

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BROMATOLÓGICA DE LA GUAYABA AGRIA (*Psidium araca*) EN DOS ESTADOS DE MADURACIÓN

PHYSICOCHEMICAL AND BROMATOLOGICAL EVALUATION OF TWO MATURATION STATES OF SOUR GUAVA (*Psidium araca*)

Cecilia Lara¹, Luz S. Nerio¹, Luís E. Oviedo¹

Recibido para evaluación: Marzo 12 de 2007 - Aceptado para publicación: Mayo 11 de 2007

RESUMEN

En este trabajo, se realizó un estudio fisicoquímico y bromatológico de la fruta conocida comúnmente como guayaba agria (*Psidium araca*), en dos estados de maduración, y en cada uno con piel y sin piel. Se determinaron porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra, extracto no nitrogenado y azúcares totales; también se evaluaron algunos nutrientes como vitamina C y los elementos potasio, sodio, hierro, fósforo y calcio. Los resultados mostraron elevados contenidos de vitamina C (rango 477 - 351 mg en 100 g de fruta), también se evidenció un comportamiento muy general en las frutas durante la maduración: la degradación de carbohidratos poliméricos que origina la disminución del porcentaje de fibra y el aumento del porcentaje de azúcares. Debido a la síntesis de enzimas involucradas en este y otros procesos degenerativos, aumentó la cantidad de proteína durante la maduración en las frutas con cáscara.

Palabras Clave: Guayaba agria, composición química, maduración, proteínas.

ABSTRAC

A physic-chemical and organoleptic evaluation to know the nutritional value of sour guava (*Psidium araca*) was done comparing two maturation states and the effect of skin presence in each state. Water, ashes, ethereal extract, protein, fiber, non nitrogenous extract and sugars contents were measured. Presence of C vitamin, potassium, sodium, iron, phosphorus and calcium were also evaluated. The results showed high contents of vitamin C (range 477 - 351 mg in 100 g of fruit). Degradation of polymeric carbohydrates with subsequently decreasing of fiber percentage and sugar percentage increase was generally observed. Protein percentage increase was observed due to enzyme synthesis during the maturation process in skinned fruits.

Key words: Sour guava, chemical composition, maturation, protein.

¹Universidad de Córdoba, Departamento de Química, Carrera 6 no. 76-103, Montería - Colombia, Tel (4) 786 0920 Ext. 261. Email: clara@sinu.unicordoba.edu.co

INTRODUCCIÓN

El departamento de Córdoba (Colombia) cuenta con una extensa biodiversidad, representada por una inmensa cantidad de especies promisorias, debiéndose este potencial, a estar ubicado en un área tropical con grandes reservas hidrográficas. Las frutas tropicales se han convertido en recursos de gran valor para los mercados mundiales y existentes en el país (Llanos, 1998). Se estima que la economía de los productos agroalimentarios provendrá de recursos tropicales, como la especie *Psidium araca*, que pertenece al género *Psidium* de la familia de las Mirtáceas (Cárdenas, 2003; Cano, 2004).

La guayaba agria, es una de las frutas de mayor consumo en el departamento de Córdoba, sin embargo, en Colombia es para muchos desconocida y subutilizada; crece generalmente en huertos caseros y generalmente su consumo se da en fresco (pulpa) y en jugos (en donde habitualmente no se le retira la piel). La tabla de Composición de Alimentos Colombianos (ICBF, 2000) no reporta datos sobre la composición química de la fruta, por lo que se consideró de suma importancia una investigación al respecto; dicha información es indispensable por parte de los profesionales encargados de formular las dietas adecuadas. Algunos datos sobre análisis químico han sido reportados para la guayaba agria, en un trabajo realizado en el cual se utilizó como medio de cultivo para microorganismos ruminales (Lara y Chalela, 2005).

La maduración es la etapa más importante y compleja en el desarrollo de las frutas; puede dividirse en dos fases: la fase de

