

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

VALOR NUTRITIVO DE HARINA DE BANANO VERDE



LUZ DEL CARMEN SANTIAGO ROLDÁN

NUTRICIONISTA

Guatemala, agosto del 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

VALOR NUTRITIVO DE HARINA DE BANANO VERDE



LUZ DEL CARMEN SANTIAGO ROLDÁN

NUTRICIONISTA

Guatemala, agosto del 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

VALOR NUTRITIVO DE HARINA DE BANANO VERDE



Informe de Tesis

Presentado Por

LUZ DEL CARMEN SANTIAGO ROLDÁN

Para optar por el título de

Nutricionista

Guatemala, agosto del 2005

INDICE

I.	Resumen.....	1
II.	Introducción.....	3
III.	Antecedentes.....	4
	A. Generalidades del Banano	
	1. Origen del Cultivo de Banano.....	4
	2. Clasificación Botánica y Variedades Cultivadas en el País.....	5
	3. Aspectos Agrícolas.....	5
	4. Situación del Cultivo.....	6
	5. Situación del Mercado	
	a) Interno.....	7
	b) Externo.....	7
	6. Composición Química y Valor Nutritivo	
	a) Valor Nutritivo del Banano.....	9
	b) Encafecimiento.....	10
	c) Maduración.....	11
	7. Métodos de Conservación Post-Cosecha del Banano.....	13
	8. Métodos de Procesamiento del Banano.....	14
	9. Valor Nutritivo del Plátano.....	17
	B. Deshidratación.....	18
	1. Pérdida de Nutrientes durante el Deshidratado.....	20
	C. Métodos de Análisis de Alimentos	
	1. Químicos y Físicos.....	24
	a) Muestreo.....	26
	i) Errores Indeterminados.....	27
	ii) Errores Determinados.....	27
	b) Análisis de Macronutrientes	
	i) Proteínas.....	28
	ii) Carbohidratos.....	30
	iii) Lípidos.....	34
	iv) Potasio.....	35
	v) Vitamina A.....	35
	D. Estudios Realizados sobre Valor Nutritivo del Banano.....	36
	E. PROFRUTA.....	39
IV.	Objetivos.....	40
V.	Materiales y Métodos.....	41
VI.	Resultados.....	46
VII.	Discusión de Resultados.....	49
VIII.	Conclusiones.....	52
IX.	Recomendaciones.....	53
X.	Bibliografía.....	54
XI.	Anexos.....	60

I. RESUMEN

Los bananos son el cuarto producto agrícola más importante en el mundo, después del arroz, trigo y maíz en términos de producción. Son una fuente barata y de fácil producción de energía, así como de vitaminas A, C y B₆ (6).

Este trabajo busca aportar información de variables nutritivas del banano verde cosechado en época seca y lluviosa, para establecer la importancia del banano verde en su uso y diversificación en el consumo humano; además, para compararlo con harinas similares, como lo es la harina de plátano verde. Para ello se procesó banano verde proveniente de Tiquisate, Escuintla hasta convertirlo en harina y ésta fue analizada posteriormente para conocer contenido calórico, de macronutrientes, vitamina A y potasio. El método utilizado para analizar proteína fue Kjeltac, para grasa el método Goldfish, para Potasio Espectrofotometría de Absorción Atómica y para vitamina A se usó Cromatografía Líquida de Alta Resolución.

Para analizar los resultados se utilizó análisis de varianza, una prueba de Wilcoxon para dos muestras independientes (para comparar harina de banano verde de época seca contra época lluviosa) y una prueba de Contrastos Ortogonales para comparar la harina de banano verde vs la harina de plátano verde. Se utilizó un nivel de significancia estadística $\alpha = 0.05$.

En los resultados de contenido de nutrientes de la harina de banano verde, resalta su alto contenido de energía, carbohidratos y potasio. Los valores de contenido de nutrientes encontrados son similares para la época lluviosa y seca; la prueba estadística indica que no existe diferencia significativa entre ellos. En cuanto a vitamina A, en la época seca la harina de banano verde presenta el doble de contenido respecto a la de la época lluviosa.

Al compararla con la harina de plátano verde, la harina de banano posee valores mayores en cuanto a su contenido de grasas, fibra cruda y cenizas. La harina de plátano posee valores mayores que la harina de banano en el contenido de energía, carbohidratos y potasio. No se encontró diferencia significativa en el contenido de humedad y proteína de ambos tipos de harina (43).

Para elaborar atol de harina de banano verde, en promedio, se usa un 5% de harina de banano verde, 5% de azúcar y 90% de agua. El producto final es un atol de color gris-pardo, con apariencia granulosa, olor y sabor leve a banano y textura bucal granulosa. Preparado de esta manera, una taza de este atol contiene 206 mcg ER de vitamina A y aporta 86 kcal.

II. INTRODUCCIÓN

El banano es una musácea producida en grandes cantidades en Guatemala. Las variedades disponibles incluyen *Musa sapientum* (banano), *Musa sapientum* variedad Gros Michel (guineo de seda o mínimo) y *Musa sapientum* variedad Champa (guineo de oro, guineo manzano o manzanita). Es una fruta cuya producción en 1998 fue de 15,440 miles de quintales (8) y según la Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos realizada en 1991, el consumo de banano por la población guatemalteca es alrededor de 71 gramos en promedio, en área urbana 96 g y en área rural 58 g, su valor nutritivo se caracteriza por su alto contenido de carbohidratos y potasio.

Esta fruta posee el segundo lugar en productos de exportación, a pesar de que una parte de ella es rechazada, debido que no cumple con los estándares de calidad establecidos por los países compradores de la misma, la cual se utiliza para consumo local. Gran cantidad del producto rechazado se pierde, ya que la demanda interna no es lo suficientemente alta para absorberla (9).

Por lo anterior, desde la década de los 70s, se ha trabajado conjuntamente con otros países latinoamericanos productores de banano para tratar de desarrollar formas comerciables de esta fruta, y así fomentar su aprovechamiento. En Guatemala, desde 1989 surgió el Proyecto de Desarrollo de la Fruticultura y Agroindustria, PROFRUTA, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, con el objetivo de fomentar la agroindustria y el desarrollo de la fruticultura en las diferentes regiones del país, con la finalidad de aumentar la disponibilidad y vida de almacenamiento de las mismas mediante la aplicación de diversas técnicas de conservación de alimentos dentro de las cuales se encuentra la deshidratación. Actualmente existe interés en aumentar la disponibilidad y vida de almacenamiento del banano, así como diversificar su uso en la sustitución de productos derivados.

III. ANTECEDENTES

A. Generalidades del Banano

1. Origen del Cultivo de Banano

Según Soto (59), el sudeste asiático se considera el lugar de origen del banano, su cultivo se desarrolló simultáneamente en Malasia y las Islas Indonesias.

El antropólogo Herbert Spiden, citado por Soto (59), escribió: "Lo más probable es que el banano sea oriundo de las húmedas regiones tropicales del sudeste de Asia, incluyendo el nordeste de la India, Burma, Camboya y partes de la China del Sur, así como las Islas Mayores de Sumatra, Java, Las Filipinas y Taiwán. En esos lugares las variedades sin semilla del verdadero banano de consumo doméstico se encuentran en estado silvestre, aunque es probable que hayan escapado de los cultivos".

Se cree que el cultivo del banano fue uno de los primeros en ser domesticado, debido a que no requieren herramientas especiales para su cosecha y propagación (6).

Soto (59) indica que la palabra "banano" es africana. Se supone que los navegantes portugueses, tratando de encontrar una ruta hacia China, hace más de 500 años, desembarcaron en Guinea donde observaron que los nativos lo cultivaban y satisfechos del excelente sabor se dedicaron a propagarlo en los territorios bajo su dominio, manteniendo su nombre "banano", "banana", el cual se ha perpetuado hasta nuestros días, aunque también son aceptadas las variaciones "plátano", "guineo", "cumbure" y otros.

En 1880, en Guatemala, el entonces presidente del país, Justo Rufino Barrios, decretó poner a la venta tierras para cultivar banano. Dos años después se otorgó en concesión tierras ociosas a los Estados Unidos de América para cultivar esta fruta (a precios muy inferiores de los establecidos por el decreto). De ahí en adelante, surgió la United Fruit Company (3,50).

2. Clasificación Botánica y Variedades Cultivadas en el País

El banano pertenece a la familia de las musáceas, las cuales se caracterizan por ser plantas herbáceas de las cuales algunas alcanzan hasta siete metros de alto, provistas de rizoma tuberoso. Grandes hojas envainadoras en espiral o dísticas, cuyas vainas suelen cubrirse unas a otras llegando a simular un tallo en forma de columna, estas hojas tienen un limbo penninervio. Las flores están formadas por corola de tres pétalos, cáliz de tres sépalos, seis estambres dispuestos en inflorescencia en espiga muy desarrollada con grandes brácteas coloreadas, fruto en cápsula trilocular o una baya cuyos óvulos no han sido fecundados generalmente con albumen farináceo (56,59).

En Guatemala y demás países del área centroamericana, se cultivan las mismas variedades, siendo las más importantes y conocidas las siguientes:

Grand Nane o Gran Enano; Gros Michel y Cavendish; Banano de Oro; Banano Manzana; Banano Morado; Banano Majunche (6,27,34,56,60).

3. Aspectos Agrícolas

Para obtener óptimos rendimientos en una plantación de banano, ésta deberá situarse en zonas que ecológicamente permitan el buen desarrollo de la planta. Las zonas aptas en Guatemala para dicho cultivo son: tropical húmeda, muy húmeda y tropical seca, con temperaturas entre 16 y 35°C, considerándose como temperatura media anual óptima la de 22 a 32°C (27,56).

Aunque el banano es bastante indiferente al la reacción del suelo, lo ideal es un pH de 6.0 a 7.0, cuando éste es menor de 5.0 ó mayor de 8.0, el desarrollo y rendimiento de las plantas es malo (26,27,56).

Siendo exigente en humedad, las plantaciones de banano deben hacerse en zonas cuya precipitación pluvial oscile de los 2,000 o más milímetros, bien distribuidos

durante todo el año. Los lugares con dos ó tres meses de período seco o una precipitación inferior a los 1,500 milímetros anuales producen rendimientos bajos, haciéndose entonces necesario el riego (27,56).

A los 13 ó 14 meses después de la siembra, los frutos del banano están listos para ser cosechados y después de la primera cosecha la recolección dura todo el año. El área cultivada se cosecha cada 15 días, para cortar los racimos que ya están llenos (26,29).

4. Situación Actual del Cultivo

El cultivo del banano ha constituido el tercer producto en las exportaciones de Guatemala, representando el 23.2% del valor de las principales exportaciones de 1996 y el 16% de 1998 (8).

La producción de banano de exportación en los años comprendidos de 1996 a 1997 se indica en el cuadro No. 1 (8).

Cuadro No. 1
Volumen y Valor de la Producción Bruta de Banano
A Precios de Productor

Unidad de medida en miles	1996		1997	
	Volumen	Valor	Volumen	Valor
Quintales	15594.5	59773.7	16435.8	62998.4

Fuente: Banco de Guatemala. (8)

La producción y exportación de banano de Guatemala la realizan principalmente COBIGUA (Compañía Bananera Independiente Guatemalteca, S.A.), BANDEGUA (Compañía de Desarrollo Bananero de Guatemala), y CHIQUITA con 24.3 miles de manzanas cultivadas en 1998 y una expectativa de 25.0 para 1999 y 2000 (9).

Por otro lado, el costo estimado de producción por manzana, correspondiente al año 2000 puede observarse en el Anexo No. 1 (7).

5. Situación de Mercado

Debido a las imposiciones que actualmente ha tratado de llevar a cabo la Comunidad Europea en cuanto a importación de esta fruta, la situación de mercado no es promisorio para el futuro (58).

a) Mercado Interno. Aún cuando es bien conocido que el banano es uno de los productos de considerable consumo interno, no existen estadísticas que registren el volumen de ventas internas. Haciendo estimaciones, basadas en investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística durante varios años y publicadas siempre en su boletín "Promedio de Consumo de Alimentos por Persona en Guatemala" (33).

El consumo de frutas que actualmente registra el país, de 71 gramos, figurando los bananos, plátanos y naranjas como las frutas más importantes, llama la atención que las dos primeras constituyan el 68% del total del grupo (48 gramos). La importancia de estos frutos no sólo se manifiesta como volumen per cápita, sino que también por el alto porcentaje de hogares que reportan su consumo, 61% en el caso del banano y 31% en el del plátano. El consumo de banano por la población guatemalteca es alrededor de 71 gramos en promedio, 96 en el área urbana y 58 en el área rural, según la Encuesta Nacional de Alimentos realizada en 1991 (33).

b) Externo. Como puede observarse en el Cuadro No. 2, el banano ha ido aumentando el área de cosecha, así como el volumen de producción del banano, no así su rendimiento (qq./mz.), ni su volumen de exportación que fluctúa marcadamente en los años 1987-1989. Para 1995 se esperaba que no se incorporaran nuevas siembras de producción en Guatemala, ya que como se mencionó, la Unión Europea limitaría ese año las importaciones Latinoamericanas de banano, que son mucho más competitivas que la producción de África y Asia. Sin embargo, el área cosechada sí aumentó hasta el año 1999, y para el 2000 se esperaba que continuara aumentando (9).

La exportación mundial del banano en el año de 1997 fue de 659,391,993 kilos, de las cuales el 11.5% fue absorbido por los países europeos, principalmente Alemania, Italia y el Reino Unido. Según el Departamento de Estadísticas Económicas del Banco de Guatemala, Estados Unidos absorbió el 81.3% (10).

Cuadro No. 2
Banano de Exportación: Area, Producción,
Rendimiento, Exportación y Precio

Año	Area	Producción	Rendimiento		Exportación	
Calendario	Cosechada	(miles qq.)	(qq./mz.)	Miles qq.	Precio (US\$)	Medio
	(miles mz.)				Miles de	
1986	11.7	7,331.60	626.6	8,129.90	71,774.80	8.8
1987	11.1	7,267.90	654.8	7,715.90	73,125.80	9.5
1988	11.2	7,638.40	682.0	6,778.50	60,710.70	9.0
1989	11.3	7,932.60	702.0	8,569.50	81,134.10	9.5
1990	11.6	8,250.00	711.2	7,949.00	69,662.30	8.8
1991	11.8	8,392.20	711.2	7,725.30	67,589.40	8.7
1992	14.9	10,523.80	706.3	11,088.10	103,144.30	9.3
1993	15.0	10,650.00	710.0	9,519.40	98,749.30	10.4
1994	16.1	12,519.40	777.6	11,909.90	114,289.40	9.6
1995	17.0	14,010.20	824.1	14,010.40	138,648.70	9.9
1996	18.3	14,869.90	812.6	13,286.60	155,189.00	11.1
1997	19.0	15,363.50	808.6	14,334.60	151,064.20	11.6
1998	19.5	15,440.00	635.4	13,938.20	154,999.80	n.d.
1999 e/	25.0	12,352.00	494.1	n.d.	n.d.	n.d.

e/ Cifras estimadas

n.d.: No disponible

Fuente: Banco de Guatemala. (9)

Durante 1997, los Estados Unidos fue el país que más importó banano guatemalteco, con aproximadamente 536.187 millones de kilos, seguido por Alemania con 51.06 millones. Al comparar esto con la información del Instituto Nacional de Estadística, podemos observar que en 1999, aunque se hayan mantenido estos dos países a la cabeza de nuestros compradores, el volumen disminuyó considerablemente (10,44).

6. Composición Química

a) Valor Nutritivo. El principal componente de la pulpa de banano es el agua, en orden decreciente siguen: carbohidratos, cuyo aporte es, en promedio, de 22g/100g, del cual 0.5 gramos es fibra. El contenido de proteína y grasa es bajo, al igual que las cenizas. (23,48,56,63) El banano es relativamente rico en potasio, magnesio y fósforo, y es pobre en calcio y hierro (53,65).

