

Centro de Invesuuación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Compuestos antioxidantes y valor nutrimental en frutos de cinco tipos

de berenjena

Por

Guillermo Niño Medina

Tesis aprobada por la

**UNIDAD CULIACAN DEL CIAD EN CIENCIA Y TECNOLOGIA
DE PRODUCTOS AGRICOLAS EN ZONAS TROPICALES Y
SUBTROPICALES**

Corno requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Culiacán Sinaloa.

Enero de 2006.

APROBACIÓN

Los miembros de este comité designado para evaluar la tesis del Ing. Guillermo Niño Medina, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.



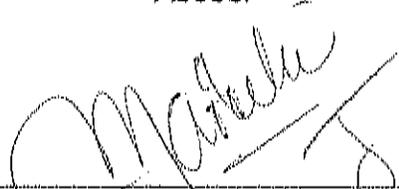
Dra. María Dolores Muy Rangel
Director de Tesis



Dr. Jorge Humberto Siller Cepeda
Asesor



M.C. Rosabel Vélez de la Rocha
Asesor



Dra. Marcela de Jesús Vergara Jiménez
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en la presente tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la producción parcial o total de la tesis con fines académicos, de deberá contar con la autorización escrita del Director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD).

La publicación en comunidades científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del director o directora del trabajo de tesis.

Dr. Alfonso A. Gardea Bejar
Director General

DEDICATORIA

A mi madre y a mi abuela

Clementina R. Medina Castillo

Clementina Castillo Medina

Por el ejemplo de lucha que me han dado para salir adelante, por estar siempre a mi lado y apoyarme en cada proyecto que emprendo.

A mi hermano

Angel Niño Medina

Por enseñarme el camino que se debe seguir para salir adelante a pesar de las dificultades.

A mi novia

Gloria B. Orozco Chavarin

Gracias por el apoyo incondicional, por creer en mí, por estar siempre ahí en los buenos y malos momentos, Te Quiero.

A la Familia Medina

Por enseñarme a salir adelante con honestidad, por estar siempre pendiente y dispuestos a ayudarme, Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Culiacán y su director el Dr. Jorge Humberto Siller Cepeda, por aceptarme como alumno de la Maestría en Ciencias y por facilitarme todo lo necesario para la realización de este trabajo.

A mi director de tesis, **Dra. María Dolores Muy Rangel**, por su apoyo incondicional, por su confianza, por creer en este proyecto, pero sobre todo por su calidad humana. Gracias.

A mis asesores, **Dr. Jorge Humberto Siller Cepeda, M.C. Rosabel Vélez de la Rocha y Dra. Marcela de Jesús Vergara Jiménez**, por sus sugerencias y su colaboración en la realización de esta tesis.

A la Fundación Produce Sinaloa, zona Centro, por hacerme participe en el proyecto: Predicción de la vida de anaquel en hortalizas en función a las condiciones de almacenamiento: caso berenjena.

A todo el personal técnico y académico por el apoyo recibido, en especial a los Maestros en Ciencias, **Rosabel Vélez de la Rocha, Verónica Pérez Rubio, Werner Rubio y Eduardo Sánchez**.

A mis amigos:

Armenia, Mirella, Laura, Emilia, Evangelina, Maribel, Jorge, Osvaldo y Juan Ramón. Gracias por su apoyo, por los momentos compartidos pero sobre todo por su amistad.

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
Objetivos Específicos.....	3
HIPÓTESIS.....	4
META.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Generalidades del Cultivo de la Berenjena.....	5
Producción de Berenjena.....	5
Producción Mundial.....	5
Producción Nacional.....	6
Características Botánicas del Fruto de Berenjena.....	9
Planta.....	9
Fruto.....	9
Exigencias del Cultivo de la Berenjena.....	10
Clima.....	10
Suelo.....	10
Irrigación y Fertilización.....	10
Clasificación de las Variedades de Berenjena.....	11
Grupo Oriental.....	11
Grupo Meridional.....	12
Grupo Occidental.....	12
Etapas Fisiológicas del Fruto de la Berenjena.....	12
Floración.....	12
Polinización.....	13
Crecimiento del Fruto.....	14
Maduración del Fruto.....	14
Manejo Poscosecha el Fruto de Berenjena.....	15
Cosecha.....	15
Clasificación y Empaque.....	16
Almacenamiento.....	16
Pérdidas Poscosecha del Fruto de la Berenjena.....	18
Daño por Frío.....	18
Enfermedades.....	19
Composición Nutricional del Fruto de Berenjena.....	19
Fibra Dietaria.....	21

Vitamina C.....	23
Compuestos Fenólicos.....	25
Ácidos Fenólicos.....	26
Ácidos hidroxicinámicos.....	27
Ácidos hidroxibenzoicos.....	27
Flavonoides.....	27
Antocianinas.....	28
Flavanoles.....	28
Flavonoles.....	28
Flavononas.....	29
Flavonas.....	29
Estilbenos.....	39
Lignanós.....	39
Ácido Clorogénico.....	30
Factores que Afectan la Síntesis de Ácido Clorogénico	32
Cambios Causados por Estrés.....	32
Cambios Durante el Almacenamiento.....	33
Biodisponibilidad del Ácido Clorogénico.....	34
Antioxidantes de Origen Vegetal.....	36
MATERIALES Y METODOS.....	38
Material Vegetal.....	38
Análisis Proximal y de Minerales.....	38
Humedad.....	38
Cenizas.....	39
Proteínas.....	39
Grasas.....	40
Fibra Cruda.....	41
Carbohidratos.....	42
Análisis de Minerales.....	42
Cuantificación de fósforo.....	43
Análisis de Vitamina C.....	44
Análisis de Fenoles Totales y Ácido Clorogénico.....	44
Extracción y Preparación de Fenoles Totales y Ácido Clorogénico.....	44
Preparación de los fenoles totales.....	45
Preparación del ácido clorogénico.....	45
Cuantificación de Fenoles Totales.....	45
Cuantificación del Ácido Clorogénico.....	46
Diseño de Experimentos.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
Análisis Proximal y de Minerales.....	48
Humedad.....	48
Cenizas.....	50
Proteínas.....	51

Grasas.....	51
Fibra Cruda.....	52
Carbohidratos.....	53
Fibra Dietaria.....	53
Minerales.....	54
Vitamina C.....	58
Fenoles Totales.....	60
Ácido Clorogénico.....	62
CONCLUSIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Principales países productores de berenjena a nivel mundial.....	6
2	Principales países productores de berenjena en México.....	7
3	Principales tipos de berenjena producidos en Sinaloa.....	8
4	Tasa de respiración de algunos tipos de berenjena.....	17
5	Composición nutricional en 100 g de berenjena cruda cocida en agua.....	21
6	Análisis nutrimental en cinco tipos de berenjena.....	49
7	Contenido minerales en cinco tipos de berenjena.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructuras del ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico.....	24
2	Estructura del ácido clorogénico.....	26
3	Biosíntesis del ácido clorogénico.....	31
4	Ruta general del metabolismo del ácido clorogénico.....	35

RESUMEN

Existe información suficiente acerca de los efectos benéficos que tienen los fitonutrientes presentes en las frutas y hortalizas en la salud humana. Por tal motivo, este trabajo fue encaminado para generar información sobre el contenido nutricional y los principales compuestos antioxidantes en berenjenas de los tipos China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa al momento del corte.

Se determinaron los porcentajes de humedad, cenizas, minerales, proteínas, grasas, fibra cruda, carbohidratos y fibra dietaria en fruta deshidratada con calor seco. También, se realizó la cuantificación de vitamina C, fenoles totales y ácido clorogénico, utilizando berenjena liofilizada.

La berenjena tipo Tailandesa se caracterizó por tener los niveles más altos de cenizas (1.043%), proteína (0.90%), fibra cruda (1.54%), carbohidratos (6.36%) y fibra dietaria (3.93%). Mientras que, la tipo Clásica presentó el mayor contenido de humedad (92.66%) y grasa (0.044%).

Los minerales se encontraron de mayor a menor concentración en todos los tipos de berenjena, los cuales fueron: potasio, calcio, fósforo, magnesio, sodio, hierro, zinc, manganeso y cobre. En la sustracción total del contenido de minerales.....

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar los compuestos antioxidantes y el contenido nutricional en frutos de berenjena tipo China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa al momento de corte.

Objetivos Específicos

Cuantificar vitamina C, fenoles totales y ácido clorogénico considerados como antioxidantes presentes en los frutos de berenjena tipo China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa al momento de corte.

Conocer el contenido nutricional como humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra cruda, carbohidratos y fibra dietaria en frutos de berenjena tipo China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa al momento de corte.

Evaluar la concentración de minerales como el potasio, calcio, fósforo, magnesio, sodio, hierro, zinc, manganeso y cobre en frutos de berenjena tipo China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa al momento de corte.

HIPOTESIS

Será distinta la concentración de antioxidantes presentes en los cinco tipos de berenjena.

Todos los tipos de berenjena presentarán un porcentaje superior al 50% de ácido clorogénico en función al contenido total de fenoles.

El contenido nutricional y de minerales de los frutos será diferente entre los diferentes tipos de berenjena.

META

Generar información referente al contenido de antioxidantes presentes en los frutos de berenjena, con el propósito de ofrecerle un valor agregado a esta hortaliza. Así como incrementar la información referente a las características de composición nutrimental de los diferentes tipos de berenjena que se cultivan en Sinaloa.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo de la Berenjena

La berenjena, también conocida como eggplant, aubergine, guinea squash o brinjal, es una hortaliza de importancia en zonas tropicales y cálidas del mundo (Kashyap *et al.*, 2003). Es una planta cuyo origen se sitúa en la India, Birmania y China, habiéndose constatado que tanto en la India como en otros pueblos del suroeste asiático su cultivo es muy antiguo (800 a.d.C.). En la Edad Media posiblemente llegó a la península Ibérica a través de los árabes y posteriormente se extendió a otros países europeos, (Maroto, 2002). En México esta presente de manera comercial desde el año de 1932 (Ramírez, 1999).

Producción de Berenjena

Producción Mundial

Los principales productores de berenjena a nivel mundial son: China, India, Turquía y Egipto, cuya producción en conjunto representa poco más del 90% del total mundial. La producción promedio de estos países en el periodo 2000-2004 fue de casi 25 millones de toneladas de las cuales, 15 millones fueron producidas por China, lo que representa poco mas del 55% de la producción mundial total, 8 millones toneladas por la India con 30%, Turquía con 955 mil toneladas lo que significó el 3.5% y Egipto con poco mas de 700 mil toneladas producidas aportando el 2.5% de la producción mundial (Cuadro 1). México se ubica en el lugar número 21 con 50 mil toneladas (FAO, 2005).

La producción del cultivo de berenjena se ha incrementado a nivel mundial partir de la segunda mitad de la década anterior, superando los 15 millones de toneladas (Ramírez, 1999). Esta tendencia se mantiene y alcanza un promedio de 26 millones de toneladas a nivel mundial en el periodo 2000-2004 (FAO, 2005).

Cuadro 1. Principales países productores de berenjena a nivel mundial.					
Producción 2000-2004 (Ton)					
País	2000	2001	2002	2003	2004
China	13,780,680	14,030,099	15,433,284	16,029,929	16,529,300
India	8,120,000	7,700,000	8,350,000	7,830,000	8,200,000
Turquía	924,000	945,000	970,000	970,000	970,000
Egipto	708,840	703,062	703,000	710,000	710,000
Japón	476,900	448,000	432,400	395,000	400,000
Italia	357,031	352,769	332,449	376,553	385,000
Indonesia	270,748	244,371	272,700	301,000	301,030
Sudan	227,000	227,000	227,000	230,000	230,000
Filipinas	166,100	168,810	179,540	179,540	179,540

FAO, 2005.

Producción Nacional

A nivel nacional, la producción de berenjena en el periodo 2001-2004, fue un poco mas de 48 mil toneladas, de las cuales, Sinaloa produce aproximadamente 46 mil, representando esto poco mas del 95% de la

producción nacional. El 5% restante se divide en los estados de Nayarit (1.85%), Yucatán (0.86%), Morelos (0.69%), Sonora (0.52%) y Jalisco (0.40%) (Cuadro 2) (SIAP-SAGARPA, 2005).

Cuadro 2. Principales estados productores de berenjena en México.				
Producción (Ton)				
Estado	2001	2002	2003	2004
Sinaloa	46,382	46,222	48,570	43,536
Nayarit	455	1,151	1,315	653
Yucatán	308	310	375	680
Morelos	582	82	279	404
Sonora	90	775	125	15
Jalisco	81	8	219	481

SIAP-SAGARPA, 2005.

Sinaloa cuenta con una gran diversidad de tipos de berenjena, entre las que se encuentran Clásica, China, Filipina, Hindú, Italiana, Japonesa y Tailandesa (Cuadro 3), siendo la primera la de mayor participación en el mercado, seguida por la tipo China. Casi el 100 % de la berenjena producida en Sinaloa se destina al mercado de exportación ya que el consumo *per cápita* en nuestro país es muy bajo. La época de mayor comercialización de esta hortaliza es durante los meses de noviembre a marzo, extendiéndose algunas veces hasta mayo (Ramírez, 1999).

Según datos de SIAP-SAGARPA (2005), en el año 2004 Sinaloa destinó 1,085 hectáreas al cultivo de berenjena, produciendo 43,536 ton, con un rendimiento de 40.12 Ton/Ha. También, se reporta un volumen de exportación de 34 mil toneladas de berenjena, generando 34.6 millones de dólares como valor de la exportación total de esta hortaliza en el ciclo 2003-2004 (CIDH, 2004).

Cuadro 3. Principales tipos de berenjena producidos en Sinaloa.	
Tipos	Participación (%)
Clásica	86.04
China	6.24
Japonesa	2.35
Georgina	1.62
Italiana	1.15
Tailandesa	0.31
Filipina	0.28
Otros	2.01

Ramírez, 1999.

Características Botánicas del Fruto de Berenjena

La berenjena de nombre científico *Solanum melongena* L., esta clasificada dentro de la familia *Solanaceae*, subfamilia *Solanoideae*, la tribu *Solaneae*, el genero *Solanum*, subgénero *Leptostemonum* (Kantharajah y Golegaonkar, 2004). Está considerada como una planta pluriannual cultivada como anual, la cual posee un sistema radicular fuerte y profundo. Su tallo es de crecimiento indeterminado, generalmente erecto con características rígidas, pudiéndose alcanzar en el cultivo al aire libre, una altura que oscila entre los 0.5 y 1.5 m (Maroto, 2002).

Planta

Presenta hojas grandes de largo peciolo, enteras, con nerviaciones que exhiben espinas y envés cubierto de vellosidad grisácea. Las hojas están alternadas sobre los tallos (Infoagro, 2003; Salunkhe y Desai, 1984). Las flores son grandes de color violeta, generalmente solitarias o en grupos de dos o mas. El número de pétalos, sépalos y estambres oscila entre 6 y 9. Los pétalos son de color violeta. Tanto el pedúnculo como el cáliz poseen abundantes espinas. Los estambres presentan anteras muy desarrolladas de color amarillo que se sitúan por debajo del estigma (Infoagro, 2003; Salunkhe y Desai, 1984).

Fruto

Es una baya carnosa de forma muy variable (redonda, alargada, aperada, etc.) y colores muy diversos (blanco, morado, violeta, negro, jaspeado, entre otros). El color de la pulpa es entre blanco y beige, con características de tejido esponjoso, en el cual se encuentran inmersas muchas semillas pequeñas, aplastadas y de color parduzco. En un fruto pueden existir hasta 2500 semillas y en 1 g pueden contabilizarse 250 semillas. Su poder germinativo medio es de unos 4 a 6 años (Maroto, 2002).

Exigencias del Cultivo de la Berenjena

Clima

La planta de berenjena requiere de un periodo de crecimiento de alrededor de 120 días para alcanzar una producción adecuada (Chen *et al.*, 2002). En plena vegetación, su temperatura óptima de desarrollo se sitúa entre 20-30°C durante el día y 15-20°C durante la noche. La temperatura mínima de germinación esta cercana a los 15°C. Este cultivo es muy sensible a las heladas, mientras que las altas temperaturas no le suelen perjudicar, pudiendo resistir perfectamente niveles de temperatura por encima de los 40°C. Durante el periodo de floración le favorecen temperaturas situadas entre 20-30°C (Maroto, 2002).

Suelo

La berenjena requiere suelos profundos, fértiles, bien drenados, con altos niveles de materia orgánica y un pH de 5.5 y 6.8. Los suelos arenosos o salinos son mejores para un apropiado crecimiento y desarrollo de la planta (ideal cuando se desea una producción temprana). Los suelos arcillosos y saturados deben ser evitados debido a que favorecen la aparición de enfermedades de la raíz (Chen *et al.*, 2002).

