

ESTUDIO QUIMICO ANALITICO DE LOS FRUTOS DEL ARBOL DEL PAN

Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg (1).

Artocarpus communis Forst

Artocarpus incisa L. T.

Por: Gabriel Jaime Arango Acosta (2)

Jairo Quijano Tobón (3)

RESUMEN

Se presenta un detallado análisis de la composición química de los frutos del *Artocarpus altilis* (árbol del pan), recolectado en el Departamento de Antioquia, Colombia, así como las propiedades fisicoquímicas del aceite de las semillas, un estudio de las proteínas globulares incluyendo su punto isoeléctrico determinado por electroforesis además de su contenido de aminoácidos.

INTRODUCCION

Este árbol de la clase Dicotiledóneae, familia Moráceae y género *Artocarpus*, (Figs. 1-2) originario del archipiélago de Sonda - Indonesia y muy cultivado en las tierras bajas del trópico, es de gran altura (12-15 metros), coposo, de hojas alternas muy amplias y profundamente divididas, látex blanco, lechoso y espeso, flores unisexuales reunidas en sendas inflorescencias globuladas y alargadas sobre receptáculo grueso, redondeado u ovoide, fruto sincárpico con un peso que oscila entre 1 y 3 kilogramos (García Barriga 1974, González y otros 1960).

En muchas regiones de nuestro país, se encuentra este fruto, especialmente en las tierras cálidas. En algunos lugares como el Departamento del Chocó, las islas de San Andrés y Providencia, el Valle del Cauca, es un exquisito alimento para sus gentes, mientras que en otros, se pierden sus frutos o es alimento para animales.

El fruto (Fig.3) es feculento y suele comerse cocido o frito. En consistencia y sabor se parece a la papa y en algunos sitios sustituye a la yuca y a la papa (García Barriga 1974, González y otros 1960, Santos J. F. 1974, Uribe J. A. 1940).

No obstante ser usado como alimento en algunas regiones, no existe en nuestro medio un estudio de la composición química del fruto que nos muestre la presencia de glicósidos cianogénéticos, alcaloides y los contenidos de grasas, carbohidratos y proteínas para conocer su valor nutritivo. Estudios de este fruto procedente de la isla San Tomé, muestran que es una gran fuente de proteínas y calorías (Santos J.F. 1974).

Este trabajo muestra un análisis detallado de los componentes del fruto de este árbol, así como un estudio de las proteínas globulares y su contenido en aminoácidos.

Las proteínas son compuestos que se encuentran en todos los tejidos vivos, tanto animales como vegetales y también en las bacterias. Desempeñan funciones indispensables en la arquitectura celular, en la catálisis, en la regulación metabólica y en los procesos contráctiles, constituyendo un arma importante del arsenal defensivo de muchos organismos superiores. Prácticamente las proteínas están en íntima relación con todos los procesos fisiológicos (Mahler H. R. 1966).

El principio básico de la estructura química de las proteínas es bastante simple, consiste en largas cadenas de aminoáci-

(1) Trabajo presentado como prerrequisito para obtener el grado de Químico.

(2) Estudiante del Departamento de Química de la Universidad de Antioquia.

(3) Profesor asistente del Departamento de Química de la Universidad de Antioquia.



Figura 1.



Figura 2.

(Figuras 1 y 2)
Aspectos generales del árbol del pan: *Actocorpus altilis*, de la familia Moraceae.



Figura 3.
Fruto del árbol del pan, el cual es usado, por unas pocas personas como alimento y cuyo consumo se podría popularizar gracias a su contenido proteínico.

dos enlazados unos con otros, por enlaces peptídicos producidos por la eliminación de los elementos del agua entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo α -amino del siguiente.

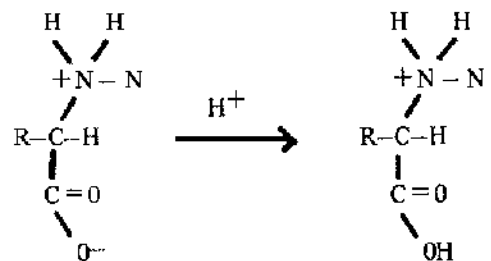
Las proteínas se dividen en dos grupos:

1. *Proteínas simples o sencillas.*
Son las que por hidrólisis completa originan solamente α aminoácidos y sus derivados.
2. *Proteínas Conjugadas.*
Son aquellas en las cuales la molécula protéica se halla unida a un grupo no protéico llamado grupo prostético.