maduración fisiológica y la fase de maduración organoléptica. La primera, suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas; la evolución de esta fase sólo se completa adecuadamente cuando el fruto se encuentra en la planta. La fase de maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual se transforma un tejido fisiológicamente maduro en otro visual olfatoria y gustativamente atractivo; este es el resultado de un complejo conjunto de transformaciones que incluyen: maduración de las semillas, cambios de color, cambios en la composición de sustancias pépticas, modificación de los ácidos orgánicos, producción de sustancias volátiles y desarrollo de cera en la piel (Wills *et al.*, 1984; Wills *et al.*, 1997). En el presente estudio se realizó un análisis bromatológico de *Psidium araca* en dos estados de maduración, con piel y sin piel, en el que se determinaron porcentajes de humedad, cenizas, fibra, proteína y extracto no nitrogenado; también se evaluó el porcentaje de azúcares totales y las concentraciones de nutrientes presentes como: vitamina C y minerales potasio, sodio, hierro, fósforo y calcio. Toda esta metodología se llevó a cabo para realizar una comparación entre los valores nutricionales en cada estado de maduración y conocer las ventajas y desventajas que trae el hecho de retirar la cáscara. El resultado de esta investigación busca que los profesionales del departamento de Córdoba en el sector de la nutrición humana tengan una herramienta para la formulación de dietas en donde incluyan a esta fruta, y además se pueda escoger la forma de consumo más adecuada para las necesidades de cada persona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de las muestras

Las frutas se recolectaron de un cultivo de la vereda San José de Chocolate, ubicada en el sector rural del municipio de Montería, Córdoba, Colombia. Sus coordenadas geográficas son: 8° 49' latitud Norte y 75° 50' longitud oeste, su precipitación anual promedio es de 1350 mm. Se tomó una cantidad representativa de frutas recién recolectadas, en sus estados de madurez fisiológica y madurez organoléptica.

Procesamiento

Una vez recolectadas, las muestras fueron procesadas de la siguiente manera: el 50% de las frutas organolépticamente maduras, se les fue retirada la semilla y piel; a la parte restante, solo se les retiró la semilla. De igual manera se procedió con las muestras en estado de madurez fisiológica. Cada muestra fue homogenizada en licuadora. Se tomó una cantidad de 200 g de cada muestra, cada una fue envasada herméticamente, puestas en refrigeración a una temperatura de 0 °C y posteriormente se determinaron las siguientes variables:

Determinación de humedad: Se llevó a cabo por el método gravimétrico 930.15/90 de la AOAC (Bernal, 1994; AOAC, 1990).

Determinación de extracto etéreo: El ensayo se realizó utilizando el método 920.39/90 de la AOAC (Bernal, 1994; AOAC, 1990).

Determinación de cenizas: Se realizó siguiendo el método 942.05/90 de la AOAC (Hart y Johnstone, 1991; AOAC, 1990), secando previamente las muestras a 110 °C y posteriormente calcinadas a una temperatura de 550 °C, hasta que las cenizas quedaron completamente grises.

Determinación de proteínas: Se efectuó mediante el método de Kjeldahl de acuerdo a la técnica 955.04/90 (AOAC, 1990), el cual determina la concentración de nitrógeno presente en la muestra para luego ser transformado, a través de un factor, en proteína, que para el caso de las frutas es 6.25.

Fibra cruda: Se tomaron muestras previamente desengrasadas y se les hizo digestión ácida en presencia de H₂SO₄ 0.255 N y digestión alcalina en presencia de NaOH 0.313 N. Para la determinación del porcentaje de fibra cruda, fue utilizado el método Weende 962.09/90 de la AOAC (Bernal, 1994; AOAC, 1990).

Extracto no nitrogenado: El porcentaje de extractivos no nitrogenados se determinó restando de 100 los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas y proteína. Este procedimiento está afectado por las inexactitudes propias de la determinación analítica de los otros componentes, por eso sus resultados son relativamente aproximados (Bernal, 1994).

Análisis de azúcares totales: La determinación de azúcares "libres" totales, fue llevada a cabo mediante el método Espectrofotométrico (Dubois, 1956); aunque la literatura reporta una longitud de onda cercana a 490 nm, se hizo un barrido de absorbancia en la región de 450 a 550 nm, obteniéndose como resultado una longitud de onda máxima de 487 nm. Se prepararon las soluciones coloreadas por triplicado y se les leyó la absorbancia, estos se graficaron y se obtuvo una ecuación con un coeficiente de correlación $r^2=0.9987$. A esta curva se le hizo prueba de linealidad, el cual fue aceptado mediante prueba de Bartlett a un nivel de significancia de 0.05.

Determinación de sodio, potasio y hierro:

Los elementos sodio, potasio y hierro, fueron determinados en un espectrofotómetro de absorción atómica Modelo Perkin Elmer 3110. El sodio fue determinado a una longitud de onda de 589.0 nm, utilizando una mezcla de gases aire – propano como combustible para la llama, y patrones de 2, 5, 10 y 20 ppm en sodio. El potasio fue determinado a una longitud de onda de 766.5 nm, utilizando una mezcla de gases aire – propano como combustible para la llama, y patrones de 2, 5, 10 y 20 ppm en potasio. El hierro fue determinado a una longitud de onda de 248.3 nm, utilizando una mezcla de gases aire – acetileno como combustible de la llama, y patrones de 2, 5, 10 y 20 ppm en hierro.