Irrigación y Fertilización

La berenjena puede crecer tanto con irrigación por surco como por goteo. Un cultivo de berenjena irrigado por surco usa aproximadamente 1850 m³ de agua, aunque la cantidad de agua usada en el riego, depende de la estación del año y del estado de crecimiento de la planta (Aguilar *et al.*, 1998).

Este cultivo puede soportar la sequía así como también la lluvia excesiva. Cuando la temperatura y la humedad son altas, las plantas de berenjena llegan a ser muy vegetativas (Chen *et al.*, 2002).

El nitrógeno requerido para el cultivo de la berenjena es aproximadamente de 168 a 224 kg/ha. Una mezcla típica de 90 a 134 kg/ha tanto de fósforo como de potasio y de 20 a 45 kg/ha de nitrógeno es aplicada antes de la plantación. Durante la temporada de crecimiento se puede aplicar de 2.3 a 4.5 kg de nitrógeno cada semana para el periodo de crecimiento vegetativo. Al inicio de la floración, de 7 a 11 kg de nitrógeno es aplicado cada semana. Durante el desarrollo del fruto de 5 a 7 kg por semana (Aguiar *et al.*, 1998).

Clasificación de las Variedades de Berenjena

Modernamente, en la delimitación varietal de las berenjenas, se esta utilizando una clasificación basada en los centros u orígenes de diversificación en los siguientes términos según Aguiar *et al.*, (1998).

Grupo Oriental

Constituido por variedades adaptadas a climatologías templado-húmedas, poco susceptibles al ahilamiento, razón que las hace adaptarse bien a su cultivo en invernadero. Presentan una fuerte pigmentación en todos sus órganos, incluso en el cáliz (Maroto, 2002). Dentro de este grupo se encuentran las variedades Japonesas, que produce frutos delgados y elongados y tienen la cáscara de color púrpura oscuro. También las variedades Chinas, que son frutos largos, delgados, cilíndricos y de color ligeramente menos púrpura que las Japonesas con cáliz verde-púrpura pertenecen a este grupo.

Grupo Meridional

Adaptadas a climas tropicales y subtropicales, agrupa tipos muy variados, a menudo poco pigmentados, con tallos gruesos y hojas grandes. Estos tipos de berenjena manifiestan un crecimiento lento en climas templados (Maroto, 2002). Aquí se encuentran las variedades Americanas que producen frutos de forma globular y tienen la cáscara púrpura oscuro con cáliz verde.

Grupo Occidental

Incluye la mayor parte de las variedades cultivadas en los países mediterráneos, adaptadas a climas templados y secos, con frutos generalmente de color púrpura oscuro, cáliz espinoso y carne muy firme (Maroto, 2002). Dentro de este grupo están las variedades Italianas, que tienen frutos con cáliz verde, son delgadas, elongadas y de cáscara mas gruesa, pero mas cortas y anchas que las variedades Japonesas

Etapas Fisiológicas del Fruto de la Berenjena

Los cultivos de berenjena son generalmente desarrollados en el campo por medio de transplante; sin embargo en algunas regiones se usa directamente la semilla (Aguiar *et al.*, 1998). El transplante ideal es una planta robusta y libre de enfermedades, con tres o cuatro hojas verdaderas y sin yemas florales (Chen *et al.*, 2002).

Floración

La berenjena no tiene necesidades específicas de duración del día para la iniciación floral y esta inicia entre las 6 y 8 semanas después del transplante. La temperatura de día optima para un crecimiento satisfactorio y producción de fruto es de 25-35 °C, con temperatura de la noche de 20-27°C. No es tolerante

a temperaturas bajas y no puede sobrevivir a la helada. Si la berenjena se somete a temperaturas inferiores de las mencionadas anteriormente el crecimiento y desarrollo son muy lentos (George, 1989).

Las flores se encuentran de forma solitaria o en racimos de dos o más. En el tipo de floración solitaria el porcentaje de caída de la flor es muy bajo, mientras que en el tipo de floración en racimo, el porcentaje de caída de la flor puede llegar a ser hasta del 80%. La flor normalmente es perfecta, teniendo partes funcionales tanto femeninas (anteras) como masculinas (pistilos) (Chen, 2002).

Polinización

Para una buena germinación del polen es necesario un cierto nivel de humedad en el ambiente, cuyo exceso puede perjudicar la dehiscencia polínica, lo que es relativamente frecuente en la producción bajo invernaderos de coberturas plásticas (Maroto, 2002). En muchas de las áreas donde se cultiva berenjena, la antesis y la dehiscencia polínica en las flores de berenjena ocurre entre las 6 y 11 de la mañana. Sin embargo, la antesis y la dehiscencia polínica están fuertemente influenciadas por la luz del día, temperatura y humedad. El polen es retenido de 8 a 10 días con condiciones de temperatura de 20-22°C y con humedades relativas de 50-55% (Chen, 2002).

Las flores de berenjena son normalmente autógamas, aunque puede existir alguna fecundación cruzada cuando son atraídas a las flores suficientes abejas (George, 1989). La forma cónica de las anteras favorece la autopolinización; pero si el estigma se proyecta más allá de las anteras, hay una gran posibilidad para la polinización cruzada. Los rangos de polinización cruzada natural pueden variar dependiendo del genotipo, localización y actividad de los insectos (Chen, 2002).

Crecimiento del Fruto

Con muy pocas excepciones el crecimiento de los frutos, desde la antesis hasta que alcanzan la madurez, describe una curva tipo sigmoide o doble sigmoide, en esta ultima, existen dos fases de crecimiento rápido separadas por un intervalo o fase intermedia de crecimiento lento o nulo, de duración variable (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

Los frutos de berenjena tipo "Clásica" cultivados en Sinaloa, presentan un patrón de crecimiento doble sigmoide, representado por fases de división y elongación celular, realizándose entre estas dos fases el endurecimiento y llenado de la semilla (Siller *et al.*, 1995).

Rodríguez *et al.* (1999), mencionan que la expansión celular de los frutos de berenjena empieza después del noveno día de desarrollo, lo cual se puede apreciar por el rápido incremento del peso y volumen del fruto.

Maduración del Fruto

La maduración es la fase final del crecimiento y desarrollo del fruto, en la que se producen una serie de cambios, generalmente coordinados, que conducen a la senescencia y abscisión del fruto. La finalidad del fruto es ayudar a la dispersión de las semillas y la combinación de las características de color, aroma, textura y gusto contribuyen a ello, haciéndolo atractivo (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

Durante la maduración de las frutas y hortalizas se observan cambios relacionados principalmente con la textura, color, sabor y apariencia del producto. Los cuales se relacionan con los cambios bioquímicos que presenta el tejido vegetal para continuar con su actividad metabólica (El-Zoghbi, 1994).

Los frutos de berenjena para consumo humano son cosechados cuando se encuentran fisiológicamente inmaduros, antes de alcanzar su tamaño, textura y color final (Esteban *et al.*, 1992). La madurez óptima de los frutos de berenjena esta dada por el tamaño llamándola madurez hortícola. Para berenjena tipo 'Clásica o Americana' esta se comercializa en los tamaños 16, 18, 24 y 32 frutos por caja (volumen de 1 1/6 Bushels = 41.11L), los cuales pueden presentar una longitud entre los 26 a 14 cm, dependiendo de la talla (Siller *et al.*, 1995). Conforme el fruto madura, la pulpa se ablanda y llega a ser esponjosa, las semillas también maduran y se tornan de coloración café claro. El sabor amargo en la berenjena esta generalmente asociado a la presencia de fenoles y taninos ocasionados por la sobremadurez (Sargent, 1998).

Manejo Poscosecha del Fruto de Berenjena

Cosecha

Los frutos de berenjena se cosechan una vez que han alcanzado suficiente tamaño (talla) para el mercado (generalmente tres o cuatro semanas después de la floración) (Chen *et al.* 2002).

De manera general, los frutos manifiestan un color brillante y un aspecto terso en toda su superficie, mientras que presentan un ligero reblandecimiento justo debajo del cáliz. Estos poseen un tamaño aproximado comprendido entre los 2/3 y los 3/4 de su máximo desarrollo. La recolección suele hacerse cada 5-10 días de forma manual utilizando tijeras de poda. Los frutos de berenjena son muy sensibles a todo tipo de magulladuras, razón por la que su manipulación debe ser muy cuidadosa (Maroto, 2002).

Clasificación y Empaque

Una vez recolectados, los frutos deben ser seleccionados al menos en dos calidades, la primera constituida por frutos de calibre homogéneo y la segunda por frutos mas desiguales (Maroto, 2002).

La berenjena debe ser clasificada y empacada inmediatamente después de la cosecha para prevenir el sobrecalentamiento del fruto. Los frutos se limpian ya sea por inmersión o esreado con agua a una concentración de 75 a 100 ppm de cloro. Posteriormente, se clasifica por tamaños y se empaca en cajas de cartón. La berenjena puede ser empacada tanto en campo como en empaques (Sargent, 1998).

En Sinaloa, la clasificación y empaque de los frutos de berenjena tipo "Clásica", se lleva a cabo en empaques rodantes en el campo, los frutos se envuelven en papel destrasa para disminuir los daños mecánicos (Muy *et al.*, 2002). Para la clasificación y empaque del resto de las variedades (China, Hindú, Tailandesa, Japonesa, etc.) se realiza en empaques, previo a un lavado con agua clorada y un ligero proceso de secado con aire frío.

Almacenamiento

La berenjena es una hortaliza que tiene una corta vida de anaquel. Durante el almacenamiento su calidad especialmente en términos de pérdida de agua y deterioros físicos decaen rápidamente (Jha y Matsuoka, 2002).

Los frutos de berenjena tienen una velocidad de respiración relativamente baja después de la cosecha y esta velocidad de respiración puede ser reducida aun mas bajando la temperatura del fruto (Cuadro, 4). El preenfriado con aire forzado es el método más utilizado para bajar la temperatura del fruto. Las condiciones óptimas para almacenar los frutos de berenjena son temperaturas

de 12 a 14°C y humedades relativas de 90 a 95 %, estas condiciones disminuyen la pérdida de agua (Sargent, 1998).

Cuadro 4. Tasa de respiración de algunos tipos de berenjena.		
Tipo de Berenjena	mL CO₂/ kg·h	
	Almacenada a 12.5°C (Cantwell y Suslow, 2002)	Almacenada a 20°C (Muy <i>et al.</i>, 2002)
Clásica o Americana	30-39	38-51
Ovalada blanca	52-61	---
Japonesa	62-69	---
China	----	23- 29
Tailandesa	----	18-20

El almacenamiento en atmósferas controladas o atmósferas modificadas ofrece poco beneficio para la conservación de la calidad de las berenjenas. Las concentraciones bajas de oxígeno (3-5%) retrasan por unos días su deterioro y el comienzo de pudriciones. Las berenjenas toleran hasta 10% de bióxido de carbono, pero el incremento en la vida de almacenamiento no es superior al que se obtiene con concentraciones reducidas de oxígeno (Cantwell y Suslow, 2002).

Pérdidas Poscosecha del Fruto de la Berenjena

Daño por Frío

Por debajo de los 12°C los frutos de berenjena sufren daño por frío el cual se desarrolla mediante desordenes fisiológicos manifestados principalmente por la aparición de picaduras (pitting) en el fruto, así como el oscurecimiento de la cáscara, semillas, pulpa y cáliz (Fallik *et al.*, 1995; Aguiar *et al.*, 1998).

Los síntomas del daño por frío pueden aparecer hasta que los frutos son removidos de la temperatura fría. La sensibilidad al daño por frío difiere dependiendo de la variedad, madurez, tamaño del fruto y temporada de cosecha. Frutos pequeños y menos maduros son más susceptibles (Aguiar *et al.*, 1998).

Las variedades americanas son más susceptibles al daño por frío, los síntomas aparecen de 2 a 4 días antes que en otras variedades. Las variedades Chinas son las más resistentes al daño por frío ya que tienen su temperatura óptima de almacenamiento de 10 a 12°C con una humedad relativa de 90 a 95 %. La severidad del daño por frío aumenta conforme la temperatura disminuye y el tiempo de exposición se incrementa; además, el daño es acumulativo (Sargent, 1998). El deterioro se incrementa cuando el fruto es almacenado por más de dos semanas a baja temperatura y es más rápido cuando el fruto fue colocado a temperaturas cálidas antes de la exposición al frío acumulativo (Aguiar *et al.*, 1998).

Salunkhe y Desai (1984), encontraron que el uso de temperatura de almacenamiento a 10°C por 10 días, fué suficiente para desarrollar picaduras en la piel de los frutos de berenjena, siendo más susceptibles los frutos de forma alargada que los pequeños redondos, debido posiblemente a que la

morfología del fruto puede facilitar a penetración de frío. Sin embargo, la presencia de decoloración de la fruta, pérdida de brillo, así como el marchitamiento y muerte de cáliz, no son considerados desórdenes fisiológicos, más bien son procesos normales de envejecimiento de los frutos.

Enfermedades

Las enfermedades poscosecha más comunes en los frutos de berenjena son las pudriciones *Phomopsis vexans* causa una pudrición que se caracteriza por presentar manchas circulares oscuras en el fruto. Esta es la pudrición más común y destructiva durante el transporte y mercadeo de la berenjena. La pudrición por *Alternaria solani* inicia con pequeñas manchas oscuras, con márgenes irregulares principalmente en los bordes del cáliz. Frecuentemente estas manchas se juntan y forman áreas oscuras más grandes y ocasiona pudriciones penetrantes mas serias al fruto. La pudrición por antracnosis causada por *Colletotrichum melongenae* causa manchas hundidas de color amarillo con masas de esporas de color rosa. Mientras que las pudriciones blandas bacterianas se caracterizan por la aparición de manchas acuosas en el fruto, las cuales crecen rápidamente y penetran al fruto, causando un olor fétido (Aguilar *et al.*, 1998; Salunkhe y Desai, 1984; Sargent, 1998).

Composición Nutricional del Fruto de Berenjena

Las características nutricionales de las frutas y hortalizas varían significativamente según el tipo y procedencia. De forma genérica, puede decirse que el contenido de agua oscila entre el 80 y 90%, correspondiendo el resto 10 al 20 % a la materia seca.

Los sólidos totales se distribuyen en un 3-20% de carbohidratos, 1-5% de proteína, 0.6-2.5% de fibra cruda, 0.5-1.5% de minerales, 0.1-0.9% de lípidos (Astiasarán y Martínez, 2000). La berenjena presenta en promedio 92 % de humedad, lo que la hace baja en el aporte calórico (Cuadro 5).

Dentro de los atributos nutricionales que presenta la berenjena destacan su alto contenido de fibra dietaria total, de la cual, Sánchez-Castillo *et al.* (1999), reportan 2.4%. También, es fuente importante de potasio del cual, Alvi *et al.* (2003), reportan un contenido de 221 mg/100g, mientras que, Mohamed *et al.* (2003), encontraron 212 mg/100g.

El contenido de vitaminas es diferente de un tipo de hortaliza a otro, aunque siempre se encuentran en pequeña proporción, las frutas y hortalizas son la principal fuente. En su mayoría, las frutas y hortalizas son una importante fuente de vitamina A y C, ambas, además de favorecer a la nutrición del organismo, son consideradas importantes antioxidantes que ayudan a la salud del hombre debido a su alto poder antioxidante (Astiasarán y Martínez, 2000).

En cantidades más pequeñas pero de mucha importancia se encuentran otros compuestos químicos, como ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, sustancias aromáticas, pigmentos y otros (Astiasarán y Martínez, 2000).

La berenjena se encuentra clasificada dentro de las diez principales hortalizas con alto poder antioxidante (Cao *et al.*, 1996), lo cual es atribuido a elevado contenido de ácidos fenólicos representado principalmente por ácido clorogénico y su contenido puede llegar a ser hasta de 960 mg/100g (Whitaker y Stommel, 2003).

Cuadro 5. Composición nutricional en 100 g de berenjena cruda y cocida en agua (base húmeda).

Nutriente	Unidad	Cruda	Cocida
Agua	g	92.41	91.77
Energía	Kcal	24.0	28
Proteína	g	1.01	0.83
Grasa	g	0.19	0.23
Cenizas	g	0.70	0.54
Carbohidratos (por diferencia)	g	5.70	6.64
Fibra dietaria total	g	3.4	2.5
Calcio, Ca	mg	9	6
Cobre, Cu	mg	0.082	0.108
Fósforo, P	mg	25	22
Hierro, Fe	mg	0.24	0.35
Magnesio, Mg	mg	14	13
Potasio, K	mg	230	248
Sodio, Na	mg	2	3
Vitamina C (ácido ascórbico)	mg	2.2	1.3

USDA, 2002.