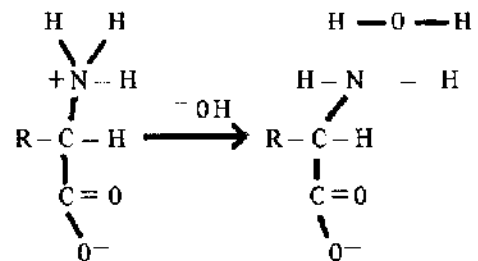
Las proteínas simples se subdividen a su vez en albúminas, globulinas, prolaminas, glutelinas, listonas, protaminas y escleroproteínas.

Las proteínas conjugadas pueden ser: Nucleoproteínas, lipoproteínas, mucoproteínas y cromoproteínas (Lehninger A. L. 1976).

En las proteínas unos grupos son positivos y otros negativos. Si el medio en que están es ácido, tienden a predominar las cargas positivas y si es básico, las negativas. Puede ocurrir que a un cierto pH, el número de cargas positivas y negativas sean iguales entonces, la proteína será eléctricamente neutra, no migra en un campo eléctrico y se dice que está en su punto isoeléctrico (Niemeyer H. 1972). Las proteínas se comportan como aniones o cationes de acuerdo al pH de la solución Si se colocan en un campo eléctrico puede efectuarse la electroforesis, que consiste en el movimiento de las sustancias cargadas bajo la influencia de un campo eléctrico externo. El sentido en que migren las moléculas, depende del pH de la solución buffer (Block y otros 1958).



Migra al polo negativo (cátodo).



Migra al polo positivo (ánodo).

PARTE EXPERIMENTAL

Los frutos analizados fueron recolectados en Santa Fé de Antioquia y Medellín.

PREPARACION DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra, consistió en el presecado y molimiento; después de extraer las semillas se secaron en estufa por 48 horas a $36 \pm 2^\circ \text{C}$., luego se pasaron por un molino adecuado hasta que quedó una harina finamente dividida, para luego almacenarla en recipiente seco y con tapa esmerilada (Zapata A, 1972).

ANALISIS DE LAS SEMILLAS

Pérdidas por Calentamiento.

Comprendió humedad y materias volátiles, se secó la muestra fresca y molida a $103 \pm 2^\circ \text{C}$., hasta obtener peso constante (A.O.A.C. 1970, Zárate P. 1975, Santos J.F. 1974).

Determinación de cenizas.

Consistió en calcinar la muestra a 600°C ., por 30 minutos, se dejó enfriar y se le introdujo agua desionizada, se secó en baño de agua y se llevó nuevamente a 600°C ., hasta obtener peso constante (A.O.A.C. 1970, Zárate P. 1975).

Determinación de grasas.

Se extrajo en Soxlet con éter de petróleo de bajo punto de ebullición durante 20 horas, se virtió la muestra en un mortero con igual cantidad de arena fina, limpia y seca, se molió se extrajo de nuevo por otras 4 horas, se procedió luego a evaporar el solvente, quedando la materia grasa. A esta grasa, se le hizo las determinaciones del índice de yodo, índice de saponificación, ácidos grasos solubles e insolubles y las propiedades físicas, utilizando los clásicos métodos de análisis de grasas (A.O.A.C. 1970, Mehlenbacher V.C. 1960).

Determinación de carbohidratos solubles.

Se usó el método Luff o Benedict, el cual consiste en extraer los carbohidratos solubles con una solución de ferrocianuro de potasio en agua, con la ayuda de un clarificante como acetato de zinc, para luego hidrolizarlos y cuantificarlos usando el test de Luff o Benedict (A.O.A.C. 1970).

Determinación de proteínas.

Se determinó el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl, multiplicando este valor por 6.25 para calcular el contenido de proteína (A.O.A.C. 1970, M.E.A.U. 1963).

Determinación de fibra cruda.

Consistió en hacer una digestión de la muestra en medio ácido y luego una digestión del residuo en medio básico, se

determinó gravimétricamente el contenido de fibra y cenizas, luego se calcinó para determinar el contenido de fibra (A.O.A.C. 1970, M.E.A.U. 1963).

Ensayo cualitativo para alcaloides.

Se usó el método de Webb. Los alcaloides se extrajeron en caliente con HCl 10/o, luego se hicieron ensayos con los reactivos de Mayer, Wagner o Dragendorff (Domínguez X. 1973).

Ensayo cualitativo para alcaloides esteroidales.

Se usó el método de Liebermann-Burchard. Se hace reaccionar una solución clorofórmica de los alcaloides, con anhídrido acético y ácido sulfúrico dando una reacción coloreada (Domínguez X. 1973, Cook R. P. 1961).