Determinación de fósforo: El fósforo se determinó en forma de ión fosfato (Kirk *et al.*, 1996); la bibliografía reporta como longitud de onda máxima 830 nm (Cavazos, 2001), sin embargo, se hizo un barrido de absorbancia en la región de 700 a 900 nm, obteniéndose como resultado una longitud de onda máxima de 826 nm. Se prepararon las soluciones coloreadas por triplicado y se les leyó la absorbancia a 826 nm, estos se graficaron y se obtuvo una ecuación con un coeficiente de correlación $r^2=0.9994$. A esta curva se le hizo prueba de linealidad, el cual fue aceptado mediante prueba de Bartlett a un nivel de significancia de 0.05.

Determinación de calcio: El elemento calcio, fue determinado volumétricamente mediante complexometría con EDTA (Bernal, 1994). La metodología consistió en la titulación de alícuotas de solución mineral (anteriormente alcalinizadas) con solución de EDTA (previamente estandarizada con CaCl_2 0.01N como patrón) en presencia de indicador murexida.

Determinación de vitamina C: El contenido de ácido ascórbico, fue determinado por el método de la 2-nitroanilina, estandarizado en la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Colombia (Bernal, 1994); se hizo un barrido de absorbancia en la región de 450 a 650 nm, obteniéndose como resultado una longitud de onda máxima de 541 nm. Se prepararon las soluciones coloreadas por triplicado y se les leyó la absorbancia, estos se graficaron y se obtuvo una ecuación con un coeficiente de correlación $r^2=0.9992$. A esta curva se le hizo prueba de linealidad, el cual fue aceptado mediante prueba de Bartlett a un nivel de significancia de 0.05.

Determinación de grados brix: Para la determinación de grados brix a una temperatura de 20 °C, se utilizó un refractómetro de Abbe Modelo LR45227 (Fisher Scientific), conectado a un flujo de agua proveniente de un termostato, que garantiza variaciones de temperatura de ± 0.01 °C. Fue necesario filtrar la muestra húmeda, mediante un filtro Whatman N° 41, para lograr una lectura precisa.

Determinación de pH: La determinación del pH se realizó en el equipo correspondiente y la preparación de la muestra se llevó a cabo de igual forma que en la determinación de grados Brix.

Determinación de porcentaje de acidez: La acidez del zumo, se determinó mediante una solución de NaOH previamente estandarizada con una solución estándar de biftalato de potasio. Se tomaron alícuotas del zumo y se efectuó la titulación en presencia de fenolftaleína, (Bernal, 1994).

Análisis Estadístico

Se utilizó el software estadístico Analyse-it para procesar los datos. El análisis estadístico para las muestras se realizó

mediante análisis de varianza ANOVA y las diferencias significativas entre ellas, fueron separadas a través del test de Tukey; se consideró $Pr < 0,05$ como estadísticamente significativo. Todas las determinaciones al igual que el análisis estadístico se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físicoquímico y estadístico realizado a la fruta guayaba agría (*Psidium araca*) en dos estados de maduración: fisiológicamente y organolépticamente, con piel y sin piel se resumen en la tabla 1.

Humedad: El porcentaje de humedad observado directamente para las 4 muestras no denotan grandes diferencias, sin embargo el test de Tukey aplicado muestra diferencias significativas ($Pr < 0.0001$).

Durante el estado de madurez organoléptica, las muestras sin cáscara demostraron mayor humedad que las muestras con la cáscara, caso contrario se observó en las frutas en su madurez fisiológica; a la vez, las muestras maduras organolépticamente, presentaron mayor cantidad de agua. En forma general el porcentaje de humedad encontrado fue muy similar al registrado para otra especie del mismo género *Psidium guajava* (ICBF, 2000).

Cenizas: El contenido de cenizas no presentó variación significativa ($Pr = 0,1213$). Es importante anotar que el porcentaje de las cenizas totales es un dato clásico del análisis composicional de los productos alimentarios; este valor no corresponde a la cantidad exacta de materias minerales y salinas de la muestra, debido a que a temperaturas superiores a 400 °C se forman cloruros volátiles con diversos cationes como el sodio, cadmio y otros (Adrian, 2000).