Fibra Dietaria

La fibra dietaria constituye los restos comestibles de las células de las plantas, polisacáridos, lignina y sustancias asociadas resistentes a la digestión (hidrólisis) por las enzimas alimentarias de los humanos (Slavin, 2003).

Esta definición identifica microconstituyentes de los alimentos que incluye celulosa, hemicelulosa, lignina, gomas, celulosas modificadas, mucilagos, oligosacáridos, pectinas y sustancias menores asociadas, como ceras, cutina y suberina (DeVries *et al.*, 1999).

La fibra dietaria es un componente ubicuo de los alimentos de origen vegetal e incluye materiales de diversa estructura química y morfológica, resistente a la acción de las enzimas alimentarias humanas. Los mayores componentes de la fibra dietaria son celulosa, polisacáridos no celulósicos como la hemicelulosa y las sustancias pecticas y un componente no polisacárido, la lignina. Estos son los principales componentes estructurales de la pared celular en las plantas (McPherson, 1982). Estos componentes de la fibra dietaria tienen estructuras químicas únicas y propiedades químicas muy características (masa/volumen, viscosidad, capacidad de retención de agua, absorción o fermentabilidad), las cuales determinan su comportamiento fisiológico (Burton-Freeman, 2000).

La fibra dietaria se clasifica en soluble e insoluble en base a su disolución en agua. Ambos tipos son importantes para la salud en maneras diferentes. La fibra soluble incluye gomas, mucilagos, pectinas y algunas hemicelulosas, mientras que las insolubles se encuentra la celulosa, lignina, y el resto de las hemicelulosas. Las cáscaras de las frutas y hortalizas son fuente importante de fibra insoluble (Henley y Misner, 1999). La berenjena es considerada como rica fuente de este componente

Se ha reportado que un alto consumo tanto de fibra dietaria soluble e insoluble, es efectivo para reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales, cáncer de colon, respuesta glicémica y obesidad (Chau *et al.*, 2004).

El consumo de fibra dietaria, especialmente del tipo soluble, como las pectinas y la goma guar, pueden tener como resultado una disminución en los niveles de colesterol en el suero sanguíneo tanto en personas saludables como en hipercolesterolemicos. Un consumo diario de 2 a 10 g/día de fibra dietaria soluble esta asociada con una disminución del colesterol y lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Ballesteros *et al.*, 2001). Por otro lado, los componentes insolubles mayoritarios de la fibra dietaria, celulosa, hemicelulosa y lignina, previenen o ayudan contra la constipación en humanos, debido a la absorción de agua en el tracto digestivo (Rehman y Shah, 2004).

Las recomendaciones de ingesta diaria de fibra dietaria para los adultos generalmente se encuentra entre 20 a 35 g/día. También, se ha recomendado la ingesta de la fibra dietaria en base a la ingesta de energía, de 10 a 13 g de fibra dietaria por 1000 kcal. Las tablas nutricionales usan 25 gramos de fibra dietaria por día para una dieta de 2000 kcal/día o 30 g/día de fibra dietaria como meta para una dieta de 2500 kcal/día (Marlett *et al.*, 2002).

Vitamina C

La vitamina C es la definición genérica para todos los compuestos que presentan la actividad biológica del L-ácido ascórbico (Lee y Kader, 2000). Esta se encuentra dentro del grupo de las vitaminas hidrosolubles. Fue aislada en 1928 por Szent-Gyorgyi, su estructura establecida en 1933 y llamado ácido ascórbico debido a su efecto protector contra el escorbuto (Hancock y Viola, 2005). La forma oxidada de la vitamina C (Figura 1) es conocida como, ácido dehidroascórbico, también presenta actividad biológica, ya que es fácilmente reducido intracelularmente a ácido ascórbico, esto mediante mecanismos celulares de transporte y metabolismo (Jacob *et al.*, 2002). Estos mecanismos son importantes porque la dieta humana normalmente contiene mayores cantidades de ácido dehidroascórbico (Wilson, 2002).

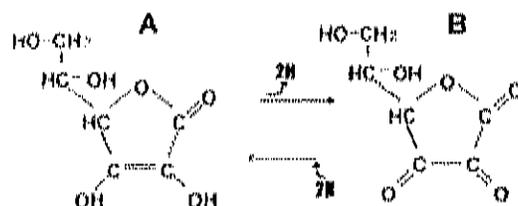


Figura 1. Estructuras del ácido ascórbico (A) y ácido dehidroascórbico (B).

Debido a que el organismo humano no puede sintetizar la vitamina C, es necesario su ingesta de manera exógena (Iqbal *et al.*, 2004). Esta ayuda a las células a crecer y mantenerse sanas, en la respuesta del cuerpo a infecciones y estrés, ayuda a eficientizar la absorción de Hierro (Young, 1999), además, actúa como cofactor en la biosíntesis de colágeno y carnitina (Wilson, 2002). El requerimiento diario de vitamina C en personas adultas son de 60 mg, aunque puede extenderse hasta 200 mg. dado a las características de vitamina hidrosoluble, el cuerpo humano usa solo la cantidad requerida y elimina el exceso. La vitamina C no puede ser almacenada en el cuerpo por lo que es importante cumplir con el requerimiento diario establecido (Young, 1999).

La vitamina C es el componente más importante que aporta el consumo de frutas y hortalizas en la nutrición humana, ya que contribuye con más del 90% de la vitamina C consumida. Muchos factores pre y poscosecha influyen en el contenido de vitamina C en frutas y hortalizas. Estos, incluyen genotipo, condiciones climáticas, estado de madurez, método de cosecha y las condiciones en su posterior manejo poscosecha (Lee y Kader, 2000).

La berenjena no es considerada una rica fuente de esta vitamina, ya que se reportan valores inferiores a los 19 mg/100 g de fruta fresca (USDA 2002). Aunque algunos documentos la evalúan como una importante fuente de esta vitamina y fibra (Salunkhe y Desai, 1984).

Compuestos Fenólicos

El término compuestos fenólicos o polifenoles puede ser definido como aquellas especies orgánicas que poseen en su estructura al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos unidos a él. Sin embargo, esos grupos funcionales pueden estar sustituidos por ésteres, glicósidos, etc. (Escarpa y González, 2001). Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos más grandes y ubicuos de los metabolitos de las plantas. Miles de moléculas que presentan estructura polifenólica han sido identificadas en plantas superiores y cientos de ellas se encuentran en plantas comestibles (Manach *et al*, 2004). Los polifenoles son constituyentes regulares de la alimentación humana. El consumo promedio de polifenoles es de 1 gramo por día. Las fuentes mas ricas son las frutas, bebidas como el té (negro y verde), café, vino y los jugos de frutas, y en menor grado hortalizas, cereales y leguminosas (Scalbert *et al*, 2002).

Estas moléculas son metabolitos secundarios de las plantas y se biosintetizan a través de la ruta del ácido shiquímico. Hay una gran variabilidad en su estructura y presencia en las plantas. Los polifenoles son muy diferentes en tamaño y este grupo incluye tanto a los polifenoles simples como los ácidos hidroxibenzoicos, así como a los polimeros más complejos como lo son los taninos de alto peso molecular (Tomas-Barberán y Espín, 2001). Además, son responsables de las principales características organolépticas de los alimentos y bebidas derivados de las plantas, particularmente el color y el sabor (Cheynier, 2005).

Una molécula fenólica es a menudo característica de una especie de plantas e incluso de un órgano o tejido en particular de esa planta. Es por lo tanto imposible saber precisamente la naturaleza de todos los polifenoles que

ingerimos. En contraste, es deseable conocer las principales clases de polifenoles consumidos, los tipos de alimentos que los presentan y su contenido en esos alimentos. Para su clasificación los compuestos fenólicos se encuentran definidos de acuerdo a la naturaleza de su esqueleto de carbonos como: ácidos fenólicos, flavonoides y los menos comunes estilbenos y lignanos (Scalbert y Willansom, 2000).

Ácidos Fenólicos

El nombre ácidos fenólicos, en general describe a los fenoles que poseen un ácido carboxílico funcional. Los ácidos fenólicos contienen dos esqueletos de carbono que los distinguen en: ácidos hidroxicinámicos y ácidos hidroxibenzoicos. Aunque el esqueleto básico es el mismo, el número y posiciones de los grupos hidroxilos en el anillo aromático hacen la diferencia (Robbins, 2003). Los ácidos hidroxicinámicos e hidroxibenzoicos son abundantes en los alimentos y pueden representar cerca del la tercera parte de los compuestos fenólicos en nuestra dieta. Estos compuestos pueden encontrarse como ésteres o en forma libre, los cuales, pueden estar solubles y acumulados en las vacuolas o bien insolubles como componentes de la pared celular (Yang *et al.*, 2001).

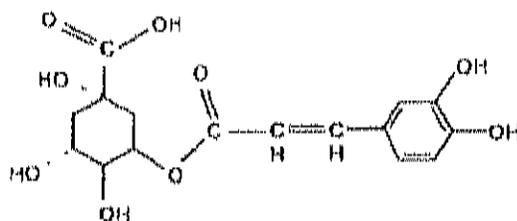


Figura 2. Estructura del ácido clorogénico.

Ácidos hidroxicinámicos. Los ácidos hidroxicinámicos constituyen el grupo más ampliamente distribuido de compuestos fenólicos. Dentro de ellos hay cuatro estructuras básicas que existen en su forma natural las cuales corresponden a los ácidos cumárico, cafeico, ferúlico y sinápico. Similar a otros compuestos fenólicos, la mayoría de estas estructuras se encuentran en el reino vegetal asociadas a otros tipos de compuestos. Un claro ejemplo de la importancia universal lo constituye la esterificación del ácido cafeico con el ácido quínico que forma la estructura ampliamente distribuida en los alimentos con el nombre genérico de ácido clorogénico (Figura 2) (Escarpa y González, 2001).

Ácidos hidroxibenzoicos: El contenido de ácidos hidroxibenzoicos en las plantas comestibles es generalmente muy bajo, con la excepción de algunas frutas rojas, rábano y cebolla, que pueden tener concentraciones de varias decenas de miligramos por kilogramo de peso fresco. El té es una importante fuente de ácido gálico: las hojas de té pueden contener arriba de 4.5 g/kg de peso fresco. Además, los ácidos hidroxibenzoicos son componentes de estructuras complejas como los taninos hidrolizables (galotaninos en mangos y elagitaninos en frutos como fresas y zarzamora). Debido a que los ácidos hidroxibenzoicos, tanto libres como esterificados se encuentran solo en pocos alimentos comestibles para el hombre, no han sido estudiados profundamente y no están considerados para tener un interés nutricional (Manach *et al.*, 2004).

Flavonoides

Los flavonoides son polifenoles que tienen el esqueleto del difenil propano ($C_6-C_3-C_6$). Las diferencias individuales dentro de cada grupo resultan desde la variación en número y arreglo de los grupos hidroxilos, así como de la naturaleza y extensión de alquilación y/o glicosilación de esos grupos (Karakaya, 2004).

Antocianinas. Son pigmentos disueltos en las vacuolas de los tejidos epidérmicos de flores y frutos, los cuales imparten los colores rosa, rojo, azul o púrpura. Existen en diferentes formas químicas, con color o incoloras, dependiendo del pH. Aunque son altamente inestables en la forma aglicona (antocianidinas), mientras están en la planta, son resistentes a luz, pH y condiciones de oxidación, sucediendo lo contrario cuando son extraídas de ellas. En la dieta humana, las antocianinas se encuentran en el vino tinto, algunos cereales y en algunas hortalizas de hoja y raíces (berenjena, col, cebolla, rábano), pero son más abundantes en las frutas. La cianidina es la antocianina más común en los alimentos. Las antocianinas se encuentran principalmente en la cáscara, excepto en algunos frutos como la cereza y la fresa localizadas principalmente en la pulpa (Manach *et al.*, 2004).

Flavonoles. Los principales flavonoles son las catequinas, las cuales son abundantes en el té y el chocolate. En la uva y el chocolate, las catequinas son mayoritariamente catequina y epicatequina, sin embargo, las catequinas del té también tienen gálicos ésteres de catequinas como componentes mayoritarios. Las proantocianidinas son flavonoles poliméricos (de 4 a 11 unidades), que están presentes en materiales vegetales tales como las semillas de la uva (Yang *et al.*, 2001).

Flavonoles. La quercetina es el principal flavonol en la dieta humana, se encuentra presente en muchas frutas, hortalizas y bebidas. Es particularmente abundante en cebolla (0.3 mg/g peso fresco) y en el té (10-25 mg/L). La quercetina usualmente se encuentra como o-glicósidos, con la D-glucosa como el residuo de azúcar más frecuente. Más de 170 diferentes glicósidos de quercetina han sido identificados (Yang *et al.*, 2001).

Flavononas. Son un grupo minoritario dentro de los flavonoides y por lo tanto están distribuidos en pequeñas cantidades en las frutas y hortalizas. Sin embargo, los cítricos son la excepción ya que en este grupo de frutas son los compuestos fenólicos mayoritarios. Las más comúnmente distribuidas son la hesperetina, naringerina y narirutina (Escarpa y Gonzalez, 2001).

Flavonas. Consisten principalmente de glicósidos de luteína y apigenina. Las únicas fuentes comestibles importantes de flavonas identificadas son, el perejil y el apio. Cereales como mijo y trigo contienen C-glicosidos de flavonas. La cáscara de las frutas cítricas, contienen grandes cantidades de flavonas hidroximetoxiladas como, tangeretina, nobiletina y cinensetina (arriba de 6.5 g/L de aceite esencial en mandarina) (Manach *et al.*, 2004).

Estilbenos

Están formados por dos compuestos fenilos unidos por un puente de dos carbonos de metileno y se encuentran en una distribución bastante restringida. Muchos estilbenos en las plantas actúan como fitoalexinas antifúngicas, compuestos que sólo son sintetizados en respuesta a una infección o daño. El más estudiado es el resveratrol, el cual se encuentra presente en uvas, vino y cacahuate. El vino tinto contiene de 1.5 a 3.0 mg resveratrol/L (Yang *et al.*, 2001).

Lignanós

Están formados por dos unidades de fenilpropano. La fuente más rica es la linaza, la cual contiene secoisolariciresinol (arriba de 3.7 g/Kg peso seco) y bajas cantidades de metairesinol. Otros cereales, granos, frutas y algunas hortalizas también contienen trazas de estos lignanos, pero las concentraciones en linaza son aproximadamente 1000 veces mayor que en estas (Manach *et al.*, 2004).

Ácido Clorogénico

Se denominan "ácidos clorogénicos" a la familia de ésteres (mono-, di- y tri-ésteres) formados por la unión de los ácidos hidroxicinámicos (cafeico, ferúlico y cumárico) con el ácido quínico, aunque los más ampliamente distribuidos dentro de éste grupo de ácidos fenólicos son los mono-isómeros del ácido cafeico: ácido neoclorogénico (3-*o*-cafeoilquinico), ácido criptoclorogénico (4-*o*-cafeoilquinico) y el más común de estos, único disponible comercialmente y por lo tanto conocido universalmente con el nombre de ácido clorogénico (5-*o*-cafeoilquinico) (Figura 2) (Clifford, 2000).

El término ácido clorogénico fue introducido en 1846 para nombrar un compuesto fenólico con función ácida, de estructura desconocida en ese momento. Este compuesto fue aislado en 1907 en forma de un complejo cristalino, llamado clorogenato de cafeína, a partir del cual se preparó un ácido puro (De Maria y Alves, 2004). El ácido clorogénico y sus isómeros están presentes en numerosas especies de plantas incluyendo aquellas que pertenecen a la familia Solanaceae. Su principal función en las plantas parece ser defenderla contra fitopatógenos (Niggeweg *et al.*, 2004).

Su biosíntesis (Figura 3) es derivada de la fenilalanina, la cual es formada por la ruta del ácido shiquímico, empezando de fosfoenol piruvato y 4-fosfato eritrosa. La fenilalanina es convertida por la enzima fenilalanina amonía liasa (PAL) a ácido trans-cinámico, seguido por una hidroxilación en la posición 4 del anillo aromático formando el ácido 4-hidroxicinámico o ácido *p*-cumárico. La hidroxilación en la posición 3 del anillo aromático lleva a la formación del ácido cafeico, el cual posteriormente se une al ácido quínico resultando en la formación del ácido clorogénico y sus isómeros (Friedman, 1997).

Este ácido fenólico se encuentra en altas concentraciones en café (hasta 13 % en algunos genotipos) (Guerrero *et al.*, 2001) y se encuentra presente en una gran variedad de frutas y hortalizas (Clifford, 1999). Un estudio realizado por Cao *et al.* (1996), ubica a la berenjena dentro de los 10 vegetales con poder antioxidante, lo cual se atribuye al alto contenido de ácidos fenólicos que presenta esta hortaliza de los cuales el ácido clorogénico es el mayoritario (Whitaker y Stommel, 2003).