Ensayo cualitativo para glicósidos cianogénéticos.

Se usa el método del picrato sódico. Se tapó una solución clorofórmica de muestra triturada, con un papel de filtro impregnado con picrato sódico. Si al cabo de 3 horas a $30-35^\circ \text{C}$., el papel no cambia a rojo, la prueba es negativa (Domínguez X 1973).

EXTRACCION DE PROTEINAS GLOBULARES

Las proteínas globulares de origen vegetal, son:

Albuminas: Solubles en agua pura.

Globulinas: Insolubles en agua pura, pero solubles en soluciones diluidas de sales.

Glutelinas: Insolubles en agua y soluciones de sales, pero solubles en ácidos y álcalis diluidos.

Prolaminas: Insolubles en agua y diluciones de sales, pero solubles en soluciones alcohólicas al 70-80/o (Morrison and Boyd 1966, Greenberg D. 1951, Allen's 1948).

Teniendo en cuenta las anteriores propiedades, se sometió la muestra seca y desengrasada a extracciones consecutivas durante 24 horas, con los siguientes solventes: Agua desionizada, para extraer albúminas; solución al 5/o de cloruro de sodio, para extraer globulinas; etanol al 70/o para extraer prolaminas y solución al 0.2/o de NaOH para glutelinas. Las extracciones se llevaron a cabo a baja temperatura y con agitación mecánica (Alexander P. and Block R. J. 1960).

Al terminar cada extracción, se centrifugó a 3000 r.p.m., durante 30 minutos, se tomaron alícuotas para determinar el contenido de proteína, luego los extractos se concentraron a presión reducida (Alexander P. and Block R. J. 1960).

PURIFICACION DE LAS PROTEINAS

Albúmina: Como el extracto de albúmina también contiene carbohidratos y otras sustancias, fue necesario separarla por medio de precipitación, dializándola inversamente frente a una solución saturada de sulfato de amonio (Haurowitz F. 1963), se separaron los cristales y se dializaron nuevamente frente a agua.

Globulina: El extracto de globulina se dializó frente a agua desionizada, precipitando a medida que la sal pasaba al agua.

Prolamina: Esta proteína precipitó al evaporar el alcohol.

Glutelina: Así como la globulina, la glutelina fue precipitada al dializarla frente a agua desionizada. Luego se lavó la prolamina con solución diluida de ácido acético y las otras con solución etanólica 1:1; y después todas con acetona y éter para evitar la formación de soluciones coloidales de otros compuestos que pudieron estar presentes (Haurowitz F. 1963). Se almacenaron en frascos bien tapados a 4-10 °C. (Greenberg D. 1951).

ENSAYOS CUALITATIVOS CON LAS PROTEINAS

Se ensayaron los test de Biuret, la reacción Xantoprotéica y la de Millon (Morrison and Boyd 1966, Haurowitz F. 1963, Hill and Kelley 1945), dando resultados positivos.

También se hicieron ensayos de electroforesis en papel (Garvin J. 1961, Block y otros 1958) y electroforesis vertical de gel de almidón (Smithies 1959) con diferentes valores de pH para determinar la pureza y el valor del punto isoeléctrico a cada una de las proteínas. En los ensayos las proteínas migraron en una sola zona o mancha, lo cual demostró que estaban aisladas.

HIDROLISIS DE LAS PROTEINAS

Se hidrolizaron las proteínas con ácido clorhídrico 6N, libre de trazas de hierro. El cloruro de hierro cataliza la destrucción, por oxidación, de algunos aminoácidos como la serina y treonina (Haurowitz F. 1963).

El tiempo de hidrólisis se determinó haciendo ensayos en cromatografía de papel, de acuerdo al número de manchas en el cromatograma (Block y otros 1958). El tiempo óptimo fue entre 24 y 30 horas en reflujo.

El exceso de ácido fue removido por evaporación a sequedad en baño de vapor y el film que resultó fue puesto en un desecador con vacío por 24 horas o más, luego fue disuelto con agua caliente, filtrado, evaporado y finalmente depositado en solución acuosa de isopropanol al 100/o (Block y otros 1958).

Los hidrolizados se mezclaron y se concentraron a un mililitro para determinar la composición de aminoácidos.