Tabla 1. Composición química de la guayaba agría (*Psidium araca*).

Determinación	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Pr
% Humedad	87.92 ± 0.015	87.00 ± 0.011	86.15 ± 0.022	86.52 ± 0.009	<0.0001
% Cenizas	0.496 ± 0.043	0.494 ± 0.065	0.560 ± 0.046	0.579 ± 0.019	0.1213
% Extracto Etéreo*	0.11 ± 0.038	0.15 ± 0.024	0.12 ± 0.025	0.14 ± 0.027	0.3485
% Proteína	0.281 ± 0.010	0.508 ± 0.003	0.286 ± 0.018	0.400 ± 0.008	<0.0001
% Fibra	3.25 ± 0.056	3.966 ± 0.064	3.890 ± 0.085	4.292 ± 0.066	<0.0001
% E.N.N.	7.9 ± 0.16	7.8 ± 0.16	9.0 ± 0.19	8.1 ± 0.13	<0.0001
% Azúcares Totales	4.3 ± 0.2	4.9 ± 0.3	3.0 ± 0.2	3.8 ± 0.3	0.0021
Mg de Vit. C en 100g	351 ± 12.7	451 ± 8.7	390 ± 10.1	477 ± 9.8	<0.0001
Mg de K en 100g	175 ± 5.6	193 ± 4.2	204 ± 4.1	173 ± 2.7	<0.0001
Mg de Na en 100g	12.8 ± 0.46	16.5 ± 0.13	13.8 ± 0.12	14.9 ± 0.46	<0.0001
Mg de Fe en 100g	2.0 ± 0.14	3.9 ± 0.13	3.0 ± 0.16	3.3 ± 0.12	<0.0001
Mg de P en 100g	13,2 ± 0,36	20,7 ± 0,41	17,0 ± 0,31	15.3 ± 0,35	<0.0001
Mg de Ca en 100g	32.8 ± 1.5	38.6 ± 2.1	35.5 ± 1.5	36.9 ± 1.7	0.0199

*En base seca; Muestra 1: Guayaba madura organolépticamente, sin piel; Muestra 2: Guayaba madura organolépticamente, con piel; Muestra 3: Guayaba madura fisiológicamente, sin piel; Muestra 4: Guayaba madura fisiológicamente, con piel.

Extracto etéreo: Para el porcentaje de extracto etéreo, los resultados no muestran variación significativa entre las muestras ($Pr= 0,3485$). El contenido de grasa de las guayabas está alrededor de 0.1% y no sobrepasa el 0.2% (en base seca). Dichos valores son menores en relación a lo reportado en la bibliografía, ya que se dice que estos constituyen entre el 0.1 y 0.5% del peso (en base húmeda) (Belitz y Grosh, 1988).

Fibra: Comparando con los porcentajes de fibra de otras frutas reportados en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (ICBF, 2002), se encuentra que la guayaba agria, tiene uno de los más altos. Se encuentran diferencias considerables principalmente entre las muestras sin piel y con piel ($Pr < 0.0001$), debido a que este tejido está compuesto principalmente por sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosa (Wills *et al.*, 1984), que son carbohidratos no digeribles por el sistema digestivo humano. Es importante anotar, que el porcentaje de fibra que se pierde cuando se retira la piel es mayor en el estado de maduración organoléptica (17.9%) que en el estado de madurez fisiológica (9.4%), y el porcentaje de fibra que se pierde durante la maduración organoléptica, es mayor en la pulpa (16.48%) que en el conjunto pulpa – piel (7.6%); esto nos indica que durante la maduración de la guayaba agria, los carbohidratos no digeribles son metabolizados y que estos en su mayor parte son los que se encuentran en la pulpa.

Proteínas: La fracción de proteína total es baja y varía significativamente entre las muestras con piel y sin piel, ($Pr < 0.0001$) haciéndose estas diferencias más notorias en la maduración organoléptica. Esto sugiere, que la proteína está concentrada en la piel de la fruta, y se puede inferir que esta se incrementa durante la maduración,

debido a la síntesis de enzimas que interfieren en las reacciones durante este proceso. La proteína representa generalmente alrededor del 1% del peso fresco de las frutas (Wills *et al.*, 1984). La mayor parte de esta fracción está constituida por enzimas que regulan tanto el metabolismo de los hidratos de carbono como el de los lípidos y proteínas, además de estar presentes como reguladores de otros ciclos. Los aminoácidos libres también se encuentran bien representados. El perfil cualitativo – cuantitativo de los aminoácidos puede servir para la caracterización analítica de productos a base de frutas, dada la variedad que éste parámetro presenta de unas frutas a otras. Los demás compuestos nitrogenados son bastante escasos (Astiasaran y Martínez, 2002).