Según la International Network for the Improvement of Banana and Plantain, INIBAP por sus siglas en inglés (6), el banano es rico en vitaminas A, C y B₆.

La composición de esta fruta varía según la clase de banano que se utilice, la cual puede observarse en el Anexo No. 2 (61).

Según Jacobs (35), el banano se compone en un 74.8% de agua, 1.2% de proteína, 0.2% de grasa, 0.84% de cenizas, 23.0% de carbohidratos totales, 0.6% de fibra y 19.2% de azúcares. Mientras el banano seco se compone en un 23% de agua, 3.6% de proteína, 0.3% de grasa, 2.5% de cenizas, 70.6% de azúcares totales y 1.7% de fibra (no publicó datos sobre contenido de azúcares).

Desde el punto de vista nutricional, el banano y el plátano deshidratados ofrecen buenas perspectivas para su uso. Su aporte calórico es similar al maíz, (300 kcal/100gramos), y su bajo contenido de fibra cruda los hacen aptos para la alimentación humana. La baja cantidad de proteína puede ser aumentada mediante suplementación con leguminosas u oleaginosas (29).

La incorporación de banano y plátano a la dieta, como fuente calórica ofrece buenas perspectivas y probablemente constituya una necesidad a corto plazo, ya que la producción de cereales y especialmente maíz ha venido disminuyendo en forma alarmante en los últimos años (32).

La harina de banano se ha probado a nivel experimental como una alternativa para su uso en alimentación humana. Bressani, Aguirre y Arroyave, citados por Noguera (43) proporcionan la siguiente información:

Cuadro No. 3
Valor Nutritivo de la Harina de Banano
(100 g. de alimento)

HARINAS de BANANO	Humedad (%)	Valor Energético (Kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra Cruda (g)	Ceniza (g)	Carbohidrato (g)
Sin Cáscara	9.2	337	4.39	0.2	3.0	3.9	79.31
Verde con Cáscara	15.2	310	3.98	1.6	3.9	5.4	69.92
Verde sin Cáscara	11.4	329	4.88	0.2	2.9	3.7	76.92

Fuente: Bressani, A. Aguirre, R. Arroyave (14)

b) Encafecimiento. Hay una serie de frutas, incluidos los plátanos, que cambian de un color blanco cremoso a un desagradable color café o gris. Los golpes y daños a los tejidos, como por ejemplo el cortado, ocasionan problemas intracelulares, lo cual puede ocasionar cambio de color de una fruta cruda. Para que esto se dé, debe estar presente en el tejido crudo un compuesto fenólico conocido como "sustrato"(22).

Las reacciones de pardeamiento son reacciones de descomposición de los alimentos que se clasifican según las reacciones que ocurren en las fases iniciales. Pueden ser de naturaleza enzimática o no y oxidativa o no (22).

Las reacciones de empardeamiento de naturaleza oxidativa enzimática son producto de la oxidación enzimática de los fenoles y su conversión a ortoquinonas, que a su vez se polimerizan para formar pigmentos pardos o melaninas. Esta reacción está catalizada por la enzima fenolasa (o polifenol oxidasa, tirosina o catecolasa), también llamada oxígeno oxidorreductasa. Esta reacción se produce cuando hay

suficiente daño vegetal en presencia de O_2 ; como cortar, exprimir o pelar el alimento. Las fenolasas pueden inhibirse irreversiblemente al disminuir el pH a 3, aproximadamente (22).

Los niveles de humedad crítica en el encafecimiento parecen estar entre 1 y 30% de humedad. Abajo del 1% y arriba de 30%, el encafecimiento ocurre a niveles muy reducidos (21).

c) Maduración. El crecimiento del banano, representado por los cambios en longitud y grosor, es rápido, y en la madurez, el fruto maduro puede reventar. Durante el crecimiento y desarrollo del fruto, el peso continúa incrementándose. Al llegar a la madurez, se mantiene un peso constante por dos a cuatro días y luego el peso empieza a descender en forma concomitante con el cambio del color de la corteza a una maduración incipiente (24).

En las etapas iniciales del desarrollo del fruto, el peso de la pulpa es muy bajo, mientras que el de la corteza es muy alto. Con el avance de la maduración, el peso de la pulpa aumenta con una disminución gradual del peso de la corteza. La disminución puede ser debida a la presencia en la corteza de celulosa y hemicelulosa, que en la maduración se convierten en almidón. El azúcar aumenta con mayor rapidez en la pulpa, se desarrolla una presión osmótica, extrayendo el agua de la corteza y dando lugar a un cambio en la proporción de pulpa corteza (24,39).

En las etapas iniciales del crecimiento, la concentración total de azúcares, comprendiendo reductores y no reductores, es muy baja. Al avanzar la maduración, la cantidad total de azúcares aumenta repentinamente con la aparición de glucosa y de fructosa. El ascenso súbito de azúcares sirve como un índice químico de la madurez. Cuando el racimo de bananos es cosechado y mantenido a temperatura ambiente ($29^{\circ}\text{C} \pm 5.5^{\circ}\text{C}$) se registra de nuevo un aumento súbito en azúcares totales, ocasionado por los balances repentinos que se registran entre las demandas para

respiración, las provisiones de reserva y la producción de nuevos carbohidratos (12,24,39).

La concentración de azúcares totales, la aparición de glucosa y fructosa y la estabilización del crecimiento del fruto pueden ser aceptadas como criterios de madurez para la cosecha (24).

El cuadro No. 4 muestra los cambios que sufre el contenido de carbohidratos durante su maduración (35).

También Jacobs (35) reporta diferencias entre los tipos de carbohidratos presentes en la fruta. (Cuadro No. 5)

Cuadro No. 4

Resumen de Cambios en la Composición Durante la Maduración

Etapa de maduración	Azúcares invertid. %	Azúcares Totales,%	Carbohidr. Totales,%
Verde	1.24	7.76	21.51
Verde-amarillo	1.24	7.76	21.51
Amarillo	6.43	17.48	22.12
Amarillo-café	8.55	19.00	20.00
Amarillo-café	11.05	18.26	19.00
Café	10.90	16.60	16.60

Fuente: Jacobs (35)

Cuadro No. 5

Cambios de Carbohidratos durante la Maduración

Estado de madurez	Carbohidr. Totales, %	Carbohidr. Solubles,%	Carbohidr. Insolubl., %
Verde	26.56	1.30	25.26
Maduro	19.00	17.02	1.98

Fuente: Jacobs (35)

7. Métodos de Conservación Post-Cosecha del Banano

a) En Refrigeración. El banano es clasificado como un fruto muy perecedero, cuya longevidad en refrigeración no va más allá de tres semanas, tanto para frutos maduros como verde-maduros. Esta alta perecibilidad está asociada a las altas tasas respiratorias, en comparación con otros frutos, pudiendo alcanzar hasta 200 ml de CO₂/kg/h a 15°C. Los bananos pueden ser conservados en refrigeración por un período de una a tres semanas, al final del cual deben ser removidas para pasar a cámaras de maduración, donde son tratadas con etileno o, previamente, con etofeno. La temperatura mínima de almacenamiento depende de la sensibilidad del banano a daños por el frío, sensibilidad que es afectada por el cultivo, condiciones de cultivo y tiempo de exposición a una temperatura dada. Los daños por el frío son causados por la exposición a temperaturas inferiores a 13.3°C, los cuales no son aparentes antes de transcurridas 18 a 24 horas después de la ocurrencia de los daños reales. Existe un tipo de daño en la cáscara que no afecta la consistencia y el paladar de la pulpa. Es causado por el efecto acumulativo de la exposición a bajas temperaturas a largo plazo. Está caracterizado por la degradación celular del tejido vascular inmediatamente por debajo de la superficie externa de la epidermis. La mejor indicación de daños por el frío en banano verde es la presencia de manchas marrón sobre la epidermis. A medida que el banano madura los daños están caracterizados por una apariencia ceniza opaca, en vez de un color amarillo brillante en la cáscara. Otro indicador de daños es la exudación de la piel o translucidez de la misma, en vez de una apariencia firme, característica de bananos sin daños por el frío (13).

La intensidad de los daños por el frío está fuertemente influenciada por la humedad relativa (HR) del aire, de modo que, para una temperatura dada, el aumento de la humedad retarda el apareamiento de daños, los cuales pueden ser totalmente suprimidos a 100% de HR, igual que a temperatura de 12°C. La humedad también afecta la calidad del banano, siendo recomendado su almacenamiento en una escala de 85 a 95%. Esta escala de humedad puede ser mantenida en cámaras sin control automático, regando el piso con agua dos veces al día. La operación es tediosa y consume tiempo, por esta razón es recomendable la refrigeración en cámaras

automatizadas que controlan, tanto la temperatura, como la humedad relativa. Estas cámaras pueden ser construidas por un albañil o prefabricadas en placas metálicas desmontables, con la capacidad deseada por el vendedor de banano (13).

b) En Atmósferas Controlada y Modificada. La conservación de bananos puede ser aumentada significativamente con el uso de esta técnica. En atmósfera controlada con 7 a 10% de CO₂ y 1.5 a 2.5% de O₂, los bananos pueden ser conservados por más de cuatro meses a 20°C, madurando normalmente después de transferirla a la cámara de maduración (12). Sin embargo, Kader (37) reporta que atmósferas con <1% O₂ y/o >7% CO₂ pueden causar sabor y textura desagradables.

La modificación de la atmósfera, sellando los bananos en sacos de polietileno, también aumenta significativamente el tiempo de conservación. La inclusión de permanganato potásico, un absorbente del etileno, extiende aún más el período de almacenamiento. Una ventaja adicional de los sacos de polietileno es que su uso es efectivo en un amplio rango de temperatura, desde 13 hasta 37°C (13).

El uso de emulsiones de cera y productos a base de éster de sacarosa permiten extender el período preclimático de los bananos por una a dos semanas, reducir la pérdida de agua y la ocurrencia de oscurecimiento de la cáscara. El enceramiento causa modificaciones en la atmósfera interna del fruto, aumentando la concentración de CO₂ y reduciendo la de O₂, de ahí el prolongamiento del período preclimático, como ocurren en cámaras con atmósfera controlada y en las cajas plásticas (13).

8. Métodos de Procesamiento del Banano

El banano es una fruta producida por países tropicales que ha gozado de una demanda mundial como fruta fresca debido a sus agradables características organolépticas. Es un producto de consumo final, usado en la alimentación humana, que tiene gran valor nutritivo por su contenido de carbohidratos. La investigación llevada a cabo en la fisiología postcosecha de la fruta ha permitido diseñar sistemas de

transporte, almacenamiento, maduración y distribución que garantizan la calidad de la fruta. El mercado de la fruta fresca, por lo tanto, tiende a crecer con el aumento de población de mercados tradicionales, así como con la apertura de nuevos mercados. Aún con la disponibilidad de fruta fresca en los países industrializados, los países procesadores de banano no sólo son reducidos en número sino que su volumen es bajo. El producto más aceptado ha sido el puré de banano, debido principalmente a su empleo en la preparación de alimentos para infantes. Este desarrollo industrial ha sido llevado a cabo por las mismas compañías transnacionales que surten el mercado de fruta fresca de manera que el crecimiento de la demanda del mismo puede decirse que ha estado sujeto a cierto grado de control. La investigación y desarrollo de nuevos productos de banano por los países productores ha sido esporádica y pequeña en volumen, de manera que no se ha traducido ni en productos altamente elaborados para exportación, ni productos para un consumo local (18).

Los productos del banano pueden ser clasificados en dos categorías: (a) aquellos elaborados para sustituir bananos frescos y que buscan retener el color y olor característico (y algunas veces la textura) de la fruta fresca, (b) productos o ingredientes derivados del banano, como almidón o proteína unicelular (48).

En la primera categoría, generalmente se reconoce que la deficiencia más seria de estos productos es la retención inadecuada (o inexistente) del sabor y aroma típicos del banano fresco. La alternativa de fortificar los productos con sabor de banano después de procesada la fruta, parece ser una alternativa viable. Sin embargo, los extractos disponibles no capturan el sabor y aroma sintéticos del banano maduro. El mercado potencial para los productos de banano con un sabor verdadero a fruta es excelente, por lo que la investigación debiera dirigirse a desarrollar concentrados mejorados de banano, así como ensayos de fortificación (48).

En la segunda categoría, los productos o ingredientes de los bananos tendrán que competir con las alternativas de otras frutas, así como también con las diferentes formas de procesar el banano, entre ellas tenemos las siguientes: puré y congelado,

deshidratado en rodajas o segmentos axiales, preparación de puré y deshidratado a polvo, fermentado a alcohol, acidificado en anaerobiosis, fermentado a vinagre, las rodajas de varios grados de humedad intermedia pueden freírse, preparación de bananos cocidos en jarabe, preparación del banano entero seco (32).

El banano de rechazo no aceptable para consumo local (fruta golpeada), podría ser empleada como un sustrato adecuado para la producción de biomasa microbiana por procesos fermentativos (1,36,41).

Una de las técnicas que más se ha investigado es la producción de productos de banano deshidratados. Se denomina banano deshidratado al banano maduro descortezado y secado por medio de aire caliente, hasta tener una humedad residual entre 15 y 20%, aproximadamente. Su popularidad posiblemente se debe a que el secado es una operación unitaria cuya tecnología se ha hecho bastante universal. Sin embargo, tiene la limitación, de pérdida del aroma y las modificaciones del sabor, causadas ambas por la aplicación de energía para remover el agua. Este fenómeno se maximiza cuando se homogeniza el material (el caso del puré de banano) y ocurre una evaporación en equilibrio del agua. Este fenómeno se explica debido a que la mayoría de compuestos que forman el aroma tienen coeficientes de actividad bastante altos en soluciones acuosas y por ende altas volatilidades relativas respecto al agua. También estos procesos de evaporación de agua en equilibrio emplean relativamente altas temperaturas que imparten en el producto cambios químicos y bioquímicos degradativos, cambios en color, colapso y encogimiento de las estructuras de los tejidos que hacen muy difícil la rehidratación. El principal problema de la pérdida de aroma puede minimizarse si esencialmente se incrementan los sólidos presentes al inicio del secado favoreciendo una remoción de agua limitada por transporte y la retención de los aromas por fenómenos de adsorción, difusión selectiva y por atrapamiento en microregiones. La criodeshidratación es un proceso por medio del cual pueden obtenerse productos de alta calidad en todo aspecto, pero a un costo mayor que otras técnicas. La retención de aromas es máxima, ya que en realidad la criodeshidratación es un proceso de dos etapas: la congelación y la sublimación del

agua. Sin embargo, hasta la fecha es la alternativa más adecuada para preparar productos de banano deshidratados de alto costo unitario pero de máxima calidad, principalmente para los mercados de exportación. Una técnica reciente que puede emplearse como primera etapa para llevar a una humedad intermedia, y por lo tanto para concentrar sólidos, es la deshidratación por ósmosis. Este método podría emplearse en rodajas o segmentos de banano. En el caso del puré, la etapa previa adecuada consistiría en una concentración al vacío, removiendo parte de los aromas y recuperándolos del concentrado para su eventual mezcla posterior. Estas técnicas fueron ensayadas en el Instituto de Centro América de Investigación Industrial (ICAITI) mostrando resultados promisorios y alentadores. Desgraciadamente, esta institución fue cerrada en 1998 (19,32).

9. Valor Nutritivo de Plátano

Noguera (43) también cita a Bressani, Aguirre y Arroyave (14) cuyos estudios reportaron los valores para plátano que se muestran en el Cuadro No. 6.