Utilizando la técnica de cromatografía ascendente en papel (Whatman 3 mm), en cámara saturada y como eluyente ácido acético, n-butanol, agua en la proporción de 60:15:25 (Randerath K. 1969), se corrió el hidrolizado de los aminoácidos y luego fueron revelados con solución de ninhidrina en acetona 0,20/o w/v a 760C (Block y otros 1958, Randerath K. 1969). Los aminoácidos fueron determinados cuantitativamente utilizando un densitómetro (Moore S. 1948, Martin and Mittelmann 1948).

RESULTADOS

En la Tabla I se muestra la composición del fruto, en relación con la parte comestible, cada fruto maduro contiene de 75 a 100 semillas, con un peso de 6 a 8 gramos cada una

TABLA I

Composición del Fruto del *Artocarpus altilis*

	Peso (gr.)	gr/100 gr totales
Fruto total	1520.00	100.00
Semilla total	808.94	53.22

La Tabla II muestra la composición química de las semillas de este árbol.

TABLA II

Composición química de las Semillas del *Artocarpus altilis*

Determinación	gr./100 gr. de muestra húmeda	gr./100 gr. de muestra seca
Humedad y material volátil	56.27	—
Cenizas	1.50	3.42
Grasas	5.59	12.79
Carbohidratos solubles	6.97	15.95
Proteínas totales	8.73	19.96
Fibra cruda	1.69	3.87

Puede verse que los frutos analizados son más ricos en proteínas y grasas que los de la isla de San Tomé (Santos J. F. 1974).

En la Tabla III, vemos que este fruto no contiene glicósidos cianogenéticos, ésto nos indica que el fruto es apto para el consumo.

TABLA III

Ensayos cualitativos de alcaloides y glicósidos

Ensayo	Resultado
Acaloides totales	+
Alcaloides Esteroidales	-
Glicósidos cianogénicos	-

Las propiedades fisicoquímicas del aceite de las semillas, se muestran en la tabla IV.

El aceite es líquido a temperatura ambiente, de contextura suave y olor penetrante y característico, muy semejante al del maní, su color es amarillo claro. Según los índices químicos y las propiedades físicas, presenta una similitud con el aceite de Oliva, sus altos valores de densidad e índice de saponificación, tienen las características de la mayoría de los aceites de plantas tropicales (Mehlenbacher V. C. 1960).

TABLA IV

Propiedades fisicoquímicas del aceite de las semillas del *Artocarpus altilis*

Densidad (25oC) gr./cc.	0.9145
Índice de refracción (25oC)	1.4734
Punto de fusión	21-24oC
Punto de solidificación	17-16oC
Índice de saponificación	232.68
Índice de yodo	69.64
Ácidos grasos solubles (o/o)	6.22
Ácidos grasos insolubles (o/o)	75.84

En la Tabla V, se da la composición de las proteínas tanto las totales, como las globulares. Puede apreciarse la pequeña cantidad de albúmina, siendo ésto común para todos los vegetales (Haurowitz F. 1963).

TABLA V

Composición de las Proteínas de las Semillas del *Artocarpus altilis*

	gr/100 gr. de muestra seca
Proteínas totales	19.96
Proteínas no globulares	6.40
Proteínas globulares	13.47
Albúminas	1.79
Globulinas	3.69
Prolaminas	3.34
Glutelinas	4.65

En la Tabla VI, se puede observar los puntos isoeléctricos de las diferentes proteínas globulares. Puede notarse que las más ricas en aminoácidos básicos son las globulinas y las prolaminas, además, estos datos son un aporte para un estudio posterior, más detallado, de las propiedades fisicoquímicas de estas proteínas vegetales.

En la Tabla VII, se muestra un análisis preliminar de aminoácidos de las proteínas. Puede notarse que el contenido de aminoácidos esenciales es relativamente alto, con relación a otras proteínas vegetales (Haurowitz F. 1963), aunque faltan los datos del triptófano y lisina que seguramente se degradaron durante la hidrólisis.

TABLA VI

Punto isoeléctrico de las proteínas globulares del *Artocarpus altilis* determinado por electroforesis a 5-10oC de temperatura y 300 voltios.

PROTEINAS	SOPORTE	pH	BUFFER	P.I.
Albúmina	papel	4.6	Borato	4.4
	Almidón	8.3	Tris-EDTA--borato	
Globulina	papel	8.6	borato	8.6
	Almidón	8.3	Tris-EDTA--borato	
Glutelina	papel	8.6	borato	7.5
	Almidón	8.3	Tris-EDTA--borato	
Prolamina	papel	8.6	borato	8.3
	Almidón	8.3	Tris-EDTA--borato	

TABLA VII

Composición de aminoácidos en las semillas del
Artocarpus altilis
determinado por densitometría

Aminoácidos	gr/100 gr. de proteínas	gr/100 gr. de muestra
Leucina	13.04	2.60
Isoleucina	12.10	2.41
Fenilalanina	5.28	1.05
Metionina	15.90	3.17
Tirosina	7.24	1.45
Prolina	3.62	0.72
Alanina	7.68	1.53
Acido glutámico	4.93	0.98
Treonina	3.91	0.78
Serina	10.43	2.08
Glicina	4.78	0.95
Arginina	3.33	0.66
Histidina	4.56	0.91
Cistina*	3.12	0.62

* En este valor, también está incluida la Cisteína.