Factores que Afectan la Síntesis de Ácido Clorogénico

El ácido clorogénico, es uno de los productos más abundantes del metabolismo secundario en las plantas. Una gran cantidad de tipos de estrés, incluyendo luz UV, deficiencia de minerales y ataque de patógenos, los cuales han mostrado un incremento de los niveles de ácido clorogénico en una gran variedad de tejidos de las plantas. Factores asociados con la acumulación de carbohidratos en hojas, incluyendo alta radiación solar, altas concentraciones de CO₂ y el consumo de sacarosa, también llevan a la acumulación de ácido clorogénico y otros polifenoles. A pesar de las evidencias de que el ácido clorogénico juega un papel importante en la adaptación al estrés, poco se sabe acerca de su función bioquímica en las plantas (Grace *et al.*, 1998).

Cambios Causados por Estrés

Un estudio realizado por Kirakosyan *et al.* (2004), en *Crataegus monogyna* y *Crataegus laevigata*, demuestra que el déficit de agua y el frío, tienen efecto en el aumento de los niveles de ácido clorogénico. Esto puede ser atribuido a que en las plantas sometidas a estos tipos de estrés, la fijación de carbono a través de la fotosíntesis por la cual se lleva a cabo la síntesis de metabolitos primarios como celulosa, lignina, lípidos y proteínas, es desviada hacia la formación de metabolitos secundarios tales como los compuestos fenólicos.

El modo de acción de diferentes nutrientes en la formación de los compuestos fenólicos en las plantas es incierto, sin embargo, Awad y Jager (2002a), reportan que la fertilización de árboles de manzana de la variedad "Elstar" con altos niveles de nitrógeno, potasio y magnesio disminuye la producción de ácido clorogénico en los frutos que producen estos árboles, mientras que los altos niveles de fósforo y calcio la aumentan.

El efecto de diferentes reguladores de crecimiento en la formación de ácido clorogénico y flavonoides en la cáscara de manzanas variedad "Jonagold" fue estudiado por Awad y Jager (2002b) y encontraron que la aplicación de ethephon aumenta los niveles de estos compuestos fenólicos, mientras que la aplicación de ácido giberílico tiene un efecto negativo en la concentración de ácido clorogénico.

Cambios Durante el Almacenamiento

Awad y Pajer (2001), reportan que no hay cambios significativos en las concentraciones de los flavonoides y ácido clorogénico presentes en manzanas almacenadas a 1 °C tanto en condiciones normales como en ultra bajas condiciones de oxígeno. Observando que las concentraciones de los principales flavonoides se mantuvieron constantes mientras que los niveles de ácido clorogénico mostraron solo cambios menores.

Un estudio realizado por Griffiths *et al.* (1995), concluyen que el contenido de ácido clorogénico durante el almacenamiento de papa incrementa con la exposición a la luz y puede incrementar los niveles de este ácido fenólico hasta en un 100 % dependiendo de la variedad.

Mozelic *et al.* (2004), reportan que los niveles a ácido clorogénico en cereza, disminuyen durante la maduración hasta en un 50 %, este mismo comportamiento es reportado en tomate por Buta y Spaulding (1997), quienes encontraron que los niveles mas altos de ácido clorogénico se alcanzan cuando este fruto se encuentran en la etapa intermedia de su maduración (Breaker).

Spanos *et al.* (1990), encontraron que jugos de manzana de la variedad "Granny Smith" almacenadas por 9 meses a 1 °C contienen mas baja concentración de compuestos fenólicos que los jugos almacenados por 3 meses. El almacenamiento de los jugos concentrados por 9 meses a 25 °C causó la pérdida del 36 % del ácido clorogénico y de 50 a 60 % de los principales flavonoides. Un estudio realizado por Scalzo *et al.* (2005), en diferentes variedades de manzanas, fresas, albaricoques y melocones, muestra las diferencias que se pueden presentar en el contenido compuestos fenólicos dentro de una misma especie.

Biodisponibilidad del Ácido Clorogénico

La evidencia de la biodisponibilidad de algunos compuestos fenólicos, se ha obtenido mediante la medición de sus concentraciones en el plasma y orina después de su ingesta tanto de compuestos puros o de alimentos con un contenido conocido del compuesto cuantificado. La estructura química de los polifenoles determina el rango y la extensión de la absorción intestinal y la naturaleza de los metabolitos que circulan en el plasma. Los pocos estudios de biodisponibilidad en humanos muestran que las cantidades de polifenoles encontrados intactos en la orina varían de un compuesto fenólico a otro (Scalbert y Williamson, 2000).

En humanos y en el caso específico del ácido clorogénico, dos terceras partes del total consumido llegan al colon, donde la microflora probablemente lo hidroliza en ácido cafeico y ácido quínico. Posteriormente, el ácido cafeico se dehidroxila por las bacterias en el colon; después de la absorción, es β -oxidado hasta llegar a formar ácido benzoico. El ácido quínico es dehidroxilado hasta formar ácido ciclohexano carboxílico, posteriormente aromatizado en ácido benzoico por la microflora del colon y por último absorbido en los tejidos del cuerpo. El ácido benzoico formado se conjuga con glicina y es excretado en la orina como ácido hipúrico (Figura 4) (Olthof *et al.*, 2001; Olthof *et al.*, 2003).

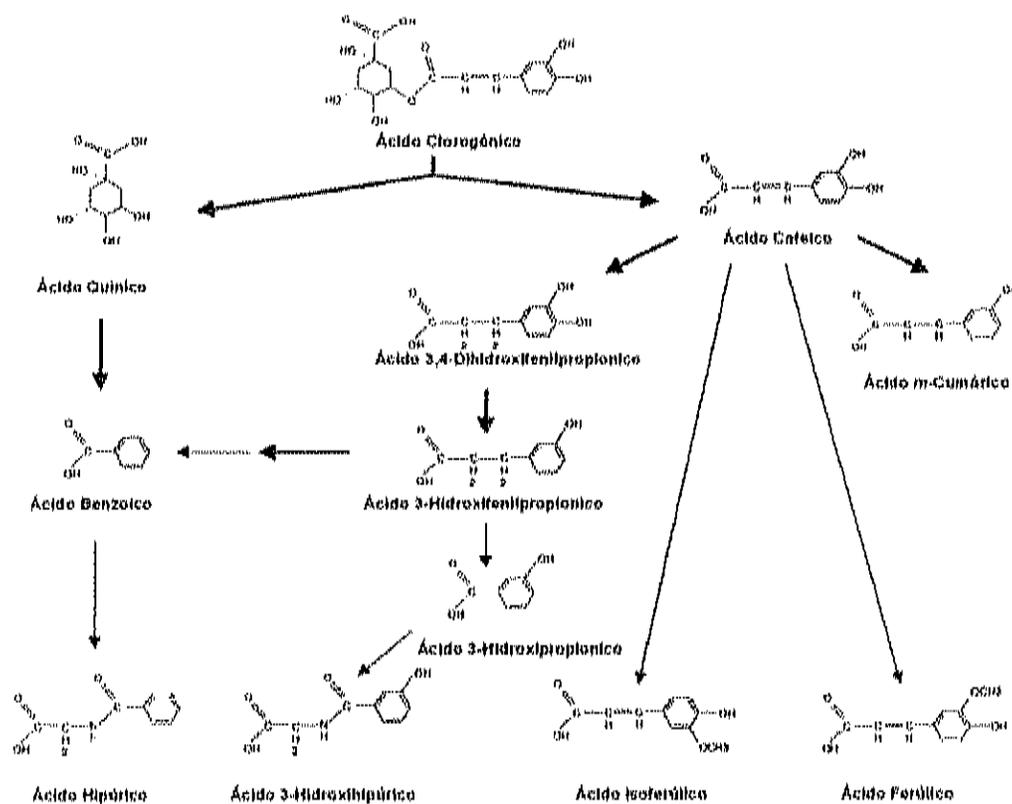


Figura 4. Ruta general del metabolismo del ácido clorogénico
(Gonthier *et al.*, 2003).

Antioxidantes de Origen Vegetal

Las frutas y hortalizas muestran una serie de combinaciones benéficas de micronutrientes, antioxidantes y fibra presentes, que ayudan a prevenir enfermedades en el organismo humano (Liu *et al.*, 2004). Es por esto, que a nivel internacional diversos organismos del sector salud promueven al consumo de al menos 5 porciones de frutas y/o hortalizas en la dieta diaria (Marlett *et al.*, 2002). Las frutas y hortalizas presentan antioxidantes naturales donde destacan principalmente las vitaminas, los fenoles y los pigmentos. Estos debido a su estructura química y configuración de los dobles enlaces, actúan protegiendo a las células humanas del "estrés oxidativo", producido por la acción de los radicales libres, que son los principales responsables de las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y el envejecimiento (Huang *et al.*, 2004).

Las defensas antioxidantes de nuestro organismo son indispensables para preservar nuestra salud. La evidencia actual demuestra que patologías crónicas como aterosclerosis y cáncer son las dos principales causas de muerte en países desarrollados, están asociadas a daño oxidativo. Lo mismo ocurre con las complicaciones de otras condiciones patológicas como artritis, diabetes y el proceso biológico del envejecimiento, que se aceleran en función de la magnitud del estrés oxidativo (Sohal, 1996).

Aproximadamente un 2 % del oxígeno consumido por un organismo normal va a la formación de especies reactivas del oxígeno (EROs). Cuando la generación de EROs sobrepasa las numerosas barreras de defensa antioxidantes del organismo, se produce gran aumento del daño de las estructuras biológicas y a este proceso le denominamos estrés oxidativo (Chance, 1979).

El estrés oxidativo se define como un desequilibrio entre la producción de radicales libres y las defensas antioxidantes. En consecuencia, las defensas antioxidantes del organismo son claves para el control de enfermedades crónicas, lo que tiene una tremenda implicación en medicina preventiva (Urquiaga *et al.*, 1999).

Según Cao *et al.* (1996), la mejor capacidad antioxidante que se puede obtener de las frutas y hortalizas es a través de la vitamina C, E y β -caroteno. Aunque también señalan a los compuestos fenólicos, debido a su abundancia en estos grupos de alimentos. Entre los productos de mayor impacto antioxidante se señalan al té, el ajo, las espinacas, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron frutos de berenjena de los tipos: China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa, los cuales fueron recolectados durante Enero del 2005 en el campo agrícola La Estrella, ubicado en Villa Juárez, Navolato, Sinaloa los frutos fueron trasladados al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Culiacán. Las berenjenas se seleccionaron considerando el color, tamaño y ausencia de enfermedades. Para llevar a cabo el análisis proximal, minerales y fibra dietaria, se utilizaron frutos frescos. Para la cuantificación de ácido clorogénico, contenido de fenoles totales y vitamina C, los frutos se congelaron enteros con nitrógeno líquido y posteriormente se liofilizaron, se pulverizaron en forma individual, se colocaron en bolsas de plástico selladas y se almacenaron a -20°C, hasta llevar a cabo su extracción y cuantificación.

Análisis Proximal y de Minerales

Se determinó el contenido de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra dietaria, y carbohidratos de los frutos de berenjena, siguiendo los métodos descritos por la A.O.A.C. (1998), donde los resultados se expresaron en porcentajes.

Humedad

Se pesaron 5 g de cada una de las muestras en una balanza analítica marca Denver Instrument Company AA-160 (Denver, USA) utilizando crisoles de porcelana previamente tarados. Estos se colocaron en una estufa de calor

seco marca Baxter Scientific Products mod. 8620-SA (Melrose Park, 111) a 100°C durante 24 horas. El porcentaje se calculó mediante la siguiente fórmula (método 920.39).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_f - P_s)}{P_f} \times 100$$

Donde:

P_f = peso fresco de la muestra

P_s = peso muestra seca

Cenizas

Los crisoles con las muestras secas, producto del análisis de humedad, se colocaron en una mufla tipo 30400 Furnace Dubuque (Iowa, USA) a 550°C por 12 horas hasta completa conversión a cenizas blancas (método 942.05). El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso muestra calcinada}}{\text{Peso muestra fresca}} \times 100$$

Proteínas

Se determinaron mediante el método Microkjeldahl como nitrógeno proteico total y convertido a proteína utilizando el factor de conversión de 6.25 para vegetales (método 988.05). Se pesaron 0.1 g de muestra seca y se introdujeron a un matraz Microkjeldahl, se adicionó 1.5 g de mezcla catalizadora (5 % de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y 95 % de K_2SO_4) y 5 ml de ácido sulfúrico. Posteriormente, se realizó una digestión ácida con calor en un digestor Microkjeldahl marca Labconco mod. 60300 (Kansas City, MS) hasta la obtención de una solución azul-verde, la cual, después de enfriar se diluyó con

10 ml de agua destilada para llevar a cabo la destilación de la muestra en un destilador marca Labconco mod. 60500 (Kansas City, MS). Este equipo posee un matraz recibidor calentado a baño María donde se hizo reaccionar la muestra digerida con hidróxido de sodio al 40% produciendo vapores de amonio y agua que son destilados y recibidos en 15 ml de una solución de ácido bórico al 4%. Este último proceso de recolección fue durante 5 min, posteriormente la muestra fue titulada con una solución de HCl a 0.1 N. El contenido de proteína se calculó mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{M \times N \times 0.01401 \times F_c}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Donde:

M = mililitros gastados de HCl

N = Normalidad del HCl

0.014001= miliequivalente del nitrógeno F_c = Factor de conversión = 6.25

Grasas

Esta determinación se realizó como % de extracto etéreo (Método 920.39) mediante un extractor de grasas GOLDFISCH marca Labconco mod. 64132 (Kansas City, Missouri) con capacidad para 6 muestras simultáneas. Se pesaron 2 g de muestra seca en un cono hecho de papel filtro, este fue introducido en un cartucho de extracción poroso. Después, se colocaron en sus respectivos contenedores y se montaron en el equipo. Se adicionaron 35 ml de éter de petróleo anhidro en cada uno de los vasos previamente tarados a peso constante y se montaron en los sitios de recepción de los vasos del equipo. A continuación, se activó el equipo y se hizo circular agua a través de los condensadores conectados en serie para evitar el calentamiento. La extracción se realizó durante 4 horas. Enseguida, los cartuchos fueron retirados para seguir con la recuperación del solvente hasta que el vaso quedó únicamente con el residuo graso. Se continuó el secado del vaso que contenía el extracto graso en una estufa de calor seco a 100°C por una hora.

Finalmente, el vaso se colocó en un desecador por 10 min y se registró su peso constante en la balanza analítica. El contenido de grasa se calculó mediante al siguiente formula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(PE - PV)}{PM} \times 100$$

Donde:

PE = Peso del vaso con el extracto PV = Peso del vaso vacío.

PM = Peso de la muestra.

Fibra Cruda

Para la determinación de fibra cruda (método 7.070), se pesaron 2 g de muestra seca y desgrasada en un matraz redondo, se adicionaron 50 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % y 6 gotas de vaselina como antiespumante. El matraz se puso a hervir suavemente a reflujo durante 30 min. para posteriormente filtrar el contenido sobre papel Whatman # 4 de filtración rápida y lavando con agua caliente. El residuo insoluble se regresó cuantitativamente al matraz y se adicionaron 150 ml de hidróxido de sodio al 1.25 % más 8 gotas de vaselina, se colocó a reflujo 30 minutos más para después filtrar nuevamente sobre papel Whatman # 41 libre de cenizas previamente seco y tarado. El residuo se lavó sobre el papel filtro, primero con 50 ml de ácido sulfúrico al 1.25 %, posteriormente con tres porciones de 25 ml de agua caliente y por ultimo con 25 ml de alcohol etílico. El papel filtro con el residuo se puso a secar en una estufa de calor seco Baxter Scientific Products mod. 8620-SA (Melrose Park, I11) a 80°C durante 3 horas, posteriormente se enfrió en desecador y se pesó (peso del residuo insoluble).

El residuo seco con el papel filtro fue calcinado en un crisol dentro de una mufla tipo 30400 Furnace Dubuque (Iowa, USA) a 550°C por 12 horas, el producto calcinado se pesó y se consideró el peso de las cenizas.

El cálculo se realizó de la siguiente forma:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{(\text{Peso residuo insoluble} - \text{Peso cenizas})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Carbohidratos

El cálculo de carbohidratos se determinó como la diferencia a 100 menos la suma de los porcentajes del resto de los componentes determinados y que corresponden al extracto no nitrogenado (ENN).

$$\% \text{ ENN} = \% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humeado} + \% \text{ proteína} + \% \text{ extracto etéreo} + \% \text{ fibra cruda} + \% \text{ Cenizas})$$

Análisis de Minerales

Se analizaron los minerales Ca, Mg, Fe, P, K, Cu, y Zn en las cenizas obtenidas de las muestras en el proceso anteriormente citado, esto siguiendo las metodologías de la A.O.A.C (1993 y 1995).