Cuadro No. 6
Valor Nutritivo de Diferentes Tipos de Plátano
(100 g. de alimento)

PLATANO MADURO	Humedad (%)	Valor Energético (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra Cruda (g)	Ceniza (g)	Carbohidratos (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Carotenos (mg)
Con Cáscara*	62.6	136	1.19	0.4	0.8	1.3	31.92	19	22	9.2
Sin Cáscara*	58.8	161	1.0	0.2	0.4	0.9	38.70	8	21	0.2
Maduro Amarillo	65.6	122	1.0	0.3	0.5	n	n	n	n	n
Maduro Rojo	73.6	92	1.2	0.2	0.4	n	n	n	n	n
Verde	62.6	132	1.2	0.1	0.4	n	n	n	n	n

Fuente: R. Bressani, A. Aguirre, R. Arroyave. (14)

n: no existe información

Tabla de Composición de Alimentos de América Latina. INCAP 1961 (61)

B. Deshidratación

La deshidratación se usa para preservar los alimentos, además de buscar una disminución de peso y volumen del mismo. Disminuciones que pueden resultar en ahorros en el costo del transporte y de los envases, sin embargo, esto no ocurre siempre (48).

Algunos procesos de secado se escogen a fin de conservar el tamaño y la forma del alimento original. (La liofilización de piezas grandes de alimento es uno de ellos.) Un tercer motivo de la deshidratación es la producción de artículos convenientes (café instantáneo o puré de frijol instantáneo) (48).

Los organismos que contaminan los alimentos no se pueden desarrollar en ausencia de humedad; de ahí que el secado o deshidratado sea un método de conservar los alimentos. Este es uno de los métodos más antiguos de conservación de los mismos y se ha practicado durante siglos en la forma más sencilla: exponiendo el alimento al sol y al viento. Los métodos modernos de deshidratado implican los mismos principios pero las condiciones se controlan cuidadosamente (48,64).

De las frutas puede hacerse una gran variedad de productos. Las frutas enteras sin semillas pueden ser deshidratadas, como las cerezas o uvas. La facilidad de extraer las semillas determinará si el deshidratado de la fruta es factible. Frutas más grandes deben partirse por mitad, rodajearse, picarse o cuartearse. La naturaleza de la fruta determinará qué forma es preferible para el deshidratado (62).

Los problemas en la deshidratación de la fruta están relacionados con los cambios que la fruta sufre durante el procedimiento. El deshidratado se lleva a cabo mediante la evaporación de agua de la superficie de la fruta. El rango al cual el agua puede difundirse hacia la superficie y el movimiento de los sólidos solubles en la fruta también determinarán el tipo de producto. Si los sólidos no pueden difundirse de la superficie lo suficientemente rápido, pueden acumularse sobre la superficie y provocar que se forme una capa gomosa que es impermeable al agua. Este estado es llamado

“endurecimiento de caja”. La capa gomosa hace que sea muy difícil de rehidratar el producto. Para evitar este problema, deben tratarse diferentes tipos de deshidratado bajo una variedad de condiciones de humedad y temperatura (62,64).

Dentro de los diferentes métodos de deshidratación podemos mencionar:
(2,15,16,49,62,64)

- Secado al Sol
- Deshidratado Encajonado
- Deshidratado de Túnel
- Deshidratado de Tambor
- Deshidratado de Lecho Fluidizado
- Deshidratador en Rociado
- Deshidratado al Vacío
- Deshidratación Osmótica

Muchos procesos de deshidratación pueden requerir preparación concienzuda de la materia prima antes de ser deshidratada (62,64).

Una organización o individuo deben considerar la deshidratación como un proceso que puede combinar varios deshidratadores para obtener el producto deseado (38).

Se debe recordar que los jugos deben tener sabor y olor fuertes, las frutas deben estar relativamente libres de grumos, fibras y semillas grandes, y que los vegetales deben seleccionarse basándose en la calidad del producto rehidratado (62).

A continuación se presenta en el cuadro No. 7 los tipos comunes de secadores empleados para alimentos líquidos y sólidos (51).

Cuadro No. 7

Tipos Comunes de Secadores empleados para Alimentos Líquidos y Sólidos

<i>Tipo de Secador</i>	<i>Tipo usual de alimento</i>
<i>Secadores por Convección de Aire</i>	
estufa	piezas
gabinete, bandeja o charola	piezas, purés, líquidos
túnel	piezas
banda transportador sin fin	purés, líquidos
banda-artesa	piezas
elevador neumático	piezas pequeñas, gránulos
lecho fluidizado	piezas pequeñas, gránulos
aspersión	líquidos, purés
<i>Secadores de Tambor o Rodillo</i>	
atmosférico	purés, líquido
al vacío	purés, líquido
<i>Secadores al Vacío</i>	
gabinete al vacío	piezas, purés, líquidos
banda al vacío	purés, líquidos
liofilización	piezas, líquidos

Fuente: Potter (51)

1. Pérdida de Nutrientes Durante el Deshidratado

La calidad de los alimentos depende en parte de la extensión de los cambios ocurridos durante el procesamiento y almacenamiento. Esto es válido con respecto a las características organolépticas (color, sabor y textura), así como también respecto a su contenido nutritivo (47).

La mayor parte de las reacciones deteriorativas que afectan a los alimentos deshidratados dependen del contenido de agua. A este respecto, podemos encontrar dos tipos de problemas: (48,51)

a) Reacciones deteriorativas, para las que puede establecerse un contenido crítico definido de humedad, bajo el cual la tasa del enmohecimiento se vuelve insignificante.

b) Reacciones que proceden en todos los contenidos de humedad, pero cuyas tasas dependen fuertemente del contenido de humedad.

Muchas de las reacciones químicas que causan deterioro de alimentos deshidratados proceden de una manera que no es permitida por la definición de un contenido de humedad crítico. Típico de estas reacciones es el empardeamiento no enzimático, el cual procede más rápido a medida que el contenido de humedad se incrementa a un máximo que varía con el producto. El empardeamiento no enzimático produce pérdidas de vitaminas (vitamina C), aminoácidos esenciales (lisina) y otros nutrientes (46,47,52).

La deshidratación y el secado de los alimentos producen concentración de las proteínas, grasas y carbohidratos, y la disminución de la potencia de vitaminas del alimento. La extensión de la destrucción de la vitamina dependerá del cuidado en el almacenamiento y de la preparación del material antes de la deshidratación, del proceso de deshidratación usado y de las condiciones de almacenamiento del producto deshidratado (48).

Las vitaminas C, D, E, A y los folatos están especialmente predispuestos a la inactivación por oxidación; y las vitaminas C, los folatos, la tiamina y la B6 están sujetas a la degradación durante el calentamiento en presencia de agua. La riboflavina es especialmente susceptible a la degradación catalizada por la luz. Se ha establecido que la vitamina C sufre destrucción casi completa en la mayoría de productos deshidratados, y que los vegetales deshidratados retienen pobremente sus valores vitamínicos (48,53).

El valor nutritivo y algunas veces la estructura de las proteínas puede ser modificado por calentamiento, oxidación, exposición a condiciones alcalinas y por reacciones con otras moléculas orgánicas. En presencia de humedad, las proteínas ácidas en la ausencia tanto de oxígeno como de grupos carbonil activos pueden producir el desdoblamiento de la molécula (desnaturalización), algunos enlaces

cruzados (isopéptidos), y si el calentamiento es severo, puede producirse alguna destrucción de aminoácidos. Generalmente se produce desnaturalización como resultado de la inactivación de enzimas y sustancias proteicas antinutricionales. Los tratamientos de calor administrados bajo estas condiciones y de acuerdo a buenas prácticas de fabricación, generalmente tienen efectos positivos o negativos sin importancia sobre el valor nutritivo de la proteína (55).

Las proteínas también pueden interactuar con los aldehidos y los azúcares para formar enlaces cruzados y con los lípidos para formar complejos. Estas reacciones pueden afectar la textura del alimento y el valor nutritivo de la proteína, esto último es generalmente de menor importancia (55).

En cuanto a los lípidos, especialmente cuando son insaturados, sufren muchos tipos de cambios químicos durante el procesamiento, y algunos de estos cambios pueden afectar su valor nutritivo y su estructura. Los lípidos insaturados son susceptibles a la oxidación cuando son expuestos al oxígeno, energía radiante y/o a una variedad de catalizadores orgánicos e inorgánicos, y cuando esto ocurre, pueden observarse ciertos cambios químicos que son de importancia nutricional y, tal vez, toxicológica: (55)

c) Formación de hidroperóxidos. Estos son más tóxicos que los compuestos precursores inoxidados y algunos creen que pueden ser carcinogénicos.

d) Conjugación parcial del sistema de doble enlace de lípidos. Aparentemente, los ácidos grasos conjugados son más propensos a convertirse a la configuración trans y también a enlazarse en reacciones de dimerización y polimerización que las contrapartes cis no conjugadas. Los dímeros y polímeros de ácidos grasos que han sido dados a ratas no han tenido valor nutritivo y causan supresión del crecimiento y reproducción pobre.

e) Conversión parcial de ácidos grasos cis naturales a ácidos grasos trans. Los ácidos grasos trans esenciales están privados de funcionalidad fisiológica y son mucho más susceptibles a la polimerización durante el calentamiento que las contrapartes cis.

El calentamiento también puede causar cambios indeseables en lípidos, la formación de ácidos grasos cíclicos que son de importancia particular (55).

El valor nutritivo de los carbohidratos es un resultado de sus propiedades químicas, físicas y biológicas, y ahora se sabe que los carbohidratos difieren extensamente en sus efectos metabólicos (48,53).

Los azúcares tienen puntos altos de fusión (a menudo 200°C o más) y se conoce que muchos se descomponen sin fundirse a más de 300°C. Igualmente, tienen altos puntos de ebullición, aún a muy bajas presiones, y consecuentemente no muestran presión de vapor ni contribuyen al olor de los alimentos. Esta tendencia también aumenta la alta solubilidad de azúcares cristalinos en agua después de aplicación de calor. Por ejemplo, la sucrosa cristalina pura se disuelve en la mitad de su propio peso de agua a 20°C (55).

Durante la cocción de alimentos almidonados los gránulos se inflan, luego explotan y liberan sus componentes polisacáridos en el ambiente acuoso circundante. El proceso completo controla la calidad de textura del alimento (55).

Mientras los azúcares simples poseen alta solubilidad en agua, los polisacáridos casi siempre poseen solubilidades y tasas de solubilidad bajas (48,55).

Una propiedad física importante de los carbohidratos en el contexto de su análisis y especificación para su uso en la alimentación es la rotación óptica. Esto depende del tipo de carbohidrato y está radicalmente alterado por quelación del carbohidrato con sales inorgánicas así como por la temperatura (55).

No hay duda de que la conformación de los carbohidratos y la configuración de los sustituyentes hidroxil individuales en cada residuo de azúcar controlará el enlace hidrógeno, en donde yacen todas las propiedades importantes en los alimentos. La solubilidad, la gelatinización, cristalización, punto de fusión y de ebullición son

resultado de lo anterior, y parece ser que los mejores métodos para entender estos fenómenos son las técnicas modernas de resonancia magnética nuclear, resonancia de giro de electrón y estudios de fase mezclados (55).

A pesar de mejorar el sabor, olor y apariencia de alimentos preparados, no existe duda alguna de que los productos disminuyen el valor nutritivo y en algunos tratamientos de dosis altas pueden producir efectos tóxicos. Un estudio reportó que hasta un 3% de glucosa en huevos deshidratados que contenían 83% de proteína causaría deterioro tanto en el sabor, olor y valor nutritivo, pero si la glucosa es removida por la glucoxidasa, esto puede prevenirse (53,55).

C. Métodos de Análisis de Alimentos

1. Químicos y Físicos

El análisis de los componentes de los alimentos como humedad, cenizas, grasa, proteína y carbohidrato se ha hecho por medio del método de Análisis Proximal, principalmente, ya que existen otros métodos de análisis especializados basados en procesos químicos húmedos que muchas veces no son necesarios (4,5,25,47,63,65).

El sistema de análisis proximal se desarrolló en Alemania hace más de cien años en la estación experimental que dio su nombre al procedimiento. Este sistema se ha criticado mucho, pero hasta la fecha nadie ha desarrollado otro mejor y que sea tan práctico y tan aceptable. Debido a que sobre la fibra no existe información suficiente, la manera de obtener la cantidad de la misma es objetada por muchos científicos, pues es altamente empírica (11).

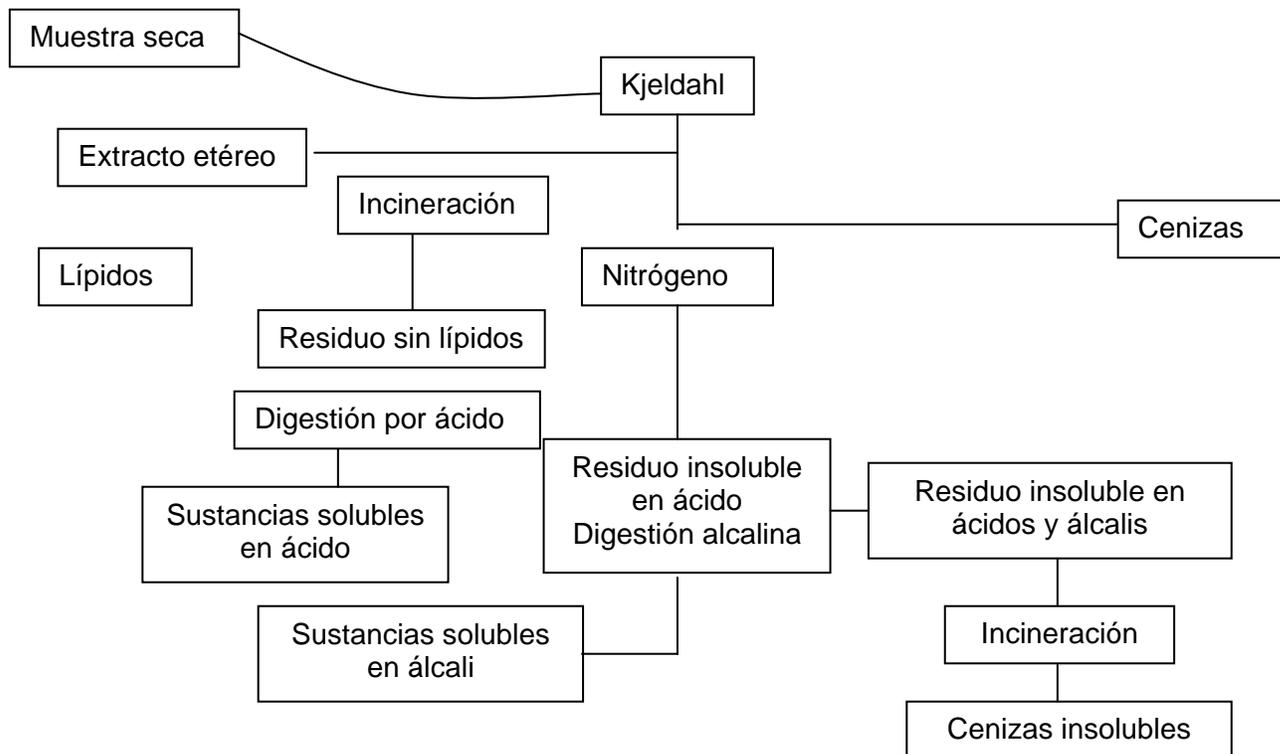
Este sistema está diseñado para simular el proceso de la digestión. Una digestión ácida es seguida por una digestión alcalina. La mayoría de los requisitos legales para productos alimenticios se basan en análisis mediante este sistema. Por lo que todo

laboratorio que trabaje con alimentación de ganado y experimentos de nutrición, debe contar con equipo para el sistema de análisis proximal (11,63).