Extracto no nitrogenado: Por diferencia entre el porcentaje total y los contenidos de los componentes: agua, cenizas, extracto etéreo, proteína y fibra, fue determinado el porcentaje de extracto no nitrogenado, encontrando un ligero aumento de éste al retirar la cáscara de la fruta, no siendo significativo en las frutas con mayor maduración. En esta fracción se agrupan mono y disacáridos, la parte soluble de la celulosa, pentosanas y lignina, las hemicelulosas, el almidón, la inulina y toda clase de azúcares, materias pécticas, ácidos orgánicos y otras materias solubles libre de nitrógeno (Bernal, 1994).

Azúcares totales: Para el análisis de Azúcares totales, se observa una variación significativa entre las muestras maduras fisiológica y organolépticamente ($Pr < 0.0021$), en la que estas últimas presentan el mayor porcentaje de azúcares totales. Este cambio, corresponde a la hidrólisis de carbohidratos poliméricos que ocurre durante la maduración (Laguado *et al.*, 1999). También se observa que hay una

ligera disminución del contenido de carbohidratos cuando a las frutas se les es retirada la piel, siendo esta diferencia significativa, en la maduración fisiológica.

Vitamina C: Para el análisis de vitamina C, los resultados muestran que las frutas con piel poseen mayor contenido de ácido ascórbico en los dos estados de maduración escogidos, es decir que en la piel se concentra gran parte de este nutriente. Este comportamiento coincide con el de la mayoría de las frutas, en las que existe un gradiente de concentración de esta vitamina que disminuye desde la piel (que es la parte con mayor contenido) hasta la porción carnosa próxima a la semilla, donde se presenta la menor cantidad (Astiasaran y Martínez, 2002). También se encuentra una ligera disminución en el contenido de vitamina C después de la maduración, siendo esta significativa en las muestras sin piel ($Pr < 0.0001$); esto indica que la mayor parte de las pérdidas de vitamina que ocurren durante la maduración, se dan en la pulpa. Para realizar una comparación con otra especie del mismo género, se tomaron muestras de guayaba dulce (*Psidium guajava*) del mismo cultivo ubicado en la vereda El Chocolate y se les determinó el contenido de vitamina C por el método de la 2-nitroanilina (Bernal, 1994), los resultados fueron los siguientes: fruta con piel $121 \pm 2.3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ y sin piel $116 \pm 1.2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. Los resultados muestran porcentajes de vitamina C más bajos para *Psidium guajava*, que para *Psidium araca*, lo que hace pensar que el mayor contenido de ácido ascórbico en *Psidium araca* está ligado a una mayor síntesis del mismo debido la naturaleza de la fruta y no a aspectos relacionados con el cultivar y el clima.

Minerales: En el contenido de minerales, existen disminuciones significativas durante

la maduración organoléptica, mientras que en la maduración fisiológica, el comportamiento fue un poco más complejo, debido a que algunos elementos aumentaron su porcentaje en la fruta al retirar la cáscara. El contenido de potasio, al igual que el de fósforo, están concentrados en la pulpa cuando la fruta está madura fisiológicamente y al llegar a la maduración organoléptica, estos elementos se concentran en la cáscara. Los elementos sodio, calcio y hierro mostraron comportamientos similares: hay una disminución en su contenido cuando se le es retirada la cáscara, siendo esta significativa al tener un mayor grado de maduración ($Pr < 0.0001$). Las frutas con piel, tienen mayor contenido de estos elementos en su maduración organoléptica, mientras que en la pulpa se encuentra mayor contenido de este elemento durante la maduración fisiológica.

Los contenidos de minerales, al igual que los de vitaminas, presentan grandes diferencias entre especies, y para la misma especie, diferencias de acuerdo a la variedad, condiciones del clima, del suelo, prácticas de fertilización de los cultivos, edad de la planta, e inclusive, localización del órgano en la planta (Kairuz, 2002). Comparando con otras frutas en la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (ICBF, 2000), la guayaba agria, presenta gran cantidad de Hierro.