Determinación de K, Ca, Mg, Fe, Zn y Cu. Para la digestión de la muestra, se agregaron al crisol con las cenizas 5 ml de HCl concentrado. Posteriormente, se pasaron cuantitativamente a un matraz de 50 ml y se aforó con agua destilada. La determinación individual de cada elemento se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian mod. Spectr AA-20 (Victoria, Australia). El Ca, Mg, Fe y el Zn se determinaron mediante lámparas de diferentes longitudes de onda, mientras que el Cu y el K por emisión de flama.

El porcentaje del elemento en la muestra se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Elemento} = \frac{C \times F_d}{\text{gramos de muestra}} \times 10^{-4}$$

Donde:

C = Concentración del mineral en la muestra (ppm)

$$F_d = \frac{(\text{ml de la dilución original} \times \text{ml de la disolución final})}{\text{ml de la alícuota de la dilución original}}$$

Cuantificación de fósforo. Se determinó por el método colorimétrico recomendado por la A.O.A.C. (1995). Se tomó 1 ml de los 50 ml de la solución obtenida de la digestión con HCl de las cenizas; se agregó 1 ml de solución de molibdato de amonio, 1 ml de solución de hidroquinona y 1 ml de solución de Na₂SO₃ para aforar la mezcla a 10 ml con agua destilada. Posteriormente, se dejó reposar durante 30 minutos, durante el cual desarrolló una coloración azul, enseguida, se midió la absorbancia de la muestra a 650 nm utilizando un espectrofotómetro UV-visible Cary 1E marca Varian (Palo Alto, USA) en celdas de sílice de 1 cm. Se realizó una curva de calibración de 0 a 12 ppm de fósforo a partir de una solución estándar de 1000 ppm adquirida de Sigma Chemical Co. El cálculo del porcentaje del elemento se realizó utilizando la ecuación mostrada en la página anterior.

Preparación de las soluciones. La solución de molibdato de amonio se preparó mediante la mezcla de dos soluciones (25 g de molibdato de amonio en 300 ml de agua destilada y 75 ml de H₂SO₄ en 200 ml agua destilada). La solución de hidroquinona se preparó disolviendo 0.5 g de hidroquinona en 100 ml de agua destilada mas la adición de una gota de H₂SO₄ concentrado. La solución de sulfito de sodio se preparó disolviendo 20 g de Na₂SO₃ en 100 ml de agua destilada.

Análisis de Vitamina C

Esta variable se determinó siguiendo la técnica propuesta por Doner y Hicks (1981), modificada. Se pesaron 0.1 g de muestra y se homogenizaron con 5 ml de solución extractora (30 de HPO_3 en 80 ml de ácido acético y 0.5 g de EDTA), esta mezcla se aforó a 1 L. con agua grado HPLC y se refrigeró a 5°C. La mezcla se filtró a través de papel filtro Whatman No. 1 y mediante membrana de nylon de 0.45 μm . Del filtrado se inyectó 0.1 ml de en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Varian 9050, utilizando una columna bondesil amonio de 25 cm de longitud x 4.7 mm de diámetro marca Varian. Se empleó una fase móvil compuesta de acetonitrilo y buffer de fosfatos en proporción 75:25, inyectada a una velocidad d flujo de 1.5 ml/min y con un tiempo de corrida de 10 min. La lectura se tomó a una longitud de onda de 268 nm y el tiempo de retención fue de 4.5 min. Se realizó una curva de calibración con ácido ascórbico, como estándar de referencia (Sigma Chemical Co.) de 0 a 0.2 mg/ml.

Análisis de Fenoles Totales y Ácido Clorogénico

Extracción y Preparación de Fenoles Totales y Ácido Clorogénico

La extracción se llevó a cabo a partir de 0.2 g de la muestra pulverizada, sonicando por 15 min en 10 ml de metanol conteniendo 0.5 % de hidroxitolueno butilado (BHT). El primer extracto de metanol fue decantado después de centrifugación a 16 000 g durante 10 min, este proceso se llevó a cabo tres veces. Se combinaron los tres extractos, se filtraron a través de papel filtro Whatman No. 4 y membrana de PTFE (0.2 μg de tamaño de poro) usando una jeringa y un portamembrana de 25 mm de diámetro (Whitaker y Stommel, 2003)

Preparación de los fenoles totales. Se tomaron 2 ml de cada extracto, los cuales fueron evaporados a 35°C con reflujo de nitrógeno gaseoso y posteriormente resuspendidos en 10 ml de metanol. Un ml de la solución fue transferido a un matraz volumétrico de 25 ml adicionándole 9 ml de agua destilada. Un ml del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma Chemical Co.) fue añadido al matraz y agitado, después de 5 min, se adicionaron 10 ml de una solución de Na_2CO_3 al 7 % y se agitó. El matraz con la muestra y las soluciones fue aforado con agua destilada y puesto a temperatura ambiente durante 90 min para su posterior cuantificación. El agua destilada con la adición del reactivo Folin-Ciocalteu y la solución de Na_2CO_3 al 7 % fue utilizado como blanco (Chun y Kim 2004).

Preparación del ácido clorogénico. Se tomó una alícuota de 1.5 ml de cada extracto de ácido clorogénico la cual fue transferido a un nuevo vial, de donde el solvente fue removido del vial por medio de evaporación a 35°C manteniendo un flujo de nitrógeno gaseoso. El residuo fue resuspendido en 1 ml de ácido fosfórico 0.02 % en metanol-agua, 1:1 (v/v), con agitación en vortex durante 30 segundos. Después de una centrifugación de 3 minutos para precipitar el BHT insoluble, el supernadante fue transferido a un tubo de microcentrifuga y centrifugado a 16 000 g durante 1.5 min para precipitar las partículas insolubles restantes. El supernadante fue transferido a un nuevo vial de 2 ml el cual fue reflujado con nitrógeno gaseoso y tapado. Cuando los extractos no fueron analizados inmediatamente, se almacenaron a -20°C (Whitaker y Stommel, 2003).

Cuantificación de Fenoles Totales

Las muestras fueron cuantificadas utilizando una curva de calibración elaborada con soluciones estándares de ácido clorogénico (Sigma Chemical Co.), a las concentraciones de 0.25, 0.50, 0.75 y 1 mg/ml.

El contenido de fenoles totales fue expresado como mg de equivalentes de ácido clorogénico/100 g de base seca . Se utilizó un espectrofotómetro Varian UV-Visible Cary 1E, la lectura se llevó a cabo a 750 nm, usando celdas de sílice de 1 cm ajustado con el blanco preparado.

Cuantificación del Ácido Clorogénico

La cuantificación se realizó a partir de una curva de calibración elaborada con soluciones estándares de ácido clorogénico (Sigma Chemical Co.), a las concentraciones de 0.25, 0.50, 0.75 y 1 mg/ml. Los resultados se expresaron como mg/100g de ácido clorogénico en base seca.

Se utilizó un equipo HPLC marca Varian Pro Star mod. 330 con arreglo de diodos, una columna C18 (Phenomenex) y un volumen de inyección de 20 μ l. La cuantificación se realizó a una absorbancia de 325 nm y se usó un estándar externo de ácido clorogénico (Sigma Chemical Co.). Los datos fueron analizados con el software Varian Star Work Station versión 6.0 en una computadora personal Dell. Se utilizó una fase móvil binaria de metanol y ácido fosfórico 0.01 % con el siguiente gradiente: 0-15 min, incremento lineal de 5 a 25 % de metanol, 1 ml/min; 15-25 min, un incremento lineal de metanol de 25 a 50 % de metanol, 1 ml/min; 25-28 min, 50 % de metanol, 1 ml/min; 28-30 min, incremento lineal de 50 a 100 % de metanol y de 1 a 1.2 ml/min; 30-32 min, 100 % metanol, 1.2 ml/min; 32-36 min, decremento lineal de de 100 a 5 % de metanol, 1.2 ml/min; 32-38 min, 5 % de metanol y decremento de 1.2 a 1 ml/min.

Diseño de Experimentos

Se realizó un diseño completamente al azar considerando a los tipos de berenjena como tratamientos (cinco). Se utilizaron tres repeticiones por tratamiento para las variables proximal, minerales, vitamina C, fenoles totales y ácido clorogénico. El estudio se realizó en fruta al momento de corte.

Un fruto constituyó la unidad experimental, para las diferencias en el análisis de varianza (ANOVA), se realizó la separación de medias mediante la prueba de Tuckey con una probabilidad de error del 5 %. El análisis se realizó con el programa estadístico computacional MINITAB 14.0 (MINITAB, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Proximal y de Minerales

Humedad

El porcentaje de humedad en una muestra es la expresión directa de su contenido de agua ligada en el producto. En frutas y hortalizas esta variable se asocia con su turgencia y frescura.

La berenjena tipo 'Tailandesa' fue la que presentó el menor contenido de humedad con 90.09%, siendo estadísticamente diferente del resto de las variedades ($p=0.000$) (Cuadro 6, Anexo 1). Esto posiblemente se debe a que esta berenjena presenta una pulpa más fibrosa con características menos hidratadas que el resto de los materiales, el cual coincide según resultados de esta variable en el Cuadro 6. El contenido de humedad de las berenjenas tipo, China, Clásica, Filipina e Hindú, se encuentran entre el 92.53 y 92.66% resultando estadísticamente iguales entre sí ($p=0.282$) (Cuadro 6, Anexo 2).

Los resultados obtenidos para las berenjenas tipos China, Clásica, Filipina e Hindú, concuerdan con lo encontrado por Alcántara (2001), donde reporta un contenido de 92.2% en berenjena tipo Clásica, mientras que es relativamente inferior al compararlas con lo que reportan Flick *et al.* (1978), los cuales señalan un 93.6% de humedad para esta hortaliza.

Cuadro 6. Análisis nutricional en cinco tipos de berenjena (g / 100 g fruta en base húmeda).

Tipos de berenjena					
Variable	China	Clásica	Filipina	Hindú	Tailandesa
Humedad	92.53 ^a ±0.11	92.66 ^a ±0.08	92.64 ^a ±0.09	92.58 ^a ±0.04	90.09 ^b ±0.25
Cenizas	0.692 ^b ±0.055	0.364 ^c ±0.084	0.726 ^b ±0.003	0.480 ^c ±0.022	1.043 ^a ±0.004
Proteína	0.65 ^b ±0.06	0.67 ^{ab} ±0.13	0.69 ^{ab} ±0.09	0.75 ^{ab} ±0.05	0.90 ^a ±0.07
Grasas	0.037 ^{ab} ±0.009	0.044 ^a ±0.005	0.025 ^b ±0.001	0.031 ^{ab} ±0.008	0.043 ^a ±0.008
Fibra Cruda	0.73 ^b ±0.01	0.78 ^b ±0.07	0.78 ^b ±0.02	0.65 ^c ±0.03	1.54 ^a ±0.08
Carbohidratos	5.34 ^{bc} ±0.11	5.45 ^{bc} ±0.27	5.11 ^c ±0.06	5.49 ^b ±0.08	6.36 ^a ±0.37
Fibra Dietaria	2.76 ^b ±0.14	2.63 ^b ±0.18	1.61 ^c ±0.15	3.59 ^a ±0.08	3.93 ^a ±0.15

Valores con letra diferente indica diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey a una P<0.05.
Media de tres frutos ± desviación estándar

La tabla nutricional para berenjena fresca publicada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2002), muestra un contenido de 92.03% de humedad aunque no señala el tipo, sin embargo coincide con los valores encontrados en este estudio para las berenjenas tipo China, Clásica, Hindú y Filipina, pero ligeramente superior a lo encontrado en la berenjena tipo Tailandesa.

Cenizas

El contenido de cenizas es una variable indirecta de la riqueza en minerales que pudiera tener un producto, sin embargo esta puede estar en función a la calidad del suelo donde se desarrolla un cultivo, la nutrición del mismo, entre las variedades, ya que estas pueden tener diferentes capacidades de absorber nutrientes (Keane, 1972; Chin y Dudek, 1988).

En este estudio, en porcentaje de cenizas fue muy variables entre los tipos de berenjena analizados (Cuadro 6). La tipo Tailandesa presentó el mayor porcentaje con 1.043% siendo estadísticamente diferente al resto de los frutos ($p=0.000$). Las berenjenas tipo Filipina y China presentaron valores de 0.726 y 0.692% respectivamente, siendo estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes del resto de las variedades ($p=0.353$). Del mismo modo, las berenjenas tipo Hindú y Clásica resultaron ser estadísticamente iguales ($p=0.083$) en el porcentaje de cenizas, aunque mostraron ser los frutos con los menores porcentajes (Cuadro 6, Anexos 3, 4 y 5).

Flick *et al.* (1978), encontraron 0.294% de cenizas en berenjenas de color púrpura, la cual se puede comparar con la Clásica de este estudio, mientras que Alvi *et al.* (2003), reportan un contenido de 0.580% de cenizas en berenjena fresca. Así mismo, el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA, 2002), señalan para berenjena cruda un contenido de 0.7% de cenizas.

Los valores encontrados en este estudio se sitúan dentro de lo reportado previamente en la literatura con excepción de la berenjena tipo Tailandesa la cual se encuentra por encima de estos valores, lo cual pudiera deberse además de la diferencia en su fisiología al mayor contenido de sólidos totales presentes por el menor contenido de humedad.

Proteínas

Las frutas y hortalizas no se consideran una importante fuente de proteínas (Astiasarán y Martínez, 2000), encontrando para este estudio valores inferiores al 1% en los cinco tipos de berenjenas. La berenjena tipo tailandesa presentó el mayor contenido con 0.9%, sin embargo, no presentó diferencias con las berenjenas tipo Clásica, Filipina e Hindú que alcanzaron valores de 0.67, 0.69 y 0.74%, respectivamente ($p=0.058$), pero sí presentó diferencia estadística con la tipo china ($p=0.010$) (Cuadro 6, Anexos 6, 7 y 8).

Estos resultados se encuentran por arriba de lo reportado por Esteban *et al.* (1992), que encontraron para algunas berenjenas un contenido de proteína de 0.3 a 0.5 %. Algunos autores han citado mayores porcentajes de proteína en frutos de berenjena como Maroto (2002), con 1.2% y Alvi *et al.* (2003), que encontró un 1.9%. El contenido de proteínas en berenjena pudiera ser mayor si al realizar la cuantificación se incluyen en la muestra algunas semillas, ya que estas poseen un embrión rico en proteínas, necesario para su germinación.

Grasas

Al igual que las proteínas los vegetales no son una buena fuente de ácidos grasos. La berenjena tipo Clásica presentó el mayor contenido de grasa con 0.044%, siendo solo estadísticamente diferente a la berenjena tipo Filipina que presentó un contenido de 0.025 % de grasa (Cuadro 6, Anexos 9, 10 y 11).

Los valores encontrados en este estudio se aproximan a lo reportado por Flick *et al.* (1978), que encontraron un contenido de 0.057% en frutos de berenjena de color púrpura y a lo cuantificado por Alcántara (2001), que reporta un contenido de grasa de 0.05 a 0.1 % en la berenjena tipo Clásica. Pero se encuentran muy por encima a lo que señala Maroto *et al.* (2002), quienes reportan un contenido de 0.2% de grasa en berenjena.

Fibra Cruda

Uno de los principales atributos que presentan las hortalizas y frutas son el aporte de fibra a la dieta, asociado a un efecto benéfico a la salud (McPherson, 1982; Terry *et al.*, 2001). En el contenido de fibra cruda, la berenjena del tipo Tailandesa presentó el mayor porcentaje con 1.54% duplicando su cantidad respecto a los demás tipos y resultando estadísticamente diferente a estos ($p=0.000$). Las berenjenas tipo China, Clásica y Filipina no mostraron diferencia significativa ($p=0.324$) (Cuadro 6, Anexo 12 y 13) entre ellas en el contenido de fibra cruda alcanzaron en promedio un 0.75%. La berenjena tipo Hindú tuvo la menor cantidad de fibra cruda con 0.65%, siendo estadísticamente diferente al resto de los frutos (Cuadro 6, Anexos 14 y 15).

Alcántara (2001), encontró un contenido de 1.07% de fibra cruda para berenjena tipo Clásica, lo cual fue considerablemente mayor a los resultados de este estudio para el mismo tipo. Mientras que, Maroto (2002), reporta un contenido de 0.9% y Flick *et al.* (1978) de 0.69% de fibra cruda para frutos de berenjena de color púrpura. De manera general, los valores encontrados en este estudio se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura.

Carbohidratos

Los carbohidratos están presentes fundamentalmente en las frutas y hortalizas. En este grupo de alimentos, los carbohidratos son el grupo mayoritario después del agua. La berenjena tiene pocos carbohidratos, y los que más presentan son los vegetales amiláceos que contiene una gran cantidad de concentración de almidón.