Algunas de las determinaciones, principalmente las físicas se realizan en función de que la desecación a presión ordinaria degenera en los productos vegetales transformaciones irreversibles como: contracción celular, pérdida de elasticidad y del poder de hinchamiento, formación de costras, etc. produciéndose estas transformaciones a partir de un grado determinado de secado (4,30).

Dentro de los métodos físicos de análisis de alimentos se encuentran los de densidad y gravedad específica; de refractometría; calorimetría; polarimetría y sacarimetría; cromatografía; intercambio iónico; concentración de ion hidrógeno; polarografía; resonancia magnética nuclear; conductividad; y viscosidad (4). Según sea el macronutriente a analizar, el método a utilizar será descrito a su debido tiempo.

A continuación, se presenta el esquema de análisis proximal (11).



Fuente: Bateman, John. (11)

Al realizar un muestreo apropiado se puede minimizar las diferencias físicas y químicas encontradas en muestras de alimentos, que generalmente son pequeñas, y en las cuales se pueden utilizar diversas técnicas, como mezclado y macerado, para que sean representativas y provean medidas reales de su contenido total (47,63).

En cuanto a las estadísticas del muestreo deben tomarse en cuenta ciertas consideraciones, como la heterogeneidad de la muestra *per se* y la heterogeneidad del medio suspensorio o disolvente (47).

a) Muestreo. Se utilizan dos tipos básicos de muestreo: manual y continuo. El primero se complementa con instrumentos de laboratorio, que sirven para el manejo de la muestra desde su toma hasta el momento de hacer el análisis. Existe diferencia para tomar una muestra sólida y otra líquida, por lo cual existen instrumentos adecuados para cada tipo (4,47).

En los procedimientos de muestreo continuo, ahora usado por muchas industrias, los muestrarios o cajas de muestreo vierten mecánicamente una fracción del material que está siendo muestreado. Aquí, al igual que en los de tipo manual, también existen diferencias para tomar la muestra sólida y la líquida (4,47).

Existen diversos tipos de forma o tamaño de muestra, entre estos se encuentra el Cortador de Rifle, el cual divide la muestra en partes proporcionalmente iguales. Esta técnica es usada en laboratorios para reducir muestras grandes a un tamaño adecuado. Otra técnica utilizada es Mostrarios Vezin que pueden ser usados para muestreo intermitente o continuo o para materiales secos o húmedos. Este es una cuña truncada de un círculo que pasa a través del vapor del material una vez cada revolución. Los Muestrarios de línea recta se mueven en una línea recta a una velocidad uniforme completamente a través del vapor de la muestra (47).

A pesar de las precauciones que se tomen, en algunos casos pueden haber cambios en la muestra que pueden considerarse errores de procedimiento, los cuales pueden ser de dos tipos: (4)

i. Errores Indeterminados. La magnitud de estos errores generalmente no puede predecirse, y es esencial que sean trazados, explicados y eliminados. Se deben a serios errores experimentales o fluctuaciones en el ambiente. Ejemplos típicos podrían ser errores matemáticos en los cálculos y aquellos causados por vibraciones cuando se usa una balanza muy sensitiva.

ii. Errores Determinados. Estos son inherentes al procedimiento analítico utilizado, o bien pueden ser operacionales (técnico o reactivos) o instrumentales. Pueden ser "preferibles" en el sentido de que siguen las leyes de la oportunidad, y su frecuencia se sitúa aproximada al resultado promedio en un gran número de experimentos (i.e. se relacionan a la precisión del método) o "sistemáticos", lo cual significa que son constantes y en una misma dirección, e.g. aquellos causados por mala calibración, perjuicio personal e interferencia química (i.e. se relacionan a la exactitud del método).

En la determinación analítica de un componente alimenticio son tres los pasos involucrados que pueden estar sujetos a error: 1º. la toma y preparación de la muestra; 2º. el proceso efectuado a la muestra; y 3º. la medida del componente de la muestra procesada. Claramente, si en el primer paso se comete un error, cualquiera de los siguientes pasos puede ser inútil. De ahí, que el muestreo sea una operación importante con problemas propios y técnicas para contrarrestarlos (47).

Además de los errores operacionales e instrumentales, existen dos fuentes de error en el muestreo:

- La falla de la muestra para representar un todo debido a la no-homogeneidad. Esto puede ocurrir en la etapa primaria del muestreo, tanto por una diferencia de la composición entre artículos alimenticios de la misma variedad y

madurez, como por la diferencia de composición de varias partes del mismo alimento. Es importante que se tome suficiente material para compensar estas variaciones (47).

Para resaltar los problemas de muestreo de este tipo, el analista deberá tomar más de una muestra para analizar y observar la precisión de sus resultados. Si la precisión de los resultados es peor de lo que esperaba usando muestras de referencia, significa que los problemas de muestreo están presentes y debe re-examinar los procedimientos (47).

- Cambios en la composición del material durante la preparación de la muestra. Ejemplos de esto son la pérdida o absorción de humedad, la pérdida de componentes volátiles y la descomposición química o enzimática de compuestos sensibles como las vitaminas. Estos están relacionados a los efectos del proceso de manipulación, como la reducción del tamaño por maceración, cortado o pulverización, el grado de mezclado por agitación, la necesidad de secado para estabilizar o hacer más fácil el manejo de la muestra, y los efectos del tamaño y las condiciones de almacenamiento previos al análisis (4,47,55).

b) Análisis de Macronutrientos

i. Proteínas. La compleja composición química de las proteínas las hace difícil de caracterizar por simples procedimientos químicos o físicos. Sin embargo, sus aminoácidos pueden ser detectados adecuadamente mediante varias pruebas químicas específicas. También pueden ser determinadas cuali y cuantitativamente, hidrolizando inicialmente la proteína, para después separar los aminoácidos por papel, intercambio de ión o cromatografía de capa fina. Los aminoácidos también pueden ser determinados mediante su conversión a N-acetil-n-propilésteres, los cuales pueden ser separados, identificados y cuantificados por cromatografía de gas (47).

- Métodos Cualitativos. Las proteínas sufren ciertas reacciones formadoras de color que pueden ser usadas para determinar la presencia de enlaces

de péptidos o aminoácidos específicos. A continuación se describirán cuatro de las más comunes pruebas cualitativas para proteínas (47).

Debe tomarse en cuenta que las proteínas a evaluar deben encontrarse libres de sales, como las de cloruro o amonio (47).

Reacción de Biuret. Cuando se mezcla la proteína con una solución de hidróxido de sodio y una solución débil de sulfato de cobre, se produce un color violeta. Esta es una prueba para el enlace péptido y será positivo cuando dos o más enlaces estén presentes. El color se debe a la presencia de un complejo de coordinación con Cu^2 en el cual las cuatro moléculas de agua, normalmente coordinadas con el ión cúprico, se encuentran desplazadas por grupos amino. El álcali sirve para convertir el complejo en una sal soluble. El enlace péptido en proteínas y péptidos puede producir un complejo estable con Cu^2 , en el que se forman cinco anillos penta-compuestos (47).

Reacción de Millon. Cuando una solución de proteína es calentada con reactivo de Millon, se produce un color rojo. Una prueba positiva se debe a la presencia de grupos fenólicos en la molécula de proteína. La tirosina es el único aminoácido común que contiene el grupo fenólico; de ahí, la reacción Millon es una prueba específica para determinar la presencia de tirosina (47).

Reactivo de Ninhidrina. La ninhidrina (hidrato de tricetohidrendeno) reacciona con el grupo amino libre de los aminoácidos para producir varios tonos de azul o púrpura con excepción de prolina e hidroxiprolina, los cuales dan productos amarillos. El color azul-púrpura puede ser usado para determinar cuantitativamente aminoácidos y ciertos péptidos mediante la medición de su absorbancia a 570nm (47).

Análisis Cromatográfico en Papel. Los aminoácidos producidos por la hidrólisis de una proteína pueden ser separados mediante cromatografía de papel y los compuestos visualizados separados rociando el cromatograma con ninhidrina. Los aminoácidos en

una proteína o péptido pueden ser identificados comparando el patrón de migración de un hidrolizado de proteína con las migraciones de aminoácidos conocidos (47).

- Métodos Cuantitativos. Tanto la reacción Biuret como la de ninhidrina pueden ser usadas para la determinación cuantitativa de proteína. El método Kjeldahl es usado para determinar el contenido de nitrógeno de una muestra; a partir de este valor, puede calcularse el contenido de proteína (47).

Método Cuantitativo de Biuret. La cantidad de proteína en una muestra puede ser determinada cuantitativamente comparando la absorbancia de la muestra a 550 nm con la de soluciones estándar de proteína después de reaccionar con el reactivo de biuret (47).

Método Cuantitativo de Ninhidrina. El contenido de aminoácido de una muestra puede ser determinado mediante la hidrolización inicial de la misma, haciendo reaccionar seguidamente el hidrolizado con ninhidrina y comparando la absorbancia a 570 nm con las de concentraciones de glicina, también tratadas con ninhidrina (47).

Determinación de Nitrógeno Kjeldahl. El método estándar para determinar nitrógeno en compuestos orgánicos es el método de Kjeldahl, el cual posee dos variantes que difieren en el tratamiento de la muestra (47).

En ambos procedimientos, el peso del nitrógeno en la muestra es convertido a proteína usando el factor de conversión comúnmente utilizado, 6.25, a pesar de que este valor varía en cierto grado, dependiendo de la fuente de proteína (47).

ii. Carbohidratos. La palabra carbohidrato se deriva originalmente del hecho de que gran parte de los compuestos de esta clase poseen la fórmula empírica de $C_n(H_2O)_n$. Los valores de n varían desde tres hasta varios miles. Actualmente, esta fórmula es considerada muy restringida, y una definición más útil sería "polihidroxi aldehidos o cetonas y sus derivados" (4,47,65).

Para identificar algunos carbohidratos en particular es necesario llevar a cabo análisis de tipo cualitativo, antes de realizar uno cuantitativo. El tipo de alimento dará, por lo general, alguna indicación de los carbohidratos que se espera encontrar. A continuación, únicamente se hará mención de los primeros para, seguidamente, proporcionar una descripción detallada de los diferentes métodos cuantitativos (47).

- Métodos Cualitativos. El primero de los análisis cualitativos de carbohidratos es la prueba de Molisch, la cual está basada en la acción hidrolizante y deshidratante del ácido sulfúrico concentrado sobre los carbohidratos. En la prueba, el ácido hidroliza cualquier enlace glicosídico presente y deshidrata los monosacáridos a su derivado furfural correspondiente. Luego, estos furfurales se condensan con α -naftol para producir un producto coloreado (47).

En la prueba de Benedict, todos los monosacáridos y la mayoría de los disacáridos actúan como agentes reductores, ya que contienen un grupo cetona o aldehído libre (o potencialmente libre). Por lo tanto, estos azúcares pueden reducir varios cationes y ciertos compuestos orgánicos bajo diferentes condiciones. Dichas reacciones son la base de las pruebas de Benedict y de Barfoed (4,47).

En la última de las pruebas mencionadas arriba, el reactivo usado no es apreciablemente reducido por disacáridos (lactosa y maltosa), pero sí es reducido por los monosacáridos. Por lo tanto, la prueba de Barfoed es útil en la distinción de monosacáridos en presencia de disacáridos (4,47).

Los cetos azúcares, especialmente la fructosa, y los aldos azúcares como la glucosa y la lactosa pueden distinguirse por medio de la prueba de Seliwanoff (4).

Muchos polisacáridos reaccionan con yodo para formar un complejo yodo-fibra negro-azulado. La fibra, la mayoría de las dextrinas, las amilodextrinas y el glicógeno dan positivo en la prueba de yodo (47).

Las pentosas y los carbohidratos capaces de producir pentosas dan reacción positiva con la prueba de Bial. Las hexosas no reaccionan a este tipo de prueba (4,47).

El análisis cromatográfico en papel es un método útil para la identificación cualitativa de azúcares, especialmente cuando las cantidades de azúcar presente en la solución son relativamente pequeñas. Existe una variedad de solventes para llevar a cabo los cromatogramas. La mayoría de los azúcares pueden ser separados sobre papel filtro por un solvente fenol-agua. En general, el orden de los valores R_f es pentosas > hexosas > disacáridos > trisacáridos. La cromatografía de papel también puede ser usada para el análisis cuantitativo de azúcares (47).

- Métodos Cuantitativos. Para el análisis cuantitativo de carbohidratos en los alimentos se utilizan cuatro tipos generales de métodos: métodos de reducción, refractométricos, polimétricos y densimétricos.

Método Refractométrico. El índice refractivo de una solución de carbohidrato es una medida directa de su concentración. Las soluciones de diferentes carbohidratos de igual concentración tienen aproximadamente el mismo índice refractivo. La rapidez y facilidad con la cual puede ser determinado el índice refractivo de una solución de carbohidrato lo hace un método conveniente para determinar el contenido de azúcares, e indirectamente el contenido de agua de soluciones de carbohidratos. Consecuentemente, el refractómetro es usado ampliamente para la inspección de calidad en la fabricación de jarabes, mermeladas, jugos de frutas y otros productos alimenticios (4,47).

Método Densimétrico (Hidrómetro). La gravedad específica de una solución de carbohidratos es una función de la concentración de azúcar (soluto) a una temperatura definida. A pesar de que la presencia de otros materiales solubles afecta la gravedad específica de la solución, el método densimétrico da una aproximación justa de la cantidad de carbohidratos presentes en soluciones de carbohidratos

relativamente puras. La gravedad específica es medida con un hidrómetro, el cual también es usado ampliamente para la determinación de sólidos solubles. Para el trabajo en estos nutrimentos se ha desarrollado un hidrómetro especial que lee en porcentaje de azúcar directamente a 20°C (grados Brix). Se coloca la solución a ser analizada en un cilindro alto y la lectura Brix es obtenida después de girar el hidrómetro y ésta se pone a descansar (4,47).

Método Polarimétrico. El análisis polarimétrico depende del factor de que los carbohidratos tienen la habilidad de rotar a un plano de luz polarizado a través de un axis paralelo a su dirección de propagación. El ángulo a través del cual ocurre esta rotación es directamente proporcional a la concentración de carbohidratos, al tamaño del tubo a través del cual pasa la luz y al poder específico de rotación del carbohidrato (4,47).

Para la determinación cuantitativa debe usarse un polarímetro, pero en la actualidad se utiliza más frecuentemente un sacarímetro. Las diferencias esenciales entre estos dos instrumentos son que un polarímetro emplea luz monocromática y lee en grados angulares, mientras que un sacarímetro emplea luz blanca y lee directamente concentración de azúcar; se utiliza un peso normal de azúcar para la lectura. Un peso normal de azúcar se define como el peso que, cuando alcanza un volumen de 100 mililitros y se observa en un tubo de 200 milímetros a 20°C, dará una lectura de 100 (47).

Métodos de Reducción. La acción reductora de los carbohidratos que contienen grupos carbonilo libres es la base de varios métodos cuantitativos, así como de numerosas pruebas cualitativas (47).

Para la determinación de fibra cruda puede seguirse el siguiente procedimiento: La muestra es digerida con ácido diluido hirviendo para hidrolizar el carbohidrato y la proteína presentes. La digestión ulterior con álcali diluido hirviendo causa la saponificación de los materiales grasos no extraídos por el éter. Ambos tratamientos

contribuyen a la solubilización de la mayoría del material mineral. El residuo consiste principalmente de fibra y una pequeña cantidad de minerales que son filtradas, secadas y pesadas. Luego, es calentado y llevado a peso constante y vuelta a pesar nuevamente. La diferencia en los dos pesos representa el peso de la fibra cruda presente en la muestra (4,5).

iii. Lípidos. Los lípidos han sido definidos como un grupo heterogéneo de sustancias insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como éter, cloroformo, benceno y acetona. Todos los lípidos contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, y algunos contienen fósforo y nitrógeno. La mayoría de los lípidos son sólidos suaves o líquidos a temperatura ambiente y difíciles de cristalizar (4,5,11,47,63,65).

