-scavenging properties of Lignin. Nut. Cancer. 30(1):31-38.
28. Marín-Larreal Merylin. 2004. Investigación y Producción del guayabo en Venezuela. Revista del VIII Congreso Venezolano de Fruticultura. Maracaibo Venezuela. pp 126-136.
29. Mata B. I., Rodríguez M. A., 2000. Cultivo y producción del guayabo, Ed. Trillas, México. pp 27-49.
30. Maté J. et al. Fibra dietética en medicina. 1996. Actualizaciones Temáticas en Gastroenterología. Jarpyio Editores y Laboratorios Modaus. pp 4.
31. Mathews C., Van Holde K. E. 2000. Bioquímica. 2ª Edición. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. España. pp 329-337.
32. Meier Rémy. 2004. Características de los diferentes tipos de fibras y su implicación en la patología de diferentes órganos. II Aula de Actualidad en Nutrición. Terragona España. pp 68-7.
33. Mercado S. E., Benito B. P, García V. M. 1998. Fruits Development harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. Post harvest biology and technology. 13:143-159.
34. Miranda R. A. 2000. Determinación del Contenido de Fibra Soluble en 60 alimentos. Proyecto de Investigación 235-88. UAEM Toluca Edo. de México.
35. Moure, A., Dourado F., Siniero J., Gama, F. M., Domínguez, H. 2004. Physicochemical functional and structural characterization of fiber from deffeted Rosa Rubiginosa and Gervino Avellana Seeds. J. SCI. Food Agric. 84:1951-1959.
36. Nathan Paule. Cocina Sana. Ed. Larousse. Italia. pp 3,8,18-19.
37. Nelson. J. L. 2000. Higher Fiber Ingredient. American Association of Cereal Chemist. Minneapolis M. N. USA. pp. 1-7
38. Nelson J. L., Alexander W., Gianott L. 1994. Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury mice. Nutrition 10:32-36

39. Nussinovitch, A. 1997. "Pectins· en *Hydocolloids Applications Gum technology in the food and other industries*, Blackie Academia and Prefessional London. pp 354.
40. Redondo. 1999. La fibra terapéutica. Barcelona. Glosa Ediciones. pp 326-327.
41. Regalado Contreras L. 1999. Papel de la enzima fosfatidatofosfatasa y los niveles de antioxidantes naturales presentes en el fruto de guayaba (*Psidium gaujava*) durante la generación de daños por frío en frutos pretratados hidrotermicamente" Tesis de maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Química Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro. México. Pp 38
42. Roberfroid, M.B., Gibson, G.R., en Delzenne, N.M. 1993. The biochemistry of oligofructose, a non-digestible fiber: an approach to calculate its caloric value. *Nutrition reviews*, Vol.51, Nr.5, 137-146
43. Rodríguez-Palenzuela, P., García, J., Blas C. 2005. Avances en Nutrición animal: enzimas y prebióticos. Revista FEDNA. Universidad Politécnica de Madrid. pp 1-8.
44. Rubio M. A. 2002. Implicaciones de la fibra en diferentes patologías. *Nutric Hosp. Unidad de Nutrición Clínica y Dietética H. C. San Carlos XVII (Sup. 2)*: 17-29.
45. Rutishauser, H. E. 1985 Estimation of dietary fiber supply. *Am J. Clin, Nutr*; 41(4):824-6.
46. Savage K. F., Burgess A. 2000. *Nutrition for Developing Countries*. Oxford Medical Publications. Great Britain. pp 10-12.
47. Tapia Juárez M. 2006. Tesina de Licenciatura de Q.F.B.. "Estructura, clasificación y función fisiológica del almidón resistente". Morelia, Michoacán. pp 5-10.
48. Trowell, H. C. 1972 "Crude fiber, dietary fiber and atherosclerosis" 16:138.
49. Watanabe K. Redd, B. S., Eeisburger J. H., Kritchevsky, D. E. 1979. Effect of dietary alfafa, pectin and wheat bran on azoxymethane or methylnitrosurea induced colon carcinogenesisi in F 344 rats *J Nat. Cáncer Intest*. 63:141145.

50. Whistler, R. L., Bemiller J. N. 1999. Carbohydrate Chemistry for Food Scientist. Editado por American Association of Cereal Chemists. Minneapolis, MN. USA. pp 166-168.
51. Zafar, T. A., Weaver, C. M., Zhao, Y., Martin, B. R., Wastney, M. E. 2004. "Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats", J. Nutr., 134:399-402.
52. <http://www.telemedik.com/articulos/la%20fibra%20dietaria.htm>
53. <http://www.food-info.net/images/pectin.jpg>
54. <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPXIV.pdf>
55. <http://www.hifasdaterra.com/imaxes/formula-betaglucanos2.jpg>
56. <http://www.chemedia.com/frutooli.htm>
57. <http://www.zonadesalud.org>
58. <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/macromoleculas/celulosa.gif>
59. <http://www.monografias.com/trabajos46/hemicelulosas-maderas/Image487.gif>
60. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/29/Inulin_strukturformel.png/200px-Inulin_strukturformel.png
61. <http://www.archivo.co.cl/pdf/fkawaguchi1.pdf>
62. http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/agricultura/fomento/informa_sector/principales_cultivos.html
63. <http://food.oregonstate.edu/gums/bean.html>
64. <http://food.oregonstate.edu/gums/ghatti.html>
65. <http://food.oregonstate.edu/gums/karaya.html>
66. <http://food.oregonstate.edu/gums/xanthan.html>
67. <http://www.krystal-colloids.com/ghatti.html>

ANEXO I

Determinación de Nitrógeno Proteico

Para realizar la determinación de nitrógeno proteico se pesa 70 mg de muestra de guayaba deshidratada mas un gramo de sulfato de sodio anhidro(Na_2SO_4), 70 mg de oxido de mercurio rojo (HgO), 2.5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y se colocan en una matraz de bola para microdigestor Kjeldahl y se digiere controlando la temperatura hasta que la muestra quede de forma transparente y sin emitir vapores, a partir de este momento se deja treinta minutos más.

Posteriormente se la sal formada al enfriarse la muestra se disuelve en 22 ml de agua, añadir 2.5 ml de solución de tiosulfato de sodio al 8% para precipitar el mercurio y 7.5 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 45% y se coloca en el destilador.

Como muestra receptora se colocan 25 ml de Ácido Sulfúrico AL 0.1 N con tres gotas de rojo de metilo como indicador parar la destilación cuando la muestra obtenida sea de 150 ml y por último titular la muestra con dióxido de sodio (NaOH) al 0.1 % y corregir blancos.

Cálculos:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = (B-S) \times N \times 0.01401/P \times 100$$

Donde:

B= ml de solución alcalina utilizados en la titulación en retroceso del blanco

S= ml de solución alcalina utilizado en la titulación de la muestra

N= Normalidad de la solución alcalina utilizada en las titulaciones

P= Peso De la muestra.

ANEXO II

Determinación de cenizas

Pesar la muestra en un crisol de porcelana previamente calentado en una mufla a 600°C enfriado en el desecador hasta temperatura ambiente y pesado. Carbonizar a temperatura baja (a la flama) e incinerar en mufla de 550 a 600°C por tres horas.

Apagar el equipo y cuando se llegue a una temperatura de 100° C transferir los crisoles a un desecador hasta que se enfríen las muestras y pesar.

Cálculos:

$$\% \text{ de Cenizas} = N \times 100/p$$

Donde:

%C = Porcentaje de cenizas

N= peso en gramos de las cenizas

p= peso en gramos de la muestra