CONCLUSIONES

En los resultados anteriores, puede verse que este fruto tiene un contenido aceptable de proteínas, carbohidratos solubles y grasas, ésto demuestra que tiene un alto valor nutritivo en comparación con otros productos vegetales.

La calidad de su aceite y similitud con el aceite de oliva, sugiere un estudio más detallado para su aprovechamiento

Podría incrementarse el consumo de este fruto en las regiones donde se cultiva, subsanando en parte una deficiencia nutricional.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento, al profesor Gabriel Bedoya y a las Tecnólogas de Laboratorio Clínico, María Cecilia Correa y Raquel Restrepo de Sierra, de los Departamentos de Biología y Bioquímica y Nutrición de la Universidad de Antioquia, que con su ayuda, facilitaron la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Alexander, P. and Block, R. J. 1960. *A Laboratory Manual of Analytical Methods of Protein Chemistry*. Pergamon Press. Vol. 1, Cap. 1.
2. Association of Official Agricultural Chemist 1970. *Official Methods of Official Agricultural Chemists*. 11a. ed. Washington A.O.A.C.
3. Block, D. and Zweig 1958. *A Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis*. 2a. ed. Ed. Academic Press Inc. New York.
4. Domínguez, X. 1973. *Métodos de Investigación Fitoquímica*. Ed. Limusa pág. 41,42.
5. García, B. H. 1974. *Flora Medicinal de Colombia*. Inst. de Ciencias Naturales. UN., Bogotá, Colombia, Vol. 1, pág. 239.
6. Garvin, J. 1961. *Journal of Chem.* Ed. 38, 36-37.
7. González, L. and Font 1960. *Historia Natural*. Barcelona, 5a. ed. Vol. 3.
8. Greenberg, D. 1951. *Amino Acids and Proteins Theory, Methods, Application*. Ed. Thomas Books, U.S.A.
9. Haurowitz, F. 1963. *The Chemistry and Function of Proteins*. 2a. ed. Ed. Academic, Londres, Inglaterra.
10. Hill, A. and L. Kelley, 1945. *Organic Chemistry*. Ed. Blakiston Co. U.S.A.
11. Lehninger, A. L. 1976. *Biochemistry*. Ed. Worth Publisher Inc. New York. cap. 3.
12. Mahler, H. R. and E. H. Cordes, 1966. *Biological Chemistry*. Harper & Row Publisher, New York, cap. 2.

13. Martin and Mittelman 1948. *Biochem. J.* 43:353.
14. M.E.A.U. 1963. *Métodos de Análise de Plantas*. Missao de Estudos Agronómicos de Ultramar, Lisboa.
15. Mehlenbacher, V. C. 1960. *The Analysis of Fats and Oils*. Ed. Garrard Press, U. S. A. Vol. 6, cap. 2,3.
16. Moore, S. 1948. *J. Biol. Chem.* 176:367.
17. Morrison and Boyd 1966. *Organic Chemistry*. 2a. ed., Boston.
18. Niemeyer, H. 1972. *Bioquímica*. Ed. Inter-Médica, Argentina.
19. Randerath, K. 1969. *Enciclopedia de la Química Industrial*. Ed. Urmo, España, vol. 8.
20. Santos, J. F. 1974. "The Nutritional Value of Some Foods Consumed on San Tomé Island", *Ecology of Food and Nutritional*. 3:237-242.
21. Smithies 1959. *Advances in Protein Chemistry*. 14:65.
22. Tristram, G. H. and R. H. Smith, 1963. "The Amino Acid Composition of Some Purified Proteins", In *advances of Proteins Chemistry*. Vol. 18.
23. Uribe, J. A. 1940. *Flora de Antioquia*. Imprenta Departamental, Medellín, pág. 101.
24. Zapata, A. 1972, *Economic Botany*. 26:156.
25. Zárate, P. 1975. "Análisis Fitoquímico del Fruto de la Uchuva". *Química e Industria*. 8(3).