La preparación de la muestra para el análisis químico y físico de las grasas, generalmente involucra derretimiento de grasas sólidas, seguido de filtración usando un embudo. Los aceites que no sean claros deben filtrarse. Debe retardarse la rancidez si las muestras son almacenadas en un lugar fresco protegido de la luz y el aire. (4,46,63).

La cantidad de grasa se mide después de la extracción por solvente. Al escoger el solvente que se va a usar, deben tomarse en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno de los que se consiguen en plaza. Las extracciones de productos alimenticios pueden hacerse ya sea con éter etílico anhídrico (punto de ebullición 34.6°C o éter de petróleo (34-35°C) (4,47).

El éter de petróleo es más barato, no absorbe humedad durante la extracción y no requiere ninguna preparación especial si se seleccionan límites de ebullición apropiados. Sin embargo, es necesario probarlo para descubrir posibles residuos de la evaporación (4,47).

El éter etílico es un solvente más eficaz y se utiliza en el establecimiento de todas la normas existentes. La desventaja que tiene es que es necesario liberarlo y

mantenerlo libre de agua y alcohol durante la determinación. El éter húmedo disuelve el azúcar y los carbohidratos solubles que deben excluirse de un extracto etéreo verdadero (4,47).

A continuación, se describe uno de los métodos para la determinación de grasa cruda:

Pesar una porción de muestra previamente secada en la estufa de vacío, en un dedal, tapándolo luego con algodón desengrasado. Luego, colocarla en la cámara de extracción Soxhlet. Pesar el balón extractor y conectar el aparato de extracción. Extraer la muestra por 16 horas. Evaporar el éter y luego secar el balón a 100°C, enfriarlo en un desecador y pesarlo (4,47).

$$\frac{(\text{Peso del extracto etéreo})(\text{Peso total de m})}{(\text{Peso de la m seca})(\text{Peso de m antes de secar})} \times 100\% \text{ de extracto etéreo} \quad _$$

iv. Potasio. Existen varios métodos, entre éstos se encuentra el Método del Percolato, Método del Cloroplatinato, Método del Tetrafenilboro y por Espectrofotometría. Este último se divide en Fotometría de Llama (de emisión) y por Espectrofotometría de Absorción Atómica. En éste, la fuente de radiación es un cátodo hueco que contiene el elemento. La muestra se atomiza en una llama, en la cual los átomos del elemento evaporizado absorben la radiación característica de la fuente de radiación; la disminución de la intensidad de esta radiación, a que da lugar la absorción por la muestra, y una calibración con cantidades conocidas del elemento a determinar, permiten verificar el análisis (47).

v. Vitamina A. Los carotenoides son lábiles a muchos métodos de procesamiento, debido a su sistema de dobles enlaces. Los métodos de deshidratado y extrusión son particularmente destructivos y promueven la oxidación. La pérdida del contenido de carotenos en productos deshidratados puede atribuirse a la degradación oxidativa de los β -caroteno, a través de un proceso de radicales libres, sobre todo cuando las muestras son almacenadas previamente al análisis (31).

Históricamente, mucha de la información sobre contenido de carotenoides ha sido obtenida mediante la medición de la absorción total a una onda dada o, más comúnmente, a través de una columna de cromatografía seguida por una cuantificación espectrofotométrica. Más recientemente, los métodos de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC, por sus siglas en inglés) han permitido una separación más prudente de carotenoides. Este método más sensible ha permitido una mejor separación individualizada de los carotenoides (28).

En Guatemala, López Palacios et. al.(46), determinaron vitamina A (β -caroteno: $\mu\text{g/g}$ y ER/g) en vegetales de consumo popular a través del método HPLC modificada, técnica más avanzada para la separación y análisis por ser rápida, simple, precisa y exacta, permitiendo una separación eficiente, y mínima exposición al oxígeno y la luz.

El laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Médicas Veterinarias y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala ha estado trabajando con varios métodos para determinar contenido de vitamina A en los alimentos. Debido a la naturaleza del presente trabajo, en el capítulo de Materiales y Métodos se describirá el procedimiento de Cromatografía Líquida de Alta Resolución, el cual será utilizado para llevar a cabo la extracción en la harina de banano verde.

D. Estudios Realizados sobre Valor Nutritivo del Banano

Los estudios realizados en esta fruta abarcan diferentes aspectos de la misma, realizados a lo largo de los años en vista de la importancia del banano en la economía de muchos países productores del mismo.

Los estudios llevados a cabo con diferentes tipos de harina de banano muestran una mejor utilización de la harina verde sin cáscara para animales monogástricos. Sin embargo, su eficiencia es menor que la de maíz, probablemente debido al tipo de carbohidratos presentes (54).

En un estudio llevado a cabo con rodajas de banano en tres estados de madurez, verde, verde medio y maduro, fueron fritas previa inmersión en jarabe. Se encontró que todas las rodajas fueron buenas, pero las de banano verde fueron excelentes en cuanto a textura y sabor (40).

En Brasil se presentó un trabajo sobre deshidratación solar de frutas, incluyendo banano. El banano maduro pelado se sumergió en un jarabe de azúcar (no dice su concentración) por 24 horas, mientras que los bananos verdes se sumergieron en una solución débil de ácido cítrico por dos minutos. Las humedades finales fueron de 10-12% para el banano verde y 15-18% para el maduro. Se emplearon tres tipos de secadores solares: indirecto con aire forzado, bandeja expuesta y gabinete directo (caja caliente). El primero de ellos tenía un colector de ocho metros² que lograba un aumento de 10°C en la temperatura del aire. El banano verde se secó más rápido en el secador solar de gabinete, mientras que el maduro se secó primero en el aire forzado. Solamente el banano verde llegó a un contenido de humedad adecuado para almacenamiento antes de cinco días (32).

Argueta (2) encontró que los bananos cortados a mitades se pardearon más intensamente en la sección de corte que en el contorno externo. Estas diferencias podrían ser atribuidas a algunos componentes como los azúcares y ciertos pigmentos que reaccionan directamente con el medio, lo que ocasiona el oscurecimiento u oxidación característicos.

En un estudio en Nigeria se monitorearon con tiempo los cambios sufridos por los constituyentes proximales y minerales del plátano y del banano, empezando con 60 y 90 días desde la aparición visible del arbusto, respectivamente, de las frutas maduras en y fuera de las plantas. Para las frutas en las plantas, el punto mínimo del contenido de humedad para la pulpa y/o cáscara correspondió a la madurez máxima, tanto para plátanos como para bananos. Los niveles de proteína se incrementaron con el tiempo en las frutas y en las plantas, y los plátanos tenían contenido más alto de proteína que los bananos al mismo grado de madurez. El contenido de azúcar en

ambas frutas se incrementó gradualmente hasta los 92 días, después se incrementó bruscamente al llegar a la madurez y continuó haciéndolo a lo largo del experimento. A edades idénticas, las frutas maduras fuera de la planta contenían mucho más azúcar ($P < 0.05$) que las que habían madurado en la planta. Los valores de energía incrementaron gradualmente con el tiempo y llegaron a un máximo al alcanzar el mayor grado de madurez de ambas frutas. Los valores fueron consistentemente más altos para plátanos que para bananos (test-t $P < 0.01$). Virtualmente, todos los minerales estudiados tuvieron valores estadísticamente más altos en los plátanos que en los bananos (44).

En un estudio en Brasil se encontró que existía correlación entre la viscosidad de la pulpa y el contenido de almidón (17).

Molina y Dary (46) estudiaron variedades de banano Cavendish, banano majunche y plátano macho y encontraron que este último presentó el mayor contenido de carotenos provitamina A, seguida por el banano y luego por el majunche. También que en el estado maduro, el contenido de provitamina A fue menor que en el estado verde, con excepción del majunche. En todas las variedades analizadas, los métodos de cocción utilizados (frito y cocción al vapor) no afectaron significativamente el contenido de carotenoides provitamina A. En el estado verde, la ingesta de 50 g de plátano satisfizo aproximadamente el 40% de las recomendaciones diarias de vitamina A para un niño. Las variedades maduras solo el 12%.

Recientemente, Noguera (43) llevó a cabo la cuantificación de macronutrientes, de potasio y vitamina A en harina de plátano. Los resultados nos indican que 100 gramos de harina de plátano verde con cáscara contienen, en promedio, 350 kcal, 7.66% de agua, 3.88% de cenizas, 0.47% de extracto etéreo, 4.165% de proteína cruda, 1.435% de fibra cruda, 82.43% de carbohidratos, 2,513.3 mg de potasio y 7.74 mcg de E.R. (vitamina A).

E. PROFRUTA ¹

Es un proyecto del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, que es ejecutado a través de un convenio con el Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura, IICA.

El Proyecto tiene cobertura a escala nacional: actualmente se ejecuta en el marco de la "Agenda para la Reactivación y Modernización de la Agricultura" y la "Agenda para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible y de los Recursos Naturales de Petén".

PROFRUTA, desde 1989, ha coadyuvado en el sector agroindustrial, apoyando el desarrollo de productos no tradicionales para la exportación, impulsando la diversificación agrícola a través de la tecnificación de la fruticultura, manejo postcosecha y la transformación agroindustrial.

La misión de PROFRUTA es impulsar una fruticultura moderna, sostenible y competitiva, a través del enfoque de desarrollo de la cadena de producción.

Mediante el desarrollo agroindustrial se persigue, además de la generación de divisas, fuentes de empleo, mejorar la dieta de los consumidores y preservar el medio ambiente a través de la siembra de árboles perennes.

PROFRUTA está integrado por personal profesional y técnico especializado, profundamente compenetrado en la problemática de producción y con alto espíritu de servicio, con amplia visión y con deseo de lograr el progreso de Guatemala.

¹ Guatemala. Ministerio de Agricultura. Proyecto PROFRUTA. Trifoliar informativo.

IV. OBJETIVOS

A. General

1. Determinar el valor nutritivo de la harina de banano verde cosechado en época seca y lluviosa.

B. Específicos

1. Determinar el contenido de macronutrientes, energía, humedad, potasio y vitamina A de la harina de banano verde cosechado en época seca y en lluviosa.
2. Comparar el valor nutritivo de la harina de banano verde cosechado en época seca vs harina de banano verde cosechado en época lluviosa.
3. Comparar el contenido de macronutrientes, energía, humedad, potasio y vitamina A de la harina de banano verde de cada una de las épocas cosechadas con datos existentes de la harina de plátano verde.

V. MATERIALES Y METODOS

Universo

El universo estuvo constituido por bananos verdes que se produjeron en Tiquisate, Escuintla bajo el auspicio de PROFRUTA, cosechados en época seca y lluviosa.

Muestra

450 gramos de harina de banano verde, cosechado en época seca y 450 gramos de harina de banano verde, cosechado en época lluviosa.

Materiales

1. Instrumentos

a) Para la recolección de información se usó el formulario titulado Contenido de Macronutrientes, Potasio y Vitamina A de Harina de Banano Verde Deshidratado, Cosechado en Época _____ (Anexo No. 3)

b) Para la tabulación de información se utilizó el formulario "Época de cosecha, Contenido de Macronutrientes, Humedad, Potasio y Vitamina A de Harina de Banano Verde" (Anexo No. 4)

c) Para la comparación de resultados se usó el formulario titulado Análisis Proximal Comparativo de Harina de Banano Verde y Harina de Plátano (Anexo No. 5)

2. Recursos Materiales

a) Equipo

- i. De Oficina: computadora, impresora, etc.
- ii. De laboratorio:
 - ◆ Una mufla con capacidad para 20 crisoles de 50ml cada uno, y de 1100°C de temperatura, marca Lindberg
 - ◆ Aparato de Goldfish, marca Labconco, con capacidad para seis muestras

- ◆ Digestor Kjeldahl
- ◆ Destilador Kjeltec 1030
- ◆ Aparato Fibertec marca FOSS
- ◆ Espectrofotómetro de Absorción Atómica MARCA Perkin-Elmer
- ◆ Horno tipo armario marca Labconco, con capacidad de 100 muestras
- ◆ Secadoras al Vacío marca Thomas, de vacío negativo
- ◆ Deshidratador tipo armario de flujo paralelo
- ◆ Columna Superspher ® 100 RP-18,4 µm 75-4, Merck
- ◆ Purospher ® RP-18 Merck
- ◆ Detector Ultravioleta (La Chrom ® D-7400) Merck
- ◆ Bomba La Chrom ® 1-7100 Merck
- ◆ Inyector manual Loop de 50 ul
- ◆ Balanzas analíticas con capacidad de 0.001g hasta 160g de peso, marca Denver Instrumental
- ◆ Balanza analítica con capacidad de 0.001g hasta 500g de peso, marca Ohaus
- ◆ Reactivos: bencina de petróleo G.R.
 - ácido sulfúrico G.R.
 - agua destilada
 - agua desmineralizada
 - hidróxido de sodio al 40% y G.R.
 - ácido clorhídrico 0.200N G.R.
 - ácido clorhídrico 1N G.R.
 - ácido bórico G.R.
 - cloruro de amonio G.R.
 - metanol G.R.
 - verde de bromocresol G.R.
 - rojo de metilo G.R.
 - éter de petróleo G.R.
 - nitrógeno gas
 - acetoneitrilo:2 propanol: acetato de etilo 40:40:20

Hexano HPLC al 99% G.R.

2-propanol al 1% G.R.

Tabletas Kjeldahl

Métodos

1. Para la elaboración de la harina de banano verde

En la planta de PROFRUTA, (ubicada en la Estación Experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), La Alameda, Chimaltenango) se procesó el banano verde proveniente de Tiquisate, Escuintla en cada época de cosecha. Los bananos que fueron seleccionados para deshidratar estaban en perfectas condiciones: no golpeados, ni reventados, de diferente tamaño, sin puntas y con cáscara. El deshidratado se realizó con el proceso que se muestra en el anexo No. 6.

2. Para el tamaño de la muestra

En vista de que el total de la producción fue de un saco, se tomó la recomendación de Cuevas (20), por lo que cada muestra de harina de banano verde pesó $400\text{g} \pm 10$ y se hizo en triplicado para minimizar el error experimental.

3. Para la recolección de la muestra

Toda la harina producida durante la deshidratación se mezcló manualmente hasta obtener un producto lo más homogéneo posible, de donde se extrajo la muestra.

Usando guantes quirúrgicos de goma o látex se tomó una cuchara descartable de plástico, previamente desinfectada con algodón humedecido con alcohol etílico (70%), para depositar la muestra en un recipiente irrompible, de plástico transparente, previamente desinfectado. Se identificó la muestra adecuadamente (20).

4. Para almacenar y transportar la muestra

Se dividió la muestra en tres porciones y transfirió las submuestras a bolsas individuales plásticas transparentes desinfectadas previamente, las cuales se colocaron

dentro de una bolsa plástica negra a temperatura ambiente. Las submuestras para determinar vitamina A se guardaron en congelación a -18°C .

Al cabo de ocho días, se llevó muestra al laboratorio de Análisis de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC- para realizar análisis de potasio; también se llevó muestra al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la USAC para realizar el análisis de macronutrientes, y se procedió a almacenar las submuestras para determinar vitamina A en las condiciones descritas arriba, por espacio de trece semanas (la de época seca) y seis semanas (la de época lluviosa), aproximadamente, hasta el día de análisis en el laboratorio RGH, S.A.