Acidez, pH y grados brix: El análisis fisicoquímico realizó que comprende las medidas de porcentaje de acidez, pH y grados brix se resume en la tabla 2. El porcentaje de acidez disminuye al retirar la cáscara y a su vez con la maduración de las frutas. Los cambios de pH son pequeños y éstos sólo dependen del grado de maduración; comparando con otras frutas, la guayaba agria (*Psidium araca*) posee uno

Tabla 2. Análisis fisicoquímico de guayaba agria (*Psidium araca*)

Muestra	Porcentaje de acidez	pH	Grados brix
Muestra 1	0.930	2.86	6.8
Muestra 2	1.231	2.86	9.1
Muestra 3	1.764	2.68	8.0
Muestra 4	2.063	2.67	9.8

de los más altos, lo que representa una ventaja para una posible industrialización, ya que reduciría la cantidad de ácidos que se agregan para controlar la propagación de bacterias en el producto. Los grados brix, representan el contenido de azúcar y sólidos solubles en total; el sistema refractométrico no solo mide el contenido de azúcar en un líquido, sino que también suma en su lectura de azúcar a todos o casi todos los restantes componentes solubles en agua, ó sea que todos aquellos elementos que se disuelven en agua como por ejemplo; aminoácidos, fructuosa, proteínas, sacarosa, vitaminas, etc. En la industria es importante que las frutas tengan altos grados brix, debido a que se reduce la cantidad de sacarosa a agregar; sin embargo, aunque la guayaba agria no es una de estas frutas, a partir de ella se pueden obtener concentrados, pulpa edulcora, deshidratadas, que sirven de materias primas para otros productos derivados; néctares y refrescos en donde se necesita un mínimo de 10 °brix del producto.

CONCLUSIONES

- No se presentaron diferencias considerables entre las muestras maduras fisiológica y organolépticamente, con piel y sin piel, en los porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo y extracto no nitrogenado.
- Las muestras con cáscara y menos maduras presentaron mayor contenido de fibra, debido a que la piel presenta gran cantidad de carbohidratos poliméricos (celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina) y durante la maduración se presenta la degradación de los mismos (además del almidón); de lo anterior se deriva un aumento en el contenido de azúcares.
- La degradación de carbohidratos poliméricos, así como otras reacciones que ocurren durante el proceso madurativo, son sólo posibles debido a la actividad enzimática.

BIBLIOGRAFÍA

- Adrian, J. y Potus J. 2000. Análisis nutricional de los alimentos. Acribia, Zaragoza p215
- Astiasaran, I. y Martínez, J. 2002. Química de los Alimentos. McGraw Hill Interamericana, Madrid, p1-320
- AOAC. (Association of Oficial Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Virginia, p1000-1050.
- Belitz, H. y Grosh, W. 1988. Química de los Alimentos. Acribia. Zaragoza, p659-669

- Bernal, I. 1994. Análisis de alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, p1-13, 47-54, 114
- Cano, C. 2004. La agricultura de Colombia en el TLC. Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá, D.C. Colombia p??.
- Cárdenas, R. 2003. Cultivos Promisorios de Árboles Frutales en Córdoba. Ediciones Paloma, Montería, p1- 63
- Cavazos, N.; Zárate, L. y Torres, E. 2001. Determinación de fósforo y cafeína en bebidas de cola. Educación Química 12:116-120
- Cheftel, J. y Chefter, H. 1992. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Acribia, Zaragoza, p38-45
- Dubois, M. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and relates substances. Anals of Chemistry 28:530-535
- Hart, L. y Johnstone, H. 1991. Análisis Moderno de los Alimentos. Acriba, Zaragoza, p125-134
- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 2000. Tabla de Composición de Alimentos Colombianos, Santafé de Bogotá, p1-57
- Kairuz, L. 2002. Introducción al estudio de la composición de los alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, p83-103
- Kirk, S.; Sawyer, R. y Egan, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de pearson. CECSA, México, p259-268
- Laguado, N.; Pérez, E.; Alvarado, C.; Marín, M. 1999. Características físicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales Revista Facultad de Agronomía 16: 382-397
- Lara, C. y Chalela, G. 2005. Producción de biomasa microbiana con características probióticas para mejorar la fermentación ruminal en ganado vacuno. Tesis Ph.D. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, p141-156
- Llanos, M. 1998. Producción y comercio mundial de frutos tropicales. Revista Valencia Fruits 1881:1
- Wills, R.; Lee, H.; McGlasson, B. y Graham, D. 1984. Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-recolección. Editorial Acribia, Zaragoza, p230
- Wills, R.; Lee, H.; McGlasson, B. y Graham, D. 1997. Fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Acribia, Zaragoza, p143-146