La berenjena tipo Tailandesa presentó el mayor contenido de carbohidratos con 6.36%, debido posiblemente a la estructura mas fibrosa de la pulpa y al menor contenido de agua, resultando estadísticamente diferente al resto de las berenjenas ($p=0.000$). Sin embargo, en las berenjenas tipo China, Clásica e Hindú, no mostraron diferencia significativa entre sí ($p=0.589$) (Cuadro 6, Anexos 16 y 17), arrojando en promedio un 5.4% de carbohidratos. La berenjena tipo Filipina resultó ser diferente a las del tipo Hindú ($p=0.004$) y Tailandesa ($p=0.005$), pero estadísticamente igual a las berenjenas tipo Clásica y China ($p=0.130$) (Cuadro 6, Anexos 18, 19 y 20).

El porcentaje de carbohidratos encontrados en este estudio para los distintos tipos de berenjena se encuentran dentro de la reportado por el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA, 2002), Maroto, (2002) y Alcántara (2001), quienes reportan un contenido entre el 5.70 al 4.30% de carbohidratos en berenjena cruda.

Fibra Dietaria

La fibra dietaria se encuentra como componente exclusivo en las plantas y sus productos, por ello, el consumo de frutas y hortalizas es necesario para la homeostasis y funciones terapéuticas en la nutrición humana (McPherson, 1982).

El contenido de fibra dietaria fue mas elevado en las berenjenas tipo Tailandesa con 3.93% e Hindú con 3.59% resultando ambas ser estadísticamente diferente del resto ($p=0.000$) (Cuadro 6, Anexo 21 y 22). Mientras que las berenjenas de menor contenido fueron las del tipo Filipina que presentaron 1.61% de fibra dietaria siendo estadísticamente diferente de los demás tipos analizados ($p=0.000$) (Cuadro 6, Anexo 21).

Las berenjenas tipo China, Clásica, Hindú y Tailandesa presentaron valores mas altos de fibra dietaria en comparación con lo reportado por Sánchez-Castillo *et al.* (1999), quienes encontraron un contenido de 2.4% de fibra dietaria en berenjena. Los porcentajes de fibra dietaria encontrados en las berenjenas tipo Tailandesa e Hindú se encuentran por encima de los valores señalados por el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA, 2002) en el cual la berenjena contiene 3.4% de fibra dietaria.

Con excepción de la berenjena tipo Filipina, el resto de los tipos de berenjena son una buena fuente de fibra dietaria, ya que el consumo de 100 g de berenjena tipo Tailandesa aporta el 16% de la ingesta diaria recomendada (25 g de fibra dietaria /día para una dieta de 2000 cal). Aunque cabe señalar que el contenido de fibra dietaria de 5.11% de berenjena Filipina es muy aceptable.

Minerales

Los minerales estudiados en los frutos de los cinco tipos de berenjena utilizados en este trabajo, se presentan en orden descendente de mayor a menor concentración en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Contenido minerales en cinco tipos de berenjena (mg/100 g base húmeda).

Elemento	Tipos de Berenjena				
	China	Clásica	Filipina	Hindú	Tailandesa
K	151.21±17.93 ^b	152.15±8.59 ^{ab}	121.06±4.05 ^c	191.18±1.49 ^e	176.46±6.11 ^d
Ca	28.00±0.77 ^c	31.36±1.06 ^c	32.80±4.97 ^c	59.63±7.71 ^a	45.08±1.14 ^b
P	21.21±0.56 ^b	29.61±3.28 ^a	13.80±0.86 ^c	33.52±1.34 ^a	30.42±1.25 ^a
Mg	15.29±0.86 ^c	25.35±2.13 ^a	15.74±0.95 ^c	28.96±1.97 ^a	20.88±1.17 ^b
Na	9.40±0.28 ^a	8.49±0.69 ^a	5.76±0.65 ^b	11.54±2.65 ^a	5.61±0.93 ^b
Fe	2.40±0.17 ^b	0.86±0.05 ^d	3.13±0.32 ^a	1.53±0.25 ^c	1.80±0.26 ^c
Zn	0.33±0.04 ^d	0.51±0.01 ^b	0.26±0.03 ^d	0.78±0.04 ^a	0.45±0.00 ^c
Mn	0.36±0.01 ^b	0.41±0.02 ^{ab}	0.30±0.02 ^c	0.44±0.02 ^a	0.39±0.01 ^b
Cu	0.15±0.02 ^a	0.15±0.01 ^a	0.13±0.03 ^a	0.15±0.01 ^a	0.18±0.03 ^a
TOTAL	228.35	248.89	192.98	327.73	281.27

Valores con letra diferente indica diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey a una P≤0.05.
Media de tres frutos ± desviación estándar

Con respecto al contenido de potasio, la berenjena tipo Hindú presentó 191.18 mg/100g siendo la de mayor concentración y resultó estadísticamente diferente al resto de las variedades con un valor de $p=0.000$ con respecto a las del tipo Clásica, China y Filipina y una $p=0.015$, en relación a la Tailandesa (Cuadro 7, Anexos 23 y 24).

En cuanto a la concentración de calcio se observó que la berenjena Hindú tuvo el mayor contenido con 59.63 mg/100g, resultando estadísticamente diferente al resto de las variedades (Cuadro 7, Anexo 25).

Las berenjenas tipo Hindú presentaron 33.52 mg/100g de fósforo siendo las de mayor contenido y estadísticamente igual a las del tipo Clásica y Tailandesa ($p=0.145$). Las berenjenas tipo China y Filipina mostraron los niveles mas bajos de fósforo con 21.21 y 13.80 mg/100g, respectivamente siendo estadísticamente diferentes del resto de las variedades ($p=0.000$) (Cuadro 7, Anexos 26 y 27)

Alvi *et al.* (2003), reportan para berenjena un contenido de 221.0, 17.30 y 35.50 mg/100g de Potasio, Calcio y Fósforo respectivamente, encontrando similitudes con este estudio en cuanto al contenido de calcio y fósforo pero diferencias en el potasio.

Las berenjenas tipo Hindú y Clásica presentaron los niveles mas altos de magnesio con 28.96 y 25.35 mg/100g, respectivamente siendo estadísticamente diferentes del resto de las berenjenas ($p=0.000$), pero iguales entre si ($p=0.098$). Mientras que las tipo China y Filipina fueron las de menor contenido de este mineral siendo estadísticamente iguales entre sí ($p=0.574$) (Cuadro 7, Anexos 28, 29 y 30).

Las concentraciones más elevadas de sodio, se encontraron en las berenjenas Hindú, China y Clásica con valores de 11.54, 9.40 y 8.49 mg/100g, respectivamente, presentado diferencia significativa con el resto de las berenjenas ($p=0.001$) y siendo estadísticamente iguales entre si ($p=0.132$) (Cuadro 7, Anexos 31y 32).

Los valores encontrados en el contenido de hierro muestran a la berenjena tipo filipina como la de mayor concentración con 3.13 mg/100g, siendo estadísticamente diferente del resto de las variedades ($p=0.000$). La berenjena tipo China presentó 2.4 mg/100g de hierro presentando diferencias significativas con el resto de las variedades. Mientras, que las tipo Clásica fueron las de menor concentración en hierro (Cuadro 7, Anexo 33).

Los resultados de minerales obtenidos en este estudio, se encuentra por arriba de lo reportado por el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA, 2002), que indica un contenido de 14 mg/100g de Magnesio, mientras que Maroto *et al.* (2002), reportan un contenido en berenjena de 2 mg/100g de sodio y de 0.4 a 0.7 mg/100g de hierro. Como fuente de hierro, 100 g de berenjena tipo Filipina aporta un 21% de la ingesta diaria recomendada para este elemento (15 mg de hierro/día).

En el contenido de zinc, la berenjena con los niveles mas altos fue la del tipo Hindú con 0.78 mg/100g presentado diferencias significativas con el resto de las berenjenas ($p=0.000$). Caso contrario fueron la tipo China y Filipina no encontrando diferencias estadísticas entre si ($p=0.095$) pero diferentes del resto de las berenjenas ($p=0.000$) (Cuadro 7, Anexos 34 y 35).

Las berenjenas tipo Hindú y Clásica presentaron las concentraciones mas elevadas en el contenido de manganeso con 0.44 y 0.41 mg/100g, respectivamente siendo estadísticamente iguales entre si ($p=0.145$). Mientras que la tipo Filipina fue la de menor concentración con 0.30 mg/100g y presentó diferencias significativas con el resto de las variedades ($p=0.000$) (Cuadro 7, Anexos, 36 y 37).

Para el contenido de cobre no se encontró diferencias significativas entre tipos de berenjena ($p=0.238$), cuantificando un valor promedio de 0.15 mg/100g (Cuadro 7, Anexo 38).

De forma general, la berenjena tipo Hindú fue la que presentó en conjunto el mayor contenido de minerales con 327.73 mg/100 g de fruta fresca, seguida por la Tailandesa con 281.2 mg/100 g. Siendo el hierro el mineral mas abundante considerando las necesidades diarias de metabolismo humano.

Vitamina C

La vitamina C corresponde al grupo de las vitaminas hidrosolubles, y como la gran mayoría de ellas no se almacena en el cuerpo por un largo periodo de tiempo. Por este motivo, es importante su administración diaria, ya que es más fácil que se agoten sus reservas que las de otras vitaminas. Su principal fuente son las frutas y hortalizas.

Para este estudio, la berenjena tipo Hindú presentó el mayor contenido de vitamina C con 22.01 mg/100g base seca, siendo estadísticamente diferente del resto de los tipos de berenjena ($p=0.000$) (Cuadro 8) (Anexo 39).

Cuadro 8. Contenido de vitamina C en cinco tipos de berenjena (mg/100g) en base seca y base húmeda.		
Tipo	Vitamina C	
	Base seca	Base húmeda
China	148.33±33.29 ^b	11.08±2.48 ^b
Clásica	121.67±30.55 ^{bc}	8.93±2.24 ^b
Filipina	116.67±7.64 ^{bc}	8.59±0.56 ^b
Hindú	296.67±54.85 ^a	22.01±4.07 ^a
Tailandesa	75.0±30 ^c	7.43±2.97 ^b

Valores con letra diferente indica diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Medía de tres frutos \pm desviación estándar

Las berenjenas de los tipos Clásica, China y Filipina no presentaron diferencias estadísticas entre sí en el contenido de Vitamina C ($p=0.354$), encontrándose concentraciones de 121.67, 148.33 y 116.67 mg/100g, respectivamente (Cuadro 8, Anexo 40). La berenjena tipo Tailandesa fue la que presentó el menor contenido de ésta vitamina y fue estadísticamente igual a las berenjenas Clásica y Filipina ($p=0.118$) (Cuadro 8, Anexo 41) pero estadísticamente diferente de las del tipo Hindú y China ($p=0.000$) (Cuadro 8, Anexos 40 y 41).

Los resultados encontrados para la vitamina C en este estudio se encuentran por encima de los resultados reportados por el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA, 2002), que señalan un contenido de ácido ascórbico de 28.98 mg/100g base seca (2.2 base húmeda) y Alvi *et al.* (2003), encontraron 57.97 mg/100g base seca (4.8 base húmeda).

A pesar del bajo contenido de vitamina C en berenjena, esta vitamina también se podría considerar como un importante compuesto antioxidante al igual que los compuestos fenólicos.

Fenoles Totales

Los compuestos fenólicos forman parte sustancial de los alimentos de origen vegetal, algunos presentan poder antioxidante y su consumo en la dieta ayuda a proteger al organismo contra enfermedades relacionadas con la oxidación y destrucción de los tejidos humanos (Olthof *et al.*, 2001).

El contenido total de compuestos fenólicos de los cinco tipos de berenjena analizados se observa en el Cuadro 9. La berenjena tipo Tailandesa presentó el contenido más elevado de compuestos fenólicos con 2049.8 mg/100g encontrando diferencias significativas con el resto de los tipos de berenjena ($p=0.000$) (Anexo 42). Los frutos de berenjena del tipo Hindú, ocuparon el segundo lugar con 1750 mg/100g y fueron estadísticamente al resto de las berenjenas ($p=0.000$) (Anexos 42 y 43).

Las berenjenas de los tipos Filipina y Clásica, son estadísticamente iguales entre sí ($p=0.229$) pero diferentes del resto de los tipos de berenjena, presentando concentraciones de 1562.7 y 1512.5 mg/100g, respectivamente ($p=0.000$) (Anexos 42 y 44) y ocupando el tercer y cuarto sitio en cuanto al contenido de compuestos fenólicos. Por último, las berenjenas del tipo China presentaron el menor contenido de fenoles con una concentración de 1350 mg/100g y resultando estadísticamente diferente al resto de tipos de berenjena (Anexo 42).

Cuadro 9. Contenido de fenoles totales en cinco tipos de berenjena (mg EAC/100g base seca).	
Tipo	Fenoles Totales
China	$^{+}1350.0 \pm 37.5^d$
Clásica	1512.5 ± 21.7^c
Filipina	1562.7 ± 57.3^c
Hindú	1750.0 ± 43.3^b
Tailandesa	2049.8 ± 77.8^a

EAC= equivalentes de ácido clorogénico

+Media de tres frutos \pm desviación estándar

*Valores distinta letra indica diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los rangos que reportan diversos autores, como Ninfalli *et al.* (2005), que reportan un contenido de 853.75 mg/100g de fenoles totales en berenjenas de la variedad Violetta Lunga y 756.25 mg/100g para la variedad Black Beauty ambas cultivadas en Italia. Mientras que Huang *et al.* (2004), señalan un contenido de 2471.45 mg/100g en berenjenas cultivadas en Taiwan.

Ácido Clorogénico

El ácido clorogénico es un compuesto fenólico antioxidante que protege a las células contra la degeneración. Este ácido comúnmente producido por las plantas es utilizado cuando existe factores de estrés y o infecciones en los frutos.

El cuadro 10, muestra el promedio del ácido clorogénico en los cinco tipos de berenjena analizados. La berenjena tipo Tailandesa presentó el mayor contenido de ácido clorogénico con 1700 mg/100g mostrando diferencias significativas con el resto de las berenjenas ($p=0.000$) (Anexo 45). La berenjena tipo Hindú se ubicó en el segundo lugar con 1200 mg/100g, siendo estadísticamente diferente del resto de las variedades ($p=0.000$) (Anexo 45). Los frutos de berenjena de los tipos China, Filipina y Clásica, presentaron 953.3, 916.7 y 860 mg/100g respectivamente, siendo estadísticamente iguales entre si ($p=0.084$), pero diferentes del resto de las variedades (Anexo 46).

Cuadro 10. Contenido de ácido clorogénico en cinco tipos de berenjenas (mg/100g base seca).	
Tipo	Ácido Clorogénico
China	953.3±47.3 ^c
Clásica	860.0±30.0 ^c
Filipina	916.7±45.1 ^c
Hindú	1200±0.00 ^b
Tailandesa	1700±100 ^a

Valores con letra diferente indica diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Media de tres frutos ± desviación estándar

Los resultados obtenidos para las berenjenas tipo China, Clásica y Filipina coinciden con lo reportado por Winter y Herrmann (1986) y Whitaker y Stommel (2003), quienes encontraron un contenido de 861.0 y 960 mg/100 g de ácido clorogénico en berenjenas de los tipos Italiana y Clásica, respectivamente. Por otro lado, los resultados obtenidos en las berenjenas tipos Filipina y Tailandesa se encuentran muy por encima de lo reportado por estos autores.

La concentración de ácido clorogénico resultó ser más de los 50 % del contenido de fenoles totales en todos los tipos de berenjena analizados, siendo la berenjena tipo Tailandesa en la que representó el mayor porcentaje con 82.82 %, lo cual coincide con lo señalado por Whitaker (información personal, 2006), quien menciona que en algunos cultivares de berenjena puede llegar a representar hasta el 85 % de los fenoles totales.

CONCLUSIONES

- 1.- El contenido proximal entre los diferentes tipos de berenjena China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa fue diferente, donde las tipo Tailandesa e Hindú, mostraron los porcentajes mas altos en la mayoría de las variables.
- 2.- La concentración de vitamina C fue mayor en la berenjena tipo Hindú alcanzando un aporte del 36% de la ingesta diaria recomendada al consumir 100g de esta berenjena.
- 3.- Las berenjenas de los tipos China, Clásica, Filipina, Hindú y Tailandesa mostraron un contenido importante de fenoles totales y ácido clorogénico, siendo las berenjenas de los tipos Tailandesa e Hindú, las que presentaron la mayor concentración.
- 4.- El ácido clorogénico si resultó ser el compuesto fenólico de mayor concentración en los cinco tipos de berenjena estudiados al momento del corte, presentándose en mayor concentración en la tipo Tailandesa con un 82.82% del total de los compuestos fenólicos.
- 5.- Con la información generada es posible conocer los componentes nutrimentales con propiedades funcionales de las diferentes variedades de berenjena que se producen en la región y con ello promover su consumo.

BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, J., Molinar, R. y Valencia, J. 1998. Eggplant production in California. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7235. 1-3.

Alcántara, M. 2001. Congelación del fruto de berenjena. Una alternativa para reducir pérdidas poscosecha. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México. 87-101.

Alvi, S., Khan, K. M., Sheik, M. A. y Shahid, M. 2003. Effect of peeling and cooking on nutrients in vegetables. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2(3): 189-191.

A.O.A.C. 1998. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C.

Astiasarán, I. y Martines, J. A. 2000. Alimentos. Composición y propiedades. Editorial McGraw Hill Interamericana. España. 169-190.

Azcon-Bieto, J. y Talon, M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial McGraw Hill Interamericana. España. 449-478.

Awad, A. M. y De Pajer, A. 2001. Flavonoid and chlorogenic acid concentrations in skin of 'Jonagold' and 'Elstar' apples during and after regular and ultra low oxygen storage. *Scientia Horticulturae*. 20: 15-24.

Awad, A. M. y De Jager, A. 2002a. Relationship between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin. *Scientia Horticulturae*. 92: 265-276.

Awad, A. M. y De Jager, A. 2002b. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in 'Jonagold' apple skin: influences of growth regulators and fruit maturity. *Scientia Horticulturae*. 93: 257-266.

Ballesteros, M. N., Cabrera, R. M., Saucedo, M. S., Yepiz-Plascencia G. M., Ortega, M. I. y Valencia M. E. 2001. Dietary fiber and lifestyle influence serum lipids free living adult men. *Journal of the American College of Nutrition*. 20(6): 649-655.

Burton-Freeman, B. 2000. Dietary fiber and energy regulation. *Journal of Nutrition*. 130: 272S-275S.

Buta, J. G. y Spaulding, D. W. 1997. Endogenous levels of phenolics in tomato fruit during growth and maturation. *Journal of Plant Growth Regulation*. 16: 43-46.

Cantwell M. y Suslow, T. V. 2002. Indicadores básicos del manejo poscosecha de berenjena. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.
<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Berenjena.html>.

Cao, G., Sofic, E., Prior, R. L. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44: 3426-3431.

Chau, C. F., Huang, Y. L. Y Lin, C. Y. 2004. Investigation of the cholesterol-lowering action of insoluble fibre derived from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng. *Food Chemistry*. 87: 361-366.

Chance, B., Sies, H. y Boveris A. 1979. Hydroperoxide metabolism in mammalian organisms. *Physiol. Rev.* 59: 527-605.

Chen, N.C., Kalb, T., Talekar, N.S., Wang J.F. y Ma, C. H. 2002. Suggested cultural practices for eggplant. Asian Vegetable Research and Development Center. Training Guide. 1-8.

Chen, N. C. 2002. Eggplant seed production. Asian Vegetable Research and Development Center. Training Guide. 1-4.

Cheynier, V. 2005. Polyphenols in food are more complex than often thought. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81: 223S-229S.

Chin, H. B. y Dudek, J. A. Composition and nutritive value of raw and processed vegetables. En: commercial vegetable processing. 1988. Editorial Van Nostrand Reinhold Company. 648-682.

Chun, O. K. y Kim, D. O. 2004. Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Research International*. 37: 337-342.

CIDH. Comisión para la Investigación y Defensa de Las Hortalizas. 2005. <http://www.cidh.org.mx/accidh.php>.

Clifford, M. N. 1999. Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79: 362-372.

Clifford, M. N. 2000. Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence dietary burden, absorption and metabolism. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 1033-1043.

DeVries, J. W. Prosky, L., Li, B. And Cho, S. 1999. A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal Foods World*. 44: 367-369.

De Maria C. A. B. y Alves, R. F. 2004. Métodos para análise de ácido clorogénico. *Química Nova*. 27(4): 586-592.

Díaz-Pérez, J. C. 1998. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biology and Technology*. 13: 45-49.

Doner L. W. y Hicks K. B. 1981. High Performance liquid chromatographic separation of ascorbic acid, erythorbic acid, dehydroascorbic acid, dehydroerythorbic acid y diketogluconic acid. *Analytic Biochemistry*. 115: 225-230

El-Zoghbi, M. 1994. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. *Food Chemistry*. 49: 33-37.

Escarpa, M. y González, M. C. 2001. An overview of analytical chemistry of phenolic compounds in foods. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 31(2): 57-139.

Esteban R.M., Mollá E. F.J., Robredo, L. M., López-Andréu F.J. 1992. Changes in the chemical composition of eggplant fruits during development and ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40: 998-1000.

FAO. 2005. Food and Agriculture Organization of United Nations. FAOSTAT data. <http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=EN>.

Fallik, E., Temping-Gorodeiski, N., Grinberg, S. y Davidson. 1995. Prolonged low-temperature storage of eggplants in polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology*. 5: 83-89.

Flick, G. J., Brūnete, F. S., Aung, L. H. , Ory, R. L. y St. Angelo, A. J. 1978. Chemical composition and biochemical properties of mirlitons (*Sechium edule*) and purple, green and white eggplants (*Solanum melongena*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 26: 1000-1005.

Friedman, M. 1997. Chemistry, biochemistry and dietary role of potato polyphenols. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 1523-1540.

George, R.A.T. 1989. Producción de semillas de plantas hortícolas. Ediciones Mundi-Prensa. México. 226-231.

Gonthier, M. P., Verny, M. A., Besson, C. Rémésy, C. y Scalbert, A. 2003. Chlorogenic acid largely depends on its metabolism by the gut microflora in rats. *Journal of Nutrition*. 113: 1853-1859.

Grace, S.C., Logan, B.A. y Adams W. W. 1998. Seasonal differences in foliar content of chlorogenic acid, a phenylpropanoid antioxidant, in *Mahonia rapens*. *Plant Cell and Environment*. 21: 513-521.

Griffiths, D. W., Bain, H. y Dale, M. F. G. 1995. Photo-induced changes in the total chlorogenic acid content of potato (*solanum tuberosum*) tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 68: 105-110.

Guerrero, G., Suárez, M. y Moreno, G. 2001. Chlorogenic acids as a potential criterion in coffee genotype selections. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 2454-2458.

Hancock, R. D. y Viola, R. 2005. Improving the nutritional value of crops through enhancement of L-ascorbic acid (vitamin C) content: rationale and biotechnological opportunities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 5248-5257.

Henley, S. and Misner, S. 1999. Dietary Fiber. Document AZ1127. The University of Arizona College of Agriculture. The University of Arizona Cooperative Extension.

Huang, H. Y., Chang, C. K., Tso, T. K. Huang, J. J., Chang, W. W. y Tsai, Y. C. 2004. Antioxidant activities of various vegetables produced in Taiwan. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 55(5): 423-429.

Iqbal, K., Khan, A. y Muzaffar, M. 2004. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health – A review. *Pakistan Journal of Nutrition*. 3(1): 5-13.

Infoagro. 2003. El Cultivo de la Berenjena. <http://www.infoagro.com/hortalizas/berenjena.htm>.

Jacob, R. A. y Sotoudeh, G. 2002. Vitamin C function and status in chronic disease. *Nutrition in Clinical Care*. 5(2): 66-74.

Jha, S. N. y Matsuoka, T. 2002. Surface stiffness and density of eggplant during storage. *Journal of Food Engineering*. 54: 23-26.

Kantharajah, A. S. y Golegaonkar, P. G. 2004. Somatic embryogenesis in eggplant. *Scientia Horticulturae*. 99: 107-117.

Kashyap, a., Vinod, S., Collonier, C., Fusari, F., Haircour, R., Rotino, G. L., Sihachakr, D. y Rajam, M. V. 2003. Biotechnology of eggplant. *Scientia Horticulturae*. 97: 1-25.

Karakaya, S. 2004. Bioavailability of phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44: 453-464.

Keane, K. W. 1972. Mineral nutrition in humans. *Hortscience*. 7(2): 145-147

Kirakosyan, A., Kaufman, p., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., Bolling, S. y Chang, S. C. 2004. Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. *Physiologia Plantarum*. 121: 182-186.

Lee, S. K. y Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 207-220.

Liu, R. H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *Journal of Nutrition*. 134: 3479S-3485S.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémesy, C. y Jiménez, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79: 727-747.

Marlett, J. A., McBurney, M. I. y Slavin, J. 2002. Position on the American dietetic association: health implications of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*. 102(7): 993-100.

Maroto, J. V. 2002. Horticultura herbácea especial. Quinta edición. Ediciones Mundi-Prensa. México. 481-495.

McPherson, R. 1982. Dietary fiber. *Journal of Lipid Research*. 23: 221-242

MINITAB Inc. 2004. MINITAB. Statistical software para windows 95/98/2000 y NT. Version 14.

Mohamed, A. E., Rashed, M. N. y Mofty, A. 2003. Assessment of essential and toxic elements in some kinds of vegetables. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 55: 251:260.

Mozelic, B., Trebse, P., Simcic, M. y Hribar, J. 2004. Changes of anthocyanins and hydroxycinnamic acids affecting the skin colour during maturation of sweet cherries (*prunus avium* L.). *LWT – Food Science and technology*. 37: 123-128.

Muy- Rangel, D., Siller-cepeda, J., Garcia-Estrada, R. y Baez-Sañudo, M. 2002. Cracterización poscosecha de berenjenas producidas en Sinaloa, Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 8(2): 171-181.

Niggeweg, R., Michael, A. J. y Martin, C. 2004. Engineering plants with increased levels of the antioxidant chlorogenic acid. *Nature Biotechnology*. 22(6): 746-754.

Ninfalli, P., Mea, G., Giorgini, S., Rocchi, M. y Bacchiocca, M. 2005. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *British Journal of Nutrition*. 93: 257-266.

Olthof, M. R., Hollman, P. C. H. y Katan, M. B. 2001. Chlorogenic acid are absorbed in humans. *Journal of Nutrition*. 131: 66-71.

Olthof, M. R., Hollman, P. C. H., Buijsman, M. N. C. P., Van Amelsvoort, J. M. M. y Katan, M. B. 2003. Chlorogenic acid, quercetin-3-rutinoside and black tea phenols are extensively metabolized in humans. *Journal of Nutrition*. 133: 1806-1814.

Pak, D. N. 2000. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 50(1): 97- 101.

Ramírez, F. L. 1999. La berenjena, una hortaliza desconocida en nuestro país, pero con enorme vocación exportadora. *Claridades Agropecuarias*. Revista de publicación mensual. Agosto. 3-17.

Rehman Z. y Shah W. H. 2004. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. *Food Chemistry*. 87: 613-617.

Rodríguez, S. C., López, B y Chaves, A. R. 1999. Changes in polyamines and ethylene during the development and ripening of eggplant fruits (*Solanum melongena*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47: 1431-1434.

Robbins, R. J. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 2866-2887.

Sargent, S. 1998. Handling Florida vegetables – eggplant. Document SS-VEC 931. Department of Horticultural Science, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 1-4.

Sanchez-Castillo, C. P., Englyst, H. N., Hudson, G. J., Lara, J. J., Solano, M. L., Munguía, J. L. y James, W. P. T. 1999. The non-starchpolysaccharide content of mexican foods. *Journal of Food Composition and Analysis*. 12: 293-314.

Salunkhe, D. K. y Desai, B. B. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. II. Boca Raton, Florida. 39-47.

Scalbert, A., Morand, C., Manach, C. Y Rémesy, C. 2002. Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 56: 276-282.

Scalbert, A. y Williamson, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*. 130: 2073S-2085S.

Scalzo, J., Politi, A., Mezzetti, B. y Battino, M. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*. 21: 107-213.

SIAP-SAGARPA. 2005. Anuario estadístico de producción agrícola.

Siller, J., Araiza, E., Baez, M., Muy, M., García, R. y Díaz, J. 1995. Dinámica de crecimiento de berenjena tipo clásica (*Solanum melongena* L.). *Memorias del VI Congreso Nacional de Horticuultura*. Hermosillo Sonora. 37.

Slavin, J. 2003. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16: 287-291.

Sohal, R. S. y Weindruch, R. 1996. Oxidative stress, Caloric Restriction and Aging. *Science* 273: 59-63.

Terry, P., Giovannucci, E., Michels, K. B., Bergkvist, L., Hansen, H., Holmberg, L. y Wolk, A. 2001. Fruit, vegetables, dietary fiber and risk of colorectal cancer. *Journal of the National Cancer Institute*. 93(7): 525-533.

Tomás-Barberán, F. A. y Espín, J. C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81: 853-876.

Urquiaga, I., Urzúa, U. y Leighton, F. 1999. Antioxidantes naturales; impacto en la salud. 8° congreso latinoamericano de grasas y aceites. Santiago de Chile. 1-30.

USDA. United States Department of Agriculture. 2002. National Nutrient Database for Standard Reference. http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/nut_search_new.pl.

Whitaker, B. D. y Stommel, J. R. 2003. Distribution of hydroxycinnamic acid conjugates in fruit of eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 3448-3454.

Winter, M. y Herrmann, K. 1986. Esters and glucosides of hydroxycinnamic acids in vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 34: 616-620.

Wilson, J. X. 2002. The physiological role of dehydroascorbic acid. *FEBS Letter*. 527: 5-9.

Yang, C. S., Landau, J. M., Huang, M. T. Newmark, H. L. 2001. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. *Annual Reviews of Nutrition*. 21: 381-406.

Young, M. 1999. How much vitamin C do you need? *The Journal of the American Medical Association*. 281(15): 1460.

ANEXOS

Anexo 1.- Análisis de varianza para humedad en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	15.2254	3.8063	196.03	0.000
Error	10	0.1942	0.0194		
Total	14	15.4195			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----		
Clásica	3	92.669	0.086			(-*-*)
China	3	92.532	0.111			(--*--)
Filipina	3	92.645	0.091			(-*-)
Hindú	3	92.581	0.048			(-*-*)
Tailandé	3	90.091	0.258	(-*-)		
Pooled StDev = 0.139				90.40	91.20	92.00

Anexo 2.- Análisis de varianza para humedad en cuatro tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	3	0.03476	0.01159	1.52	0.282
Error	8	0.06097	0.00762		
Total	11	0.09573			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----		
Clásica	3	92.6685	0.0864			(-----*-----)
China	3	92.5317	0.1113	(-----*-----)		
Filipina	3	92.6452	0.0915			(-----*-----)
Hindú	3	92.5811	0.0478	(-----*-----)		
Pooled StDev = 0.0873				92.50	92.60	92.70

Anexo 3.- Análisis de varianza para cenizas en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	0.81612	0.20403	95.66	0.000
Error	10	0.02133	0.00213		
Total	14	0.83745			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----		
Clásica	3	0.3646	0.0842	(--*--)		
China	3	0.6925	0.0553		(--*--)	
Filipina	3	0.7261	0.0035		(-*-)	
Hindú	3	0.4801	0.0220	(-*-*)		
Tailandé	3	1.0434	0.0041			(--*--)
Pooled StDev = 0.0462				0.50	0.75	1.00

Anexo 4.- Análisis de varianza para cenizas en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.00169	0.00169	1.10	0.353
Error	4	0.00613	0.00153		
Total	5	0.00782			

Level	N	Mean	StDev
China	3	0.69253	0.05526
Filipina	3	0.72607	0.00354

Pooled StDev = 0.03915

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
China	3	0.69253	0.05526
Filipina	3	0.72607	0.00354

0.650 0.700 0.750 0.800

Anexo 5.- Análisis de varianza para cenizas en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.02000	0.02000	5.28	0.083
Error	4	0.01516	0.00379		
Total	5	0.03516			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.36463	0.08425
Hindú	3	0.48010	0.02201

Pooled StDev = 0.06157

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.36463	0.08425
Hindú	3	0.48010	0.02201

0.30 0.40 0.50 0.60

Anexo 6.- Análisis de varianza para proteína en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	0.12827	0.03207	4.09	0.032
Error	10	0.07848	0.00785		
Total	14	0.20675			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.6744	0.1313
China	3	0.6527	0.0609
Filipina	3	0.6949	0.0986
Hindú	3	0.7544	0.0556
Tailandesa	3	0.9092	0.0739

Pooled StDev = 0.0886

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.6744	0.1313
China	3	0.6527	0.0609
Filipina	3	0.6949	0.0986
Hindú	3	0.7544	0.0556
Tailandesa	3	0.9092	0.0739

0.60 0.75 0.90 1.05

Anexo 7.- Análisis de varianza para proteína en cuatro tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	3	0.10155	0.03385	3.61	0.058
Error	8	0.07106	0.00888		
Total	11	0.17261			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.6744	0.1313
Filipina	3	0.6949	0.0986
Hindú	3	0.7544	0.0556
Tailandese	3	0.9092	0.0739