5. Para el análisis de las muestras

En el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia se aplicó el método de Análisis Químico Proximal para determinar macronutrientes, humedad y cenizas; en el laboratorio de Análisis de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía se realizó el análisis de potasio, y en el laboratorio RGH, S.A. se llevó a cabo el análisis de vitamina A. Las técnicas utilizadas se enumeran a continuación:

- a) Determinación de de materia seca total por deshidratación en horno a 105°C por 24-48 horas. (Anexo No. 7)
- b) Determinación de cenizas en mufla a 600°C . (Anexo No. 7)
- c) Determinación de grasa por el método de Goldfish. (Anexo No. 7)
- d) Determinación de proteína por el método Kjeldahl. (Anexo No. 7)
- e) Determinación de fibra cruda por digestión ácida y alcalina. (Anexo No. 7)
- f) Determinación de Extracto Libre de Nitrógeno (Carbohidratos solubles) por ecuación matemática. (Anexo No. 7)
- g) Determinación de contenido calórico por ecuaciones aritméticas. (Anexo No. 7)
- h) Determinación de Potasio por Espectrofotometría de Absorción Atómica. (Anexo 7)

- i) Determinación de Vitamina A por el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución con detección de luz ultravioleta 450 nm. (Anexo No. 7)

6. Para el análisis de datos

Para analizar los resultados se utilizó análisis de varianza, una prueba de Wilcoxon para dos muestras independientes (harina de banano verde de época seca y época lluviosa) y una prueba de Contrastes Ortogonales para comparar harina de banano vs. harina de plátano. Se utilizó un nivel de significancia estadística $\alpha = 0.05$

VI. RESULTADOS

A. Valor Nutritivo de Harina de Banano Verde

El valor nutritivo de la harina de banano cosechada en época seca y lluviosa se presenta en la Tabla No. 1, los valores reportados representan el promedio de los datos obtenidos durante el análisis químico proximal.

Tabla No. 1
Contenido de Nutrientes en Harina de Banano Verde
Cosechado en Época Seca y Lluviosa
(en 100 g de harina)
Guatemala, agosto 2005.

Época	Humedad (%)	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra Cruda (g)	Cenizas (g)	Carbohidrato (g)	Potasio (mg)	Vit A (mcgER)
Lluviosa	5.1	350	4.15	1.55	3.30	4.33	79.98	2440	108
Lluviosa	5.8	346	4.05	1.47	3.19	4.58	79.09	2380	107
Lluviosa	10.8	343	4.11	1.53	3.15	4.55	78.24	2310	---
Seca	8.8	318	3.98	1.31	3.29	5.45	72.59	2440	302
Seca	8.5	322	3.72	1.83	2.33	5.45	72.62	2340	302
Seca	8.5	318	3.61	1.47	2.68	5.29	72.59	2280	---
x ± DS é.Lluviosa	7.2±3.1	346±4	4.10±0.05	1.52±0.04	3.21±0.07	4.49±0.14	79.10±0.87	2377±65	107.5*
x ± DS é.Seca	8.6±0.2	319±2	3.77±0.19	1.54±0.27	2.77±0.49	5.40±0.09	72.60±0.02	2353±81	302*
Pr>w	0.6807	0.1367	0.1413	0.8335	0.4227	0.1367	0.1367	0.8335	---

--- no se analizó

* Sólo se calculó media

Pr>w: Es el valor observado de w, es significativo cuando es menor de 0.05

El valor nutritivo de la harina de banano verde cosechado en época lluviosa y seca son similares, resalta su alto contenido de energía, carbohidratos y potasio. La prueba de Wilcoxon aplicada a los datos anteriores indica que no existe diferencia significativa en los nutrientes. En cuanto a vitamina A, se observa que en la época seca la harina de banano presenta el doble de contenido respecto de la época lluviosa. Por otra parte, el valor de humedad es el que muestra una mayor desviación estándar respecto del valor central.

B. Comparación de Valor Nutritivo de Harina de Banano Verde con Harina de Plátano Verde

La información aportada por Noguera (43) sobre composición de harina de plátano verde, así como la información generada en este estudio se presenta a continuación en la Tabla No. 2.

Tabla No. 2
Contenido de Macronutrientes, Humedad y Potasio de Harina de Banano Verde Cosechado en Epoca Seca y Lluviosa vs Harina de Plátano (en 100 g de harina)
Guatemala, agosto 2005.

Época	Humedad (%)	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra Cruda (g)	Cenizas (g)	Carbohidrato (g)	Potasio (mg)	Vit A (mcgER)
Lluviosa	5.1	350	4.15	1.55	3.30	4.33	79.98	2440	108
Lluviosa	5.8	346	4.05	1.47	3.19	4.58	79.09	2380	107
Lluviosa	10.8	343	4.11	1.53	3.15	4.55	78.24	2310	---
Seca	8.8	318	3.98	1.31	3.29	5.45	72.59	2440	302
Seca	8.5	322	3.72	1.83	2.33	5.45	72.62	2340	302
Seca	8.5	318	3.61	1.47	2.68	5.29	72.59	2280	---
Plátano	7.9	349	4.42	0.45	1.67	3.72	81.85	2560	10
Plátano	7.8	348	3.98	0.28	1.42	3.99	82.62	2470	7
Plátano	7.2	353	4.09	0.67	1.22	3.94	82.82	2510	6
x ± DS é.Lluviosa	7.2±3.1	346±4	4.10±0.05	1.52±0.04	3.21±0.07	4.49±0.14	79.10±0.87	2377±65	107.5*
x ± DS é.Seca	8.6±0.2	319±2	3.77±0.19	1.54±0.27	2.77±0.49	5.40±0.09	72.60±0.02	2353±81	302*
x ± DS Plátano	7.6±0.4	350±3	4.16±0.23	0.47±0.20	1.44±0.23	3.88±0.14	82.43±0.51	2513±45	8±2
Pr>F	0.8249	0.0001	0.1154	0.0002	0.0004	<0.0001	<0.000	0.0183	---

--- no se analizó

* Sólo se calculó media

Pr>F: Es el valor observado de F, es significativo cuando es menor de 0.05

La prueba de contrastes ortogonales aplicado a los datos anteriores muestra que la harina de banano posee valores mayores que la harina de plátano en cuanto a su contenido de grasas, fibra cruda y cenizas. La harina de plátano posee valores mayores que la harina de banano en el contenido de energía, carbohidratos y potasio. No se encontró diferencia significativa en el contenido de humedad y proteína de ambos tipos de harina.

C. Pruebas de Uso de Harina de Banano Verde

Siendo los atoles bebidas populares en Guatemala, se probó el uso de esta harina para hacer atol; dichas pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Alimentos de la Escuela de Nutrición de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC.

El atol de harina de banano verde, en promedio, se elabora con 5% de harina de banano verde, 5% de azúcar y 90% de agua. La harina presenta una fácil hidratación, y la mezcla se dejó hervir por cinco minutos.

El producto final es un atol de color gris-pardo, con apariencia granulosa, olor leve a banano y textura bucal granulosa.

El contenido de nutrientes en una taza de atol se presenta en la siguiente tabla:

Tabla No. 3
Composición Nutritiva de Una Taza de Atol de Harina de Banano Verde
Guatemala, agosto 2005.

Vaso de atol	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Fibra Cruda (g)	Cenizas (g)	Carbohidrato (g)	Potasio (mg)	Vit A (mcg ER)
250 ml	40	0.5	0.2	0.4	0.6	9.10	284	26

Tomando en cuenta la cantidad de azúcar empleada y asumiendo que la misma está fortificada adecuadamente, el contenido de vitamina A aumenta a 206 mcg ER y su aporte calórico es de 86 Kcal por taza de atol de harina de banano verde.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Contenido de nutrientes en Harina de Banano Verde

En el presente estudio, se encontró que la harina de banano verde contenía altos niveles de energía, carbohidratos y potasio. Existen ciertos factores que pueden influir en la composición química y nutricional de las plantas, entre estos el suelo, la fertilización y edad fisiológica de la planta. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre una época de cosecha y otra.

Los valores encontrados en este estudio en cuanto a grasa y proteína son similares a los reportados por Bressani et al. (14), quienes reportaron el siguiente valor nutritivo para la harina de banano: grasa (1.60 g), proteína (3.98 g), fibra cruda (3.90 g) y carbohidratos (85.12 g). Respecto de la fibra cruda y los carbohidratos, el valor nutritivo reportado por Bressani es mayor. Es posible que algunos factores relacionados con el cultivo de estas frutas, tales como la época de cosecha, el tipo de suelo, y el grado de madurez, entre otros, hayan influido en las diferencias encontradas respecto del valor nutritivo de las harinas de banano de estos dos estudios.

En el presente estudio, se detectó mayor contenido de vitamina A en la harina de banano verde cosechado en época seca. A pesar de que con estos datos no se pudo calcular un valor "*p*" que indique diferencia estadística significativa, los valores son, evidentemente, diferentes, tanto entre épocas de cosecha, como entre banano y plátano. Las diferencias se podrían explicar porque se sabe que los carotenoides participan como pigmentos accesorios en la captación de luz solar para realizar la fotosíntesis, de ahí que la harina de banano cosechado en época seca, presenta mayor cantidad de vitamina A, debido a la mayor cantidad de luz solar en esta época, a diferencia de la época lluviosa (57).

B. Comparación con Harina de Plátano

Al análisis estadístico del contenido de nutrientes de la harina de banano de este estudio, comparado con el contenido de nutrientes de la harina de plátano (43), muestra que la harina de banano posee valores mayores que la harina de plátano en cuanto a su contenido de: grasa, fibra cruda y cenizas. La harina de plátano posee valores mayores que la harina de banano respecto del contenido de: energía, carbohidratos y potasio. No se encontró diferencia estadística significativa en el contenido de humedad y proteína de ambos tipos de harina. Desde el punto de vista nutricional, la diferencia en el aporte calórico (17 Kcal) entre ambos tipos de harina, no es significativa.

A pesar de que ambas son musáceas, tienen diferente capacidad para almacenar estos nutrientes, probablemente a eso se deba la diferencia encontrada en contenido de energía, carbohidratos y potasio. El lugar de origen de ambas también pudo haber influido.

C. Características Sensoriales del Atol elaborado con Harina de Banano Verde

Esta harina se comporta como cualquier otra harina de cereal en su uso para hacer atol, ya que las proporciones de harina, azúcar y agua son similares a las usadas para hacer otros atoles.

El color gris-pardo del atol resultó poco atractivo; este color se debe a la susceptibilidad de banano a sufrir empardeamiento enzimático. Dicha reacción ocurrió cuando el banano se partió en trozos previo a su deshidratación.

La textura y apariencia granulosa encontrada en el atol están relacionadas con las semillas del banano, las cuales no fueron trituradas en el proceso de molienda. Esta característica se podría evitar si se tamiza la harina.

El olor y sabor leve a banano se debe a que las sustancias encargadas de dar olor y sabor a la fruta aumentan su concentración cuando el banano madura.

VIII. CONCLUSIONES

- La harina de banano verde cosechado en época lluviosa tiene el mismo valor nutritivo que la harina de banano verde cosechado en época seca.
- El promedio del valor nutritivo encontrado en 100 g de harina de banano verde, es el siguiente:

Humedad	7.2%
Energía	333 Kcal
Proteína	3.9 g
Grasa	1.5 g
Fibra Cruda	3.0 g
Cenizas	4.9 g
Carbohidrato	75.85 g
Potasio	2365 mg
Vitamina A	205 mcg ER

- Comparado con la harina de plátano verde, la harina de banano verde presenta mayores valores de grasa, fibra cruda y cenizas, y menores valores de energía, carbohidratos y potasio.
- El promedio de nutrientes que aporta un vaso de atol de harina de banano verde es:

Energía	40 kcal
Proteína	0.5 g
Grasa	0.2 g
Fibra Cruda	0.4 g
Cenizas	0.6 g
Carbohidrato	9.10 g
Potasio	284 mg
Vitamina A	26 mcg ER

- El atol de harina de banano verde es de color gris-pardo, con olor y sabor leve a banano, con apariencia y textura bucal granulosa.

IX. RECOMENDACIONES

- Determinar el contenido del resto de vitaminas y minerales en las harinas de banano verde cosechadas en época seca y lluviosa.
- Realizar más estudios para establecer el valor nutritivo de harina de banano verde, cosechado en época seca y lluviosa en las diferentes zonas agrarias del país productoras de banano, tomando en cuenta altitud del terreno cultivado, aspectos de fertilización, variedad del banano y grados brix.
- Estudiar factibilidad de comercialización de la harina de banano verde e incluir la información recabada en este estudio como parte de la información nutricional con que debe contar todo producto alimenticio cuando sale al mercado para ser comercializado.
- Evaluar aceptabilidad de estas harinas en diferentes preparaciones caseras.
- Incorporar un tamizaje de la harina, posterior a la molienda para eliminar granos.
- Realizar estudios sobre la digestibilidad humana de la harina de banano verde.
- Analizar en próximos estudios qué tipo de carbohidratos son los presentes en este tipo de banano en cada época estudiada y su respuesta glicémica.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Aegerter, P. and C. Dunlap. 1980. Culture of Five Commonly Used Acid Producing Bacteria and Banana Pulp. Applications of Environment Microbiology. (US) (39): 937-942.
2. Argueta N., Walter. 1986. Secado de Frutas mediante el uso de Secadores Solares Pasivos de Pequeña Escala. Guatemala. 56 p. Tesis Ingeniero Químico. Universidad de San Carlos. Facultad de Ingeniería.
3. Arteaga Toledo, Otto. 1969. Análisis Descriptivo de la Comercialización del Banano para Exportación en Guatemala. Guatemala. 40 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía.
4. Aurand, Leonard; et al. 1987. Food Composition and Analysis. New York, AVI Book. 690 p.
5. Ayres, Gilbert. 1970. Análisis Químico Cuantitativo. Trad. Santiago Pérez. México, Harla. 740 p.
6. Bananas and Food Security International Symposium. (1998, Cameroon). 1998. Les production bananieres: un enjeu économique majeur por la sécurité alimentaire. France, International Network for the Improvement of Banana and Plantain. 797 p.
7. Banco de Guatemala. Departamento de Estadísticas Económicas. Sección de Cuentas Nacionales. 2000. Costo de Producción. Temporada 1999-2000. Guatemala, Bco. de Guatemala. 52 p.
8. _____. Departamento de Estadísticas Económicas. Sección de Análisis de Mercados y Comercio Exterior. 2000. Exportaciones (FOB). Período 1984-1993, 1987-1996. Guatemala, Bco. de Guatemala. 87 p.
9. _____. Departamento de Estadísticas Económicas. Sección de Cuentas Nacionales. 2000 Estadísticas de Producción. Exportación, Importación y Precios Medios de los Principales Productos Agrícolas. Guatemala, Bco. de Guatemala. 69 p.
10. _____. 1997. Exportaciones Producto-País-Partida Ene-Dic. Guatemala, Bco. de Guatemala. 112 p.
11. Bateman, John. 1970. Nutrición Animal: manual de métodos analíticos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 468 p.

12. Beaudry, Randolph, et al. 1987. Banana ripening: implications of changes in internal ethylene and CO₂ concentrations, pulp fructose 2,6-bisphosphate concentration, and activity of some glycolytic enzymes. *Plant Physiol.* (US) 85(5): 277-282.
13. Borges, A.L., et al. Circular Técnica No. 27. 1997. O Cultivo da Banana. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Brasil, Ministerio de Agricultura e do Abastecimento. 109 p.
14. Bressani, R., et al. 1961. La composición química de diversas clases de banano y el uso de harinas de banano en alimentación de pollos. *Turrialba.* (CR) 11(4): 127-132.
15. Brown, A.H., et al. 1973. Air Drying and Drum Drying in: Food Dehydration. Edit. by Wallace Van Arsdel, et al. 2nd. ed. USA, The AVI Publishing. 202 p.
16. Bungirwar, D.R. and A. Sreenivasan. 1977. Studies on osmotic dehydration of banana. *Journal of Food Science and Technology.* (IN) 14(3): 104.
17. Campos, R.B. de, et al. 1975. Estudo da relação entre o teor de amido e a viscosidade da polpa de banana. *Col. Inst. Tecnol. Alimentos.* (BR) 6(1): 81-101.
18. Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador. 1996. Banano Deshidratado (Banano Higo). Quito, CDIE. 190 p.
19. Charley, Helen. 1998. Tecnología de Alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Trad. por Alejandro González. México, Limusa. 767 p.
20. Cuevas, Roberto, et al. 1990. Manual Operativo sobre Control de Calidad de Alimentos. Guatemala, INCAP-OPS. 29 p.
21. Desroisier, Norman. 1964. Conservación de Alimentos. México, Editorial Continental. 468 p.
22. Fennema, O. 1976. Principles of Food Science. New York, Edit. Marcel Dekker. 808 p
23. Fisher, Patty and Arnold Bender. 1972. Valor Nutritivo de los Alimentos. Trad. Lisy Gómez de Segura. México, Edit. Limusa-Wiley. 205 p.

24. Fisiología de la Postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. 1975. Trad. Antonio Marino Ambrosio. México, Cía. Edit. Continental. 663 p.
25. Food Chemistry. 1960. USA, Litton Educational Publishing. 386 p.
26. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 1968. Proyecto de Fomento para Cultivo de Banano. Guatemala, MAGA. 156 p.
27. Gudiel, Víctor Manuel. 1978. Manual Agrícola Superb. 6a. ed. Guatemala, Superb. 719 p.
28. Hart, David and John Scott. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoides in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. Food Chemistry. (UK) 54: 101-111.
29. Harvey, T. Handbook of Tropical Foods. 1983. New York, Ed. Marcel Dekker. Vol. III-VIII. 639 p.
30. Houminer, Yoram. 1973. Thermal Degradation of Carbohydrates in: Molecular Structure and Function of Food Carbohydrates. England, Applied Science Publishers. 475 p.
31. Hudson, Nyambaka and Janice Ryley. 1996. An isocratic reversed-phase HPLC separation of the stereoisomers of the provitamine A carotenoids (α - and β -carotene) in dark green vegetables. Food Chemistry. (UK) 55(1): 63-72.
32. ICAITI. (Instituto de Centro América de Investigación Tecnológica Industrial. GT). 1986. Procesos de Transformación del Banano. Panamá, UPEP. 337 p.
33. INE. (Instituto Nacional de Estadística GT). 1991. Promedio de Consumo de Alimentos por Persona en Guatemala. Guatemala, INE. (s.p.)
34. Izaguirre Hernández, Dorian. 2000. Efecto de la bencianminopurina (BAP) sobre la propagación in vitro de tres clones de banano (Musa acuminata Colla). Guatemala. 78 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía.
35. Jacobs, Morris. 1944. The Chemistry and Technology of Food and Food Products. USA, Interscience Publishers. Vol. 1 . 952 p.
36. Jonas, R. 1994. Processed banana ingredients and their applications. Food Marketing & Technology. (EC) 8(2): 22-24.

37. Kader, Adel. 2002. Quality and safety of fruits and nuts as influenced by controlled/modified atmospheres. (en línea) USA, University of California. Consultado el 31 de julio de 2002. Disponible <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Espanol/Banano.shtml>
38. Karel, Marcus and James M. Flink. 1983. Some Recent Developments in Good Dehydration Research in: Drying by A. Mujundar. USA, Hemisphere Publishing. Vol. 2. 545 p.
39. Kearsly, M.W. 1985. Physical, Chemical and Biochemical Methods of Analysis of Carbohydrates in: Analysis of Food Carbohydrates. England, British Library Cataloging in Publication Data. 589 p.
40. Mariano, L.A., et al. 1969. Effect of maturity and dehydration on the quality of chips prepared from Sata bananas. Phillipine J. Nutrition. (PH) 22(3): 171-180.
41. Matamoros, J.J. 1981. Factibilidad Técnica de Fermentar Pulpa de Banano con Lactobacillus casei y posibilidades de obtener un producto base. San José, Costa Rica. Costa Rica. 80 p. Tesis Carrera Interdisciplinaria de Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica.
42. McLaren, Donald and Martin Figg. 1997. Food Sources in: Sight and Life Manual on Vitamin A Deficiency Disorders. Switzerland, Task Force SIGHT AND LIFE. 21 p.
43. Noguera, Shirley. 1998. Evaluación química y de aceptabilidad de harina de plátano para consumo humano. Guatemala. 58 p. Tesis Licenciada en Nutrición. Universidad de San Carlos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Nutrición.
44. OEA. (Organización de Estados Americanos, USA). 1995. Boletín Trimestral de Precios Internacionales de Productos Básicos. USA, OEA. Oct.-Dic.
45. Okada, M. and D.G. Quast. 1976. Effect of particle size and layer thickness on the freeze drying rate of banana pulp. Boletín Instituto Tecnol. Alim. (EC) 45: 29-58.
46. OPS. (Organización Panamericana para la Salud, GT). 1997. Resúmenes de los Trabajos libres presentadas en el XI Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición "Dr. Abraham Horwitz". XI Congreso Centroamericano de Nutricionistas y Dietistas. Guatemala, OPS. 12 p.

47. Osborne, D.R. and P. Voogt. 1978. The Analysis of Nutrients in Foods. London, Academic Press. 251 p.
48. Palmer, James. 1979. Banana products in: Tropical Foods: Chemistry and Nutrition. USA, Academic Press. 379 p.
49. Pensamiento, Oscar. 1991. Evaluación de dos tipos de materiales de propagación de banano (Musa sapientum variedad Grand Nane), bajo dos condiciones de radiación solar, en la zona de Morales, Izabal. Guatemala. pp. 5. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía.
50. Piedra-Santa, Rafael. 1971. Introducción a los Problemas Económicos de Guatemala. Guatemala, Editorial Universitaria. 210 p.
51. Potter, Norman. 1973. La Ciencia de los Alimentos. México, Edutex. 749 p.
52. _____. 1987. La Ciencia de los Alimentos. México, Edutex. 749 p.
53. Rechigl, Miloslav. 1982. Handbook of Nutritive Value of Processed Food. USA, CRC Press. Vol. 1. 53 p.
54. Reunión Técnica, (1ª., 1970. Colombia). 1970. Planeamiento y organización del programa coordinado de investigaciones. Unión de Países Exportadores de Banano: memorias. Colombia, UPEB. 180 p.
55. Richardson, Thomas and John Finley. 1985. Chemical Changes in Food during Processing. USA, AVI Publishing Company. 514 p.
56. Rojas, Ulises. 1926. Elementos de Botánica General. Guatemala, Tipografía Nacional. Tomo II. 1,373 p.
57. Salisbury, Frank y Cleon W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. México, Grupo Editorial Iberoamérica. 759 p.
58. Sección Económicas. 1996. Artículos del 5, 9 y 11 de marzo. Prensa Libre, Guatemala. p. 48-49
59. Soto, M. 1985. Bananos, cultivos y comercialización. Costa Rica, Editorial LIL. 627 p.
60. Standley, Paul and Julian Steyermark. 1952. Flora of Guatemala. USA, Field Museum of Natural History. Vol. 3. 885 p.

61. Tabla de Composición de Alimentos para uso en América Latina. 1961. Guatemala, INCAP-ICNND. pp. 42, 43.
62. The Technical Information Service Caribbean Industrial Research Institute. 1975. Dehydration of Fruits and Vegetables. Trinidad and Tobago, University Post Office. St. Augustine. 297 p.
63. Triebold, Howard and Leonard Aurand. 1963. Food Composition and Analysis. Canada, American Book Company. 562 p.
64. Von Loesecke, Harry. 1995. Drying and Dehydration of Foods. 2nd. ed. New York, Reinhold Publish. 417 p.
65. Watt, B. and A. Merrill. 1963. Composition of Foods: Agriculture handbook. Washington, DC., US Department of Agriculture. No. 8. 189 p.

XI. ANEXOS

ANEXO No. 1

Costo Estimado de Producción por Manzana, Año 2000
Cultivo Tecnicado
-En Quetzales-

I. Costo Directo				<u>8,624.11</u>
1. Renta de la Tierra				500.00
2. Costo de establecimiento				305.28
3. Mano de obra				<u>3,737.14</u>
a. Limpias y deshijes	jornal	23.00	30.00	690.00
b. Fertilización	jornal	14.00	30.00	420.00
c. Cosecha y acarreo	jornal	50.00	30.00	1,500.00
d. Control de plagas	jornal	22.00	30.00	660.00
e. Séptimos días				467.14
4. Depreciación de Maquinaria y Equipo				<u>2,235.61</u>
a. Fumigación				
- Asperjadora manual	Hr. Bomba	42.00	1.16	48.54
- Asperjadora mecánica	Hr. Bomba	48.00	7.38	354.07
b. Transporte cablevía	cable	52.00	22.68	1,179.36
c. Fumigación aérea (servicio)	hora	0.70	933.78	653.65
5. Insumos				<u>1,846.08</u>
a. Combustibles	galón	4.00	12.85	51.4
b. Lubricantes	litro	1.00	11.00	11.00
c. Fertilizantes				
- Nitrogenados	quintal	3.30	51.7	170.61
- Completos	quintal	7.00	72.11	504.77
d. Insecticidas				
- Sistémicos	litro			186.50
- Contacto	litro			163.83
e. Fungicidas				
- Sistémicos	libra			138.25
- Foliares	libra			242.20
f. Herbicidas				
- Contacto	litro	2.50	38.93	97.33
g. Nematicidas	libra	14.00	20.00	280.00
II. Costo Indirecto				<u>2,297.77</u>
1. Administración (1% s/C.D.)				86.24
2. Cuota del IGGS (6% s/M.O.)				224.23
3. Financieros (21% s/C.D. 12M)				1,811.06
4. Imprevistos (1% s/C.D.)				86.24
5. Impuesto municipal (Q0.15/qq)				90.00
III. Costo Total por Manzana				<u>10,921.88</u>
(Para una producción de 600qq)				
IV. Costo Unitario				18.20
V. Ingreso Venta Producción (Q25.00/qq)				18,000.00
VI. Ingreso Neto				7,078.12
VII. Rentabilidad (%)				64.81

Fuente: Banco de Guatemala.

ANEXO No. 2

**Composición Química del Banano según la Tabla de Alimentos
Para América Latina**

ANEXO No. 3

Contenido de Macronutrientes, Potasio y Vitamina A de Harina de Banano Verde Deshidratado Cosechado en Epoca _____

Para cada muestra (en duplicado) se hicieron tres procedimientos exactos.

I. Materia Seca Total

	<u>Tara</u>	<u>Muestra + Tara</u>	<u>Peso Inicio</u>	<u>Peso Final</u>
M _A	1.			
	2.			
M _B	3.			
	4.			
M _C	5.			
	6.			

Se aplica fórmula respectiva para obtener porcentaje, y luego se calcula promedio de cada muestra:

$$M_A =$$

$$M_B =$$

$$M_C =$$

II. Cenizas

	<u>Tara</u>	<u>Muestra + Tara</u>	<u>Peso Inicio</u>	<u>Peso Final</u>
M _A	1.			
	2.			
M _B	3.			
	4.			
M _C	5.			
	6.			

Se aplica fórmula respectiva para obtener porcentaje, y luego se calcula promedio de cada muestra:

$$M_A =$$

$$M_B =$$

$$M_C =$$

III. Extracto Etéreo

<u>Tara</u>	<u>Muestra + Tara</u>	<u>Peso Inicio</u>	<u>Peso Final</u>
M _A 1.			
2.			
M _B 3.			
4.			
M _C 5.			
6.			

Se aplica fórmula respectiva para obtener porcentaje, y luego se calcula promedio de cada muestra:

$$M_A =$$

$$M_B =$$

$$M_C =$$

IV. Proteína Cruda

<u>Tara</u>	<u>Muestra + Tara</u>	<u>Peso Inicio</u>	<u>ml HCl gastdos</u>
M _A 1.			
2.			
M _B 3.			
4.			
M _C 5.			
6.			

Se aplica fórmula:

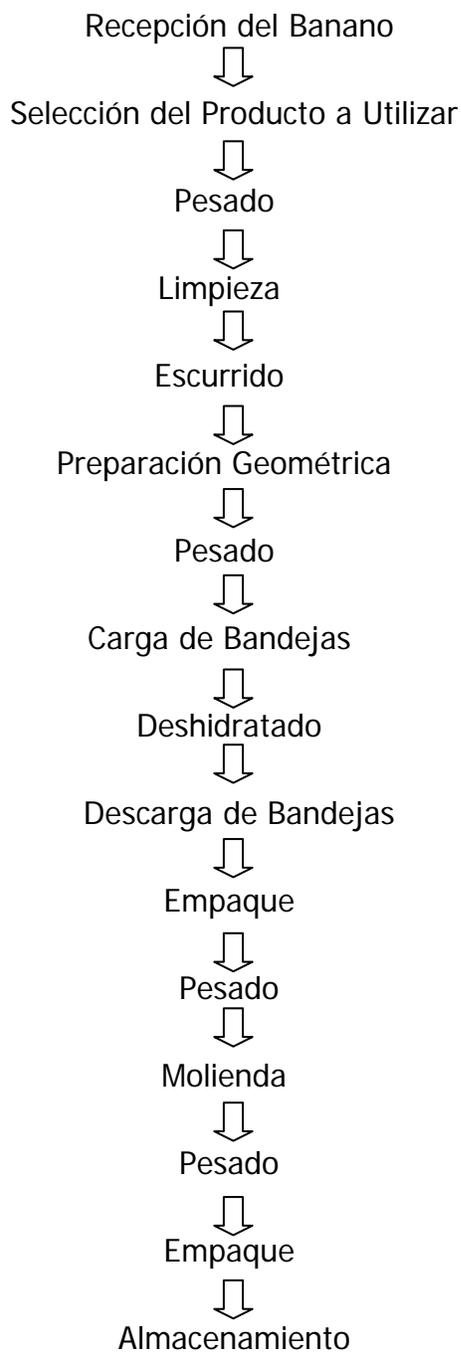
$$\frac{\text{ml HCl gastados} \times \text{Normalidad}}{\text{Peso Inicial Muestra}} \quad N \times 6.25 \quad \text{Proteína cruda}$$

Anexo No. 4**Formulario para la Tabulación de Información
Epoca de cosecha, Contenido de Macronutrientes,
Humedad, Potasio y Vitamina A de Harina de Banano
Verde**

Epoca de Cosecha	Contenido de						
	Energía (kcal)	Prot. (g)	Grasa (g)	Carboh. (g)	Humedad (%)	Potas. (mg)	Vit. A (mcg)

ANEXO No. 6

Diagrama de Flujo de la Elaboración de Harina de Banano



Fuente: Inga. Agripina Pedroza, PROFRUTA

ANEXO No. 7

Metodologías para la Determinación de Macronutrientes, Vitamina A y Potasio

Metodología para la Determinación de Materia Seca Parcial y Total (Humedad)

Materiales y Equipo

- Balanza analítica con capacidad de 0.0001g hasta 250g de peso
- Papel parafinado
- Cazuelas
- Horno tipo armario marca Labconco con capacidad de 100 muestras
- Paletas de madera
- Guantes de asbesto
- Pinzas
- Calculadora científica
- Espátula

Procedimiento para Materia Seca Parcial (M.S.P)

1. Se calibró la balanza semianalítica
2. Se pesó papel parafinado (tara)
3. Se pesó 500 g de muestra
4. Se introdujo a horno a 60°C por 24-48 hrs.
5. Se aplicó fórmula: $\text{Peso Final} - \text{Tara} = \text{Peso Final Muestra} = \text{M.S.P.}$

Procedimiento para Materia Seca Total (M.S.T.)