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Pooled StDev =	0.0942	0.60	0.75	0.90	1.05
----------------	--------	------	------	------	------

Anexo 8.- Análisis de varianza para proteína en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.09869	0.09869	21.50	0.010
Error	4	0.01836	0.00459		
Total	5	0.11705			

Level	N	Mean	StDev
China	3	0.6527	0.0609
Tailandese	3	0.9092	0.0739

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Pooled StDev =	0.0677	0.60	0.75	0.90	1.05
----------------	--------	------	------	------	------

Anexo 9.- Análisis de varianza para grasa en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	0.0007530	0.0001883	3.38	0.054
Error	10	0.0005572	0.0000557		
Total	14	0.0013102			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.044033	0.005865
China	3	0.037867	0.009790
Filipina	3	0.025433	0.001716
Hindú	3	0.031633	0.008640
Tailandese	3	0.043300	0.008412

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Pooled StDev =	0.007465	0.024	0.036	0.048
----------------	----------	-------	-------	-------

Anexo 10.- Análisis de varianza para grasa en cuatro tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	3	0.0002976	0.0000992	1.44	0.302
Error	8	0.0005513	0.0000689		
Total	11	0.0008489			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.044033	0.005865
China	3	0.037867	0.009790
Hindú	3	0.031633	0.008640
Tailandese	3	0.043300	0.008412

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	StDev
Clásica	0.044033	0.005865
China	0.037867	0.009790
Hindú	0.031633	0.008640
Tailandese	0.043300	0.008412

Pooled StDev = 0.008302

Anexo 11.- Análisis de varianza para grasa en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.0005189	0.0005189	27.79	0.006
Error	4	0.0000747	0.0000187		
Total	5	0.0005936			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.044033	0.005865
Filipina	3	0.025433	0.001716

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	StDev
Clásica	0.044033	0.005865
Filipina	0.025433	0.001716

Pooled StDev = 0.004321

Anexo 12.- Análisis de varianza para fibra cruda en Cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	1.57971	0.39493	135.15	0.000
Error	10	0.02922	0.00292		
Total	14	1.60893			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.7888	0.0723
China	3	0.7370	0.0123
Filipina	3	0.7888	0.0224
Hindú	3	0.6529	0.0356
Tailandese	3	1.5436	0.0864

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	StDev
Clásica	0.7888	0.0723
China	0.7370	0.0123
Filipina	0.7888	0.0224
Hindú	0.6529	0.0356
Tailandese	1.5436	0.0864

Pooled StDev = 0.0541

Anexo 13.- Análisis de varianza para fibra cruda en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	0.00536	0.00268	1.37	0.324
Error	6	0.01176	0.00196		
Total	8	0.01712			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.78877	0.07227
China	3	0.73700	0.01233
Filipina	3	0.78877	0.02242

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
Clásica	3	0.78877	0.07227	0.700	0.850
China	3	0.73700	0.01233	0.730	0.740
Filipina	3	0.78877	0.02242	0.750	0.800

Pooled StDev = 0.04427

Anexo 14.- Análisis de varianza para fibra cruda en cuatro tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	3	0.03701	0.01234	6.91	0.013
Error	8	0.01429	0.00179		
Total	11	0.05131			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	0.78877	0.07227
China	3	0.73700	0.01233
Filipina	3	0.78877	0.02242
Hindú	3	0.65290	0.03560

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
Clásica	3	0.78877	0.07227	0.630	0.840
China	3	0.73700	0.01233	0.730	0.740
Filipina	3	0.78877	0.02242	0.750	0.800
Hindú	3	0.65290	0.03560	0.600	0.700

Pooled StDev = 0.04227

Anexo 15.- Análisis de varianza para fibra cruda en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.010609	0.010609	14.95	0.018
Error	4	0.002839	0.000710		
Total	5	0.013448			

Level	N	Mean	StDev
China	3	0.73700	0.01233
Hindú	3	0.65290	0.03560

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
China	3	0.73700	0.01233	0.730	0.740
Hindú	3	0.65290	0.03560	0.600	0.700

Pooled StDev = 0.02664

Anexo 16.- Análisis de varianza para carbohidratos en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	2.7081	0.6770	14.16	0.000
Error	10	0.4781	0.0478		
Total	14	3.1862			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	5.4597	0.2729
China	3	5.3482	0.1157
Filipina	3	5.1196	0.0674
Hindú	3	5.4999	0.0895
Tailandese	3	6.3664	0.3723

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
Clásica	5.4597	0.2729	5.1196	5.8000
China	5.3482	0.1157	5.2225	5.4740
Filipina	5.1196	0.0674	5.0522	5.1870
Hindú	5.4999	0.0895	5.4104	5.5894
Tailandese	6.3664	0.3723	5.9941	6.7387

Pooled StDev = 0.2187

Anexo 17.- Análisis de varianza para carbohidratos en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	0.0370	0.0185	0.58	0.589
Error	6	0.1917	0.0320		
Total	8	0.2288			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	5.4597	0.2729
China	3	5.3482	0.1157
Hindú	3	5.4999	0.0895

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
Clásica	5.4597	0.2729	5.1868	5.7326
China	5.3482	0.1157	5.2325	5.4640
Hindú	5.4999	0.0895	5.4104	5.5894

Pooled StDev = 0.1788

Anexo 18.- Análisis de varianza para carbohidratos en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.21690	0.21690	34.54	0.004
Error	4	0.02512	0.00628		
Total	5	0.24203			

Level	N	Mean	StDev
Filipina	3	5.1196	0.0674
Hindú	3	5.4999	0.0895

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
Filipina	5.1196	0.0674	5.0522	5.1870
Hindú	5.4999	0.0895	5.4104	5.5894

Pooled StDev = 0.0793

Anexo 19.- Análisis de varianza para carbohidratos en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	2.3316	2.3316	32.57	0.005
Error	4	0.2864	0.0716		
Total	5	2.6180			

Level	N	Mean	StDev
Filipina	3	5.1196	0.0674
Tailandese	3	6.3664	0.3723

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Pooled StDev =	0.2676	4.80	5.40	6.00	6.60
----------------	--------	------	------	------	------

Anexo 20.- Análisis de varianza para carbohidratos en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	0.1803	0.0902	2.93	0.130
Error	6	0.1848	0.0308		
Total	8	0.3651			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	5.4597	0.2729
China	3	5.3482	0.1157
Filipina	3	5.1196	0.0674

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Pooled StDev =	0.1755	5.00	5.25	5.50	5.75
----------------	--------	------	------	------	------

Anexo 21.- Análisis de varianza para fibra dietaria en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	9.8904	2.4726	111.76	0.000
Error	10	0.2212	0.0221		
Total	14	10.1117			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	2.6395	0.1468
China	3	2.7630	0.1880
Filipina	3	1.6128	0.1532
Hindú	3	3.5937	0.0857
Tailandese	3	3.9357	0.1514

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Pooled StDev =	0.1487	1.60	2.40	3.20	4.00
----------------	--------	------	------	------	------

Anexo 22.- Análisis de varianza para fibra dietaria en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	0.1754	0.1754	11.60	0.027
Error	4	0.0605	0.0151		
Total	5	0.2360			

Level	N	Mean	StDev
Hindú	3	3.5937	0.0857
Tailandese	3	3.9357	0.1514

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
Hindú	3	3.5937	0.0857	3.40	3.60
Tailandese	3	3.9357	0.1514	3.80	4.00

Pooled StDev = 0.1230

Anexo 23.- Análisis de varianza para potasio en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	4	8656.8	2164.2	23.97	0.000
Error	10	902.9	90.3		
Total	14	9559.7			

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	152.15	8.59
China	3	151.21	17.93
Filipina	3	121.06	4.05
Hindu	3	191.18	1.49
Tailandese	3	176.46	6.11

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
Clasica	3	152.15	8.59	120	150
China	3	151.21	17.93	150	180
Filipina	3	121.06	4.05	120	150
Hindu	3	191.18	1.49	180	210
Tailandese	3	176.46	6.11	180	210

Pooled StDev = 9.50

Anexo 24.- Análisis de varianza para potasio en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	1	325.2	325.2	16.41	0.015
Error	4	79.2	19.8		
Total	5	404.4			

Level	N	Mean	StDev
Hindu	3	191.18	1.49
Tailandese	3	176.46	6.11

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
Hindu	3	191.18	1.49	176.0	184.0
Tailandese	3	176.46	6.11	184.0	192.0

Pooled StDev = 4.45

Anexo 25.- Análisis de varianza para calcio en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	2039.4	509.9	29.21	0.000
Error	10	174.5	17.5		
Total	14	2213.9			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Clasica	3	31.363	1.066	-----*-----			
China	3	28.003	0.775	-----*-----			
Filipina	3	32.803	4.976	-----*-----			
Hindu	3	59.637	7.711	-----*-----			
Tailandese	3	45.083	1.142	-----*-----			
Pooled StDev = 4.178				24	36	48	60

Anexo 26.- Análisis de varianza para fósforo en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	781.40	195.35	64.06	0.000
Error	10	30.50	3.05		
Total	14	811.90			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Clasica	3	29.610	3.286	-----*-----			
China	3	21.213	0.565	-----*-----			
Filipina	3	13.807	0.865	-----*-----			
Hindu	3	33.527	1.344	-----*-----			
Tailandese	3	30.427	1.254	-----*-----			
Pooled StDev = 1.746				14.0	21.0	28.0	35.0

Anexo 27.- Análisis de varianza para fósforo en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	25.62	12.81	2.71	0.145
Error	6	28.36	4.73		
Total	8	53.98			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Clasica	3	29.610	3.286	-----*-----			
Hindu	3	33.527	1.344	-----*-----			
Tailandese	3	30.427	1.254	-----*-----			
Pooled StDev = 2.174				27.0	30.0	33.0	36.0

Anexo 28.- Análisis de varianza para magnesio en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	4	426.71	106.68	46.47	0.000
Error	10	22.95	2.30		
Total	14	449.66			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	25.353	2.136
China	3	15.293	0.861
Filipina	3	15.747	0.951
Hindu	3	28.963	1.973
Tailandese	3	20.883	1.174

Pooled StDev = 1.515

Anexo 29.- Análisis de varianza para magnesio en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	1	19.55	19.55	4.63	0.098
Error	4	16.91	4.23		
Total	5	36.45			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	25.353	2.136
Hindu	3	28.963	1.973

Pooled StDev = 2.056

Anexo 30.- Análisis de varianza para magnesio en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	1	0.300	0.300	0.37	0.574
Error	4	3.292	0.823		
Total	5	3.600			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
China	3	15.293	0.861
Filipina	3	15.747	0.951

Pooled StDev = 0.907

Anexo 34.- Análisis de varianza para zinc en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	4	0.49180	0.12295	105.99	0.000
Error	10	0.01160	0.00116		
Total	14	0.50340			

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	0.51000	0.01732
China	3	0.33667	0.04933
Filipina	3	0.26000	0.03606
Hindu	3	0.78667	0.04163
Tailandese	3	0.45667	0.00577

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clasica	0.49268	0.52732
China	0.28733	0.38601
Filipina	0.22394	0.29606
Hindu	0.74503	0.82831
Tailandese	0.44090	0.47244

Pooled StDev = 0.03406

Anexo 35.- Análisis de varianza para zinc en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	1	0.00882	0.00882	4.72	0.095
Error	4	0.00747	0.00187		
Total	5	0.01628			

Level	N	Mean	StDev
China	3	0.33667	0.04933
Filipina	3	0.26000	0.03606

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
China	0.28733	0.38601
Filipina	0.22394	0.29606

Pooled StDev = 0.04320

Anexo 36.- Análisis de varianza para manganeso en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	4	0.036307	0.009077	23.08	0.000
Error	10	0.003933	0.000393		
Total	14	0.040240			

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	0.41000	0.02646
China	3	0.36333	0.01528
Filipina	3	0.30000	0.02000
Hindu	3	0.44667	0.02309
Tailandese	3	0.39000	0.01000

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clasica	0.38354	0.43646
China	0.34805	0.37861
Filipina	0.28000	0.32000
Hindu	0.42358	0.46976
Tailandese	0.38000	0.40000

Pooled StDev = 0.01983

Anexo 37.- Análisis de varianza para manganeso en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	1	0.002017	0.002017	3.27	0.145
Error	4	0.002467	0.000617		
Total	5	0.004483			

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	0.41000	0.02646
Hindu	3	0.44667	0.02309

Pooled StDev = 0.02483

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clasica	0.385	0.420
Hindu	0.455	0.490

Anexo 38.- Análisis de varianza para cobre en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipos	4	0.003867	0.000967	1.65	0.238
Error	10	0.005867	0.000587		
Total	14	0.009733			

Level	N	Mean	StDev
Clasica	3	0.15667	0.02082
China	3	0.15000	0.01732
Filipina	3	0.13000	0.03464
Hindu	3	0.15000	0.01000
Tailandese	3	0.18000	0.03000

Pooled StDev = 0.02422

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clasica	0.105	0.140
China	0.175	0.210

Anexo 39.- Análisis de varianza para vitamina C en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	87117	21779	18.12	0.000
Error	10	12017	1202		
Total	14	99133			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	121.67	30.55
China	3	148.33	33.29
Filipina	3	116.67	7.64
Hindu	3	296.67	54.85
Tailandese	3	75.00	30.00

Pooled StDev = 34.67

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clásica	100	200
China	200	300

Anexo 40.- Análisis de varianza para vitamina C en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	1739	869	1.24	0.354
Error	6	4200	700		
Total	8	5939			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	121.67	30.55
China	3	148.33	33.29
Filipins	3	116.67	7.64

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clásica	90.00	153.34
China	115.00	181.66
Filipins	110.00	123.34

Pooled StDev = 26.46

Anexo 41.- Análisis de varianza para vitamina C en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	3939	1969	3.12	0.118
Error	6	3783	631		
Total	8	7722			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	121.67	30.55
Filipina	3	116.67	7.64
Tailandese	3	75.00	30.00

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clásica	70.00	173.34
Filipina	110.00	123.34
Tailandese	45.00	105.00

Pooled StDev = 25.11

Anexo 42.- Análisis de varianza para fenoles totales en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	858825	214706	82.03	0.000
Error	10	26175	2618		
Total	14	885001			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	1512.5	21.7
China	3	1350.0	37.5
Filipina	3	1562.7	57.3
Hindú	3	1750.0	43.3
Tailandese	3	2049.8	77.8

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Clásica	1500.00	1525.00
China	1300.00	1400.00
Filipina	1500.00	1625.40
Hindú	1700.00	1800.00
Tailandese	1900.00	2099.60

Pooled StDev = 51.2

Anexo 43.- Análisis de varianza para fenoles totales en cuatro tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	3	244238	81413	46.27	0.000
Error	8	14075	1759		
Total	11	258313			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	1512.5	21.7
China	3	1350.0	37.5
Filipina	3	1562.7	57.3
Hindú	3	1750.0	43.3

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	Lower CI	Upper CI
Clásica	1512.5	1468.8	1556.2
China	1350.0	1270.0	1430.0
Filipina	1562.7	1450.0	1675.4
Hindú	1750.0	1660.0	1840.0

Pooled StDev = 41.9

Anexo 44.- Análisis de varianza para fenoles totales en dos tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	1	3775	3775	2.01	0.229
Error	4	7513	1878		
Total	5	11288			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	1512.5	21.7
Filipina	3	1562.7	57.3

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	Lower CI	Upper CI
Clásica	1512.5	1468.8	1556.2
Filipina	1562.7	1450.0	1675.4

Pooled StDev = 43.3

Anexo 45.- Análisis de varianza para ácido clorogénico en cinco tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	4	1438027	359507	118.52	0.000
Error	10	30333	3033		
Total	14	1468360			

Level	N	Mean	StDev
Clásica	3	860.0	30.0
China	3	953.3	47.3
Filipina	3	916.7	45.1
Hindú	3	1200.0	0.0
Tailandese	3	1700.0	100.0

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	Mean	Lower CI	Upper CI
Clásica	860.0	800.0	920.0
China	953.3	850.0	1056.6
Filipina	916.7	850.0	983.4
Hindú	1200.0	1150.0	1250.0
Tailandese	1700.0	1550.0	1850.0

Pooled StDev = 55.1

Anexo 46.- Análisis de varianza para ácido clorogénico en tres tipos de berenjena al momento de corte.

Source	DF	SS	MS	F	P
Tipo	2	13267	6633	3.85	0.084
Error	6	10333	1722		
Total	8	23600			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Clásica	3	860.0	30.0	(-----*-----)
China	3	953.3	47.3	(-----*-----)
Filipina	3	916.7	45.1	(-----*-----)
Pooled StDev =		41.5		-----+-----+-----+-----+-----
				840 900 960