1. Se calibró la balanza analítica
2. Se pesó cazuela (tara)
3. Se pesó cuatro gramos de muestra, en promedio
4. Se introdujo la muestra, utilizando las cazuelas a un horno tipo armario a una temperatura promedio de 105°C por 18-24 horas
5. Se enfrió en campana desecadora para evitar que absorba humedad del ambiente
6. Se volvió a pesar
7. Se aplicó fórmula: $\text{Peso Final} - \text{Tara} = \frac{\text{Peso Final Muestra}}{\text{Peso Inicial}} * 100 = \text{M.S.T.}$

$$\text{Y luego, } \frac{\% \text{ M.S.P.} * \text{M.S.T.}}{100} = \text{M.S.R.} - 100 = \text{Humedad}$$

M.S.R. = Materia Seca Resultante

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, USAC.

Metodología para la Determinación de Cenizas

Materiales y Equipo

- Balanza analítica con capacidad de 0.0001g hasta 250g de peso
- Crisoles de hueso o porcelana
- Una mufla con capacidad de hasta 20 crisoles de 50ml cada uno, y de 1100°C de temperatura
- Guantes de asbesto
- Pinzas
- Espátula
- Gafas
- Calculadora científica

Procedimiento

1. Se pesó los crisoles, que servirían como tara.
2. Se pesó cuatro gramos de muestra, en promedio
3. Se introdujo la muestra a una mufla a una temperatura de 600°C por dos horas
4. Se enfrió en plancha de asbesto por tres minutos y luego se continuó enfriando en campana por 30 minutos
5. Se pesó nuevamente
6. Se aplicó fórmula siguiente para conocer porcentaje de cenizas en la muestra:

$$\text{Peso Final} - \text{Tara} = \frac{\text{Peso Final Muestra}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Metodología para la Determinación de Extracto Etéreo (Método Goldfish)

Materiales y Equipo

- Balanza analítica con capacidad de 0.001g hasta 160g de peso
- Beakers de Goldfish
- Dedales de celulosa y de cristal
- Portadedales
- Horno tipo armario
- Aparato de Goldfish
- Pinzas
- Pañuelo desechable

Reactivos

- Bencina de Petróleo o Éter de Petróleo

Procedimiento

1. Se lavaron bien las manos para remover grasa
2. Se calibró la balanza
3. Se pesó sobre el papel tisú (el cual se ha comprobado no tener efecto en el proceso) un gramo de muestra
4. Se dobló el papel y ponerlo sobre un dedal con su portadedal
5. Se pesó beaker de Goldfish, previamente desecado a 60°C por cuatro a cinco horas.
6. Se agregó al beaker, 40 a 50 ml de bencina de petróleo (cuyo efecto para extracción de grasa es similar al éter de petróleo, teniendo la ventaja de que es más barata)
7. Se colocó en aparato de Goldfish (precalentado por 30 minutos para alcanzar 200 a 250°C) por cinco a siete horas
8. Se retiraron los beakers de Goldfish y los portadedales con sus dedales para ser transferidos estos últimos a un horno tipo armario a 60°C por 24 horas
9. Se colocaron dedales de cristal en el aparato de Goldfish para recolectar la bencina (junto con los beakers que la contienen) para su uso posterior en el laboratorio
10. Luego de pasadas las 24 horas, se sacaron del horno las muestras y se dejaron enfriar para pesarlas
11. Se aplicó la siguiente fórmula para conocer el porcentaje de extracto etéreo en la muestra:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso muestra Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso muestra Inicial}} * 100\% =$$

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, USAC.

Metodología para la Determinación de Proteína Cruda (Método Kjeldahl)

Materiales y Equipo

- Balanza analítica con capacidad de 0.0001g hasta 250g de peso
- Papel parafinado
- Tubos Kendall
- Digestor Kendall
- Destilador Kjeltelc

Reactivos

- Acido sulfúrico al G.R.
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio al 40%
- Acido clorhídrico 0.2000N
- Acido bórico al 2%
- Metanol G.R.
- Verde de bromocresol
- Rojo de metilo
- Tabletas Kjeldahl o Tecator

Procedimiento

1. Se taró papel parafinado
2. Se pesó 1.0 gramo de muestra y envolverla en el papel
3. Se dobló papel parafinado con la muestra
4. Se colocó en un balón Kjeldahl debidamente identificado
5. Se agregó dos tabletas de Kjeldahl que sirven como catalizador
6. Se agregó 15 ml de ácido sulfúrico grado reactivo (97.5%)

Fase B: (Digestor de Kjeldahl)

1. Se colocaron los tubos (Rac Completo) en el Digestor
2. Se colocó la tapadera (extractor de gases)
3. Se colocó las tapaderas laterales para que la temperatura fuera uniforme
4. Se encendió el digestor y así mismo la llave de paso de agua, cuando el digestor alcanzó la temperatura de 400°C que es la deseada, se tomó el tiempo de una hora que es el tiempo que dura la digestión
5. Se apagó el equipo, cerró la llave de paso de agua, desmontó el extractor de gases, quitó las tapaderas laterales
6. Se sacó el rack de tubos para que se enfriaran (20 min.)

Fase C: (Destilador Kjeltec)

1. Se encendió el aparato y esperó que calentara por 5-10 min. (Stim)

2. Se chequearon que los cuatro depósitos tuvieran suficiente solución para los análisis que se realizarían.
 - HCl 0.200N
 - Agua destilada
 - Alcalin (NaOH 40%)
 - Acido bórico 2% (Receiver solution)

- a. Mode Manual (para calentar el destilador)
 - Se debe realizar una prueba con un tubo de kjedal que contenga 75 ml de agua destilada
 - Abrir la llave del agua (llave de color rojo)
 - Purgar las líneas de:
 - Acido bórico (+ ó - = Rec Sol)
 - HCl 0.200 N (Titran)
 - Alcalín 40%

- b. Mode Automático (Para correr las muestras en análisis)
 - Realizar dos pruebas más con tubos de kjeldahl que contenga 75 ml agua destilada y chequear que dispense el ácido y el NaOH dos veces y que estén en un rango con la tecla blanca de la manera siguiente:
 - Con uno si fuera 0.026
 - Con dos ó tres si fuera 0.040
 - Correr estándar de amonio; esta fase es manual y el tablero debe estar en 1000. (Amonio – Fer II sulfato hexahidratado y 0.5 de amonio $(\text{NH}_4)_2 \text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6$ de agua) En este momento el destilador realiza la siguiente operación:

$$\frac{\text{Mililitros gastados} \times \text{N. HCl} \times 1.401}{\text{Peso de la muestra}} \text{ (Constante=peso del Nitrógeno)}$$
 - Con las teclas Auto y Kendahl y observando que el tablero esté en fórmula 1571, se procede a correr todas las muestras.
 - Una vez que terminó la destilación en cada en cada tubo, observar el panel de control donde se observa la lectura del % de P.C. o Nitrógeno Total, el cual deberá trasladarse a base seca, que es la forma correcta de reportarlo.

Metodología para la Determinación de Fibra Cruda (Digestión Ácida y Alcalina)

Materiales y Equipo

- Aparato Fibertec
- Balanza analítica con capacidad de 0.001g hasta 250g de peso
- Cresol de Gooch (de vidrio con porosidad)
- Campana de vacío
- Mufla con capacidad de hasta 20 cresoles de 50 ml cada uno y 110°C de temperatura
- Horno

Reactivos

- 1200 ml solución Acido Sulfúrico Grado Reactivo (G.R.)
- Hidróxido de sodio G.R.
- Agua desmineralizada
- Alcohol etílico o acetona G.R.
- Celite

Procedimiento

1. Se calibró la balanza
2. Se taró el cresol de Gooch. Plenamente identificado
3. Se agregó 0.75 g de celite para que no se tapara la porosidad
4. Se pesó 1.0 gramo de muestra del remanente de extracto etéreo, el cual se colocó dentro del cresol de Gooch. (P.I. Muestra)
5. Se trasladó al aparato de Fibertec
6. Se calentó 30 minutos antes
7. Se colocó beaker en la base
 - Se encendió el aparato para precalentar
 - Se encendió el calentamiento del agua
 - Se encendió calentamiento de reactivos
 - Se encendió vacío negativo y positivo
8. Se aplicó el ácido al 1.25% flecha izquierda, (calentamiento)
9. Se aforó a 200 ml (palanca al centro, cuando llegó a los 200 ml colocar la plancha y al momento de ebulir se tomaron 30 min.)
10. Se filtró al con agua caliente. (Palanca hacia arriba)
11. Se agregó 200 ml de agua destilada para labores.
12. Se filtró
13. Se aplicó hidróxido de sodio al 1.25%. Flecha hacia la derecha.
14. Se calentó y aforó a 200 ml. (planca hacia el centro) y en el momento que comenzó a ebulir se tomaron 30 min.

15. Se filtró
16. Se agregó 200 ml agua destilada
17. Se apagó el equipo
18. Se subió la palanca
19. Se tomó el cresol de Gooch con una pinza
20. Se filtró (palanca hacia arriba) con 30 ml de acetona para que no quedara con hidróxido y se dejó reposar durante cinco minutos.
21. Se lavó y posteriormente se colocó el cresol al horno a 135°C/ 2 horas- plancha de asbesto por tres minutos – Y luego a la campana de vacío
22. Se pesó (P.I. Cresol)
23. Se introdujo a mufla a 525°C/ 5 horas – plancha de asbesto por tres min – y luego se dejó enfriar dentro de la mufla levemente abierta por 25 min hasta que disminuyera a 200°C
24. Se introdujo a la campana de vacío pr 15-20 min.
25. Se pesó (P.F. Cresol)
26. Se aplicó la fórmula siguiente para obtener el porcentaje de fibra presente en la muestra:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tara	P.I. Muestra	Cresol y digestión	Cresol y cenizas	P.F. Muestra (4-3)

$$\frac{(5)}{(2)} \times 100 = \% \text{ fibra cruda}$$

Metodología para la Determinación de Extracto Libre de Nitrógeno (Carbohidratos Solubles)

% Total = Proteína + Fibra Cruda + Extracto Etéreo + Cenizas

100% - % Total = %ELN

g ELN = % ELN X $\frac{\text{Peso Total Muestra}}{100\%}$

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, USAC.

Metodología para la Determinación de Contenido Calórico

Proteína Cruda

Gramos totales finales X 4 calorías/gramo

Extracto Etéreo

Gramos totales finales X 9 calorías/gramo

Extracto Libre de Nitrógeno

Gramos totales finales X 4 calorías/gramo

Fuente: M.Sc. Julieta Salazar de Ariza, Escuela de Nutrición, Facultad CCQQ y Farmacia, USAC.

Metodología para la Determinación de Potasio (Espectrofotometría de Absorción Atómica)

Materiales y Equipo

- Muestra a analizar
- Mufla para incineración de las muestras
- Balanza analítica Ohaus 0.001 g hasta 500 g
- Bandejas con vasos de plástico de 50 ml
- Papel filtro Watman # 1
- Pipetas de 1, 2 y 10 ml
- Probeta de 25 ml
- Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer

Reactivos

- Solución de HCl 1N
- Agua destilada

Procedimiento

1. Se pesó 0.5 gramos de la muestra a analizar, se incineró la muestra a 400°C por cuatro horas en una mufla.
2. Se esperó que se enfriara y se recuperó la muestra con 25 ml de HCl 1N
3. Luego se filtró la muestra en las bandejas de trabajo
4. Se tomó dos ml de extracto y se agregó ocho ml de agua destilada para obtener una dilución 1:5
5. De esta dilución se tomó un ml en otro vaso y se aplicó 24 ml de agua destilada, se homogenizó la muestra
6. Se leyó en el espectrofotómetro de absorción atómica
7. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% K = \frac{50 \times 5 \times 25}{10,000}$$

Metodología para la Determinación de Vitamina A (HPLC)

Materiales y Equipo

- Columna: LiChoCART® 125-4 Superspher® RP-18 Merck, 4 µm
- Precolumna: LiChroCART® 4-4 LiChrospher® RP-18 Merck, 5 µm
- Detector: Ultravioleta (LaChrom® D-7400) Merck
- Bomba: LaChrom® I-7100 Merck
- Inyector: Manual Loop de 50 µl

Reactivos

- Éter de petróleo
- Nitrógeno gas
- Fase Móvil: Acetonitrilo:2 propanol: acetato de etilo 40:40:20

Condiciones cromatográficas

- Longitud de onda de detección: 450 nm
- Flujo: 0.8 mL

Procedimiento

1. Se pesaron 25 gramos de muestra de cada harina. 25.0010 g de época seca y 25.0003 g de época lluviosa.
2. Se extrajeron con dos porciones de 50 ml de éter de petróleo. Las dos porciones se trasvasaron a una ampolla de decantación y se lavaron con tres porciones de agua desmineralizada. El extracto etéreo se evaporó a sequedad con nitrógeno y se redisolvió con fase móvil, aforando a 50 ml con esta fase. Todo el ensayo se trabajó en cuarto oscuro para disminuir el riesgo de degradación del β-caroteno.
3. Se utilizó un estándar de β-caroteno de 21.9% de pureza, el cual únicamente se disolvió en fase móvil, debido a la escasa solubilidad que presentó en éter de petróleo.
4. Se preparó un estándar de concentración 0.1033 mg β-caroteno/ml, el cual se inyectó como prueba.
5. Se inyectaron las muestras para observar su respuesta. Con los datos obtenidos de estas pruebas se decidió preparar un estándar diluido 1/10 para realizar la cuantificación de las muestras, ya que con esta concentración se acercaba más a la concentración del β-caroteno presente en las muestras.
6. Para expresar los resultados obtenidos (en mg β-carotenos/kg harina) en mcg Equivalentes de Retinol/100 gr harina se procedió a usar la conversión 1:6 según McLaren, et al.
7. Para calcular la cantidad de mcg ER a partir de mcg β-caroteno se usó la referencia de McLaren (42).

HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Resolución, por sus siglas en inglés.

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico RGH, S.A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

JUNTA DIRECTIVA

DECANO	M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
SECRETARIA	Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona
VOCAL I	Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo
VOCAL II	Licda. Liliana Vides de Urizar
VOCAL III	Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez
VOCAL IV	Br. Juan Francisco Carrascoza Mayen
VOCAL V	Br. Susana Elizabeth Aguilar Castro

DEDICATORIA

A MIS PAPÁS, Celso y Elsa de Santiago, por su amor, apoyo y paciencia a lo largo de mi vida.

A MI ESPOSO, Milburn Line, quien con su ejemplo, amor y motivación me ha enseñado a luchar por mi superación.

A MIS HERMANOS, Iván, Alejandro y especialmente a Elsa, quien ha sido la mejor de las amigas.

A MI SOBRINO, Luis Pedro Santiago González, con un amor muy especial, deseando que a través de su vida alcance todas las metas que se proponga.

A MIS AMIGAS Y AMIGOS, por una amistad duradera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la fortaleza para llegar hasta el final.

A la Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios.

A la M.A. Julieta Salazar de Ariza por los conocimientos que con tanta paciencia compartió conmigo en su acertada asesoría.

Al M.Sc Roberto Mendoza por su ejemplo de profesionalismo, bondad y sencillez que observé a lo largo de esta investigación.

A la Inga. Agripina Pedroza e Ing. Fredy Gramajo de PROFRUTA por la ayuda profesional que recibí de ellos.

Al personal del laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al personal del Centro de Documentación Bibliográfica de Farmacia, especialmente al señor Luis Solís, por su valiosa ayuda en la documentación de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera, me alentaron, instruyeron y apoyaron para la realización de esta tesis.