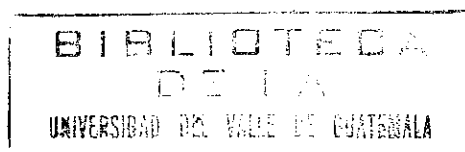


**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS**

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LAS
HARINAS DE MUSA PARADISIACA Y MUSA SAPIENTUM**



JUAN ALEJANDRO CAMPOS PAREDES

**Trabajo de graduación presentado para optar el grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Ciencia de los Alimentos**

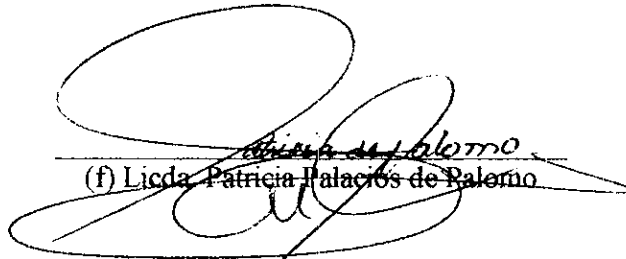
**Guatemala
2001**

Vo.Bo.:



(f) Doctor Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal Examinador:



(f) Licda. Patricia Palacios de Palermo



(f) Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz



(f) Doctor Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: 28 de Junio de 2001

INDICE

RESUMEN

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. Generales	3
B. Específicos	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. JUSTIFICACIÓN	5
V. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	6
A. Valor alimenticio de la Musa paradisiaca como fruto fresco	6
B. Cambios químicos durante el desarrollo	8
C. Productos de Transformación	13
D. Subproductos del Musa sapientum	14
E. Otros productos del Musa sapientum en el mercado	18
F. Métodos de deshidratación de Musa paradisiaca y Musa sapientum	19
G. Características de Funcionalidad y Composición Química	21
VI. MATERIALES Y METODOS	26
VII. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	28
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
IX. CONCLUSIONES	48
X. RECOMENDACIONES	50
XI. BIBLIOGRAFÍA	51

RESUMEN

Se hizo un estudio de las propiedades químicas y funcionales de las harinas de dos frutas como lo son el plátano (*Musa paradisíaca*) y banano (*Musa sapientum*).

Este estudio pretende caracterizar las harinas de las dos frutas y saber si se pueden utilizar como bases nutritivas o de aspectos funcionales para elaborar otros productos como atoles, en panadería o pastelería.

Las harinas se prepararon por deshidratación con aire a 65 °C de frutas con diferentes días de maduración, empezando de cero a seis días.

La harina de banano resultó con mayor concentración en sus parámetros proximales como proteínas, cenizas, grasa que los parámetros de la de plátano, exceptuando que en ésta última los carbohidratos fueron muy altos. Esto se traduce en que las dos harinas se pueden complementar una con la otra para obtener un mejor nivel en los parámetros proximales y tener una mejor base nutritiva para elaborar nuevos productos.

En los contenidos minerales el banano presentó niveles de elementos como el potasio más altos que en el plátano pero niveles menores en fósforo y magnesio. De nuevo se ve que se complementan en el contenido de minerales. Aún así, se puede utilizar solo la harina de banano como base para un producto que sea suplemento de potasio y al mismo tiempo agradable al paladar.

En las propiedades funcionales las dos harinas tuvieron valores similares, por ejemplo en el pH, en la absorción de grasa y humedad.

El estudio en sí también responde a la interrogante si la fruta que es considerada de desecho por las empresas que las cultivan pueden ser utilizadas no como frutas de segunda mano, sino como materia prima para hacer nuevos productos que no solo sean de utilidad económica sino que además de su sabor, su aporte en la nutrición sea importante, como por ejemplo su aporte de potasio.

Es más, se pueden utilizar las mismas como base para elaborar productos que ya se hacen y ser convertidos en productos tan disponibles a los consumidores como aceptables por su calidad funcional.

Al final se encontró que estos dos productos son importantes por ser fuentes de energía, potasio y por su calidad funcional y con estas cualidades se podrá usar un producto que ahora se desecha.

DEDICACION

A Dios: por haberme dado la sabiduría y paciencia necesarias para llevar a cabo esta investigación.

A mis padres: que estuvieron apoyándome para que no decayera y siguiera siempre adelante.

A todas las personas que colaboraron y me ayudaron a hacer esto posible.

I. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo se ha comprobado que los atoles de cualquier tipo se han comercializado bastante y son de gran aceptación como un alimento popular en Guatemala. Más de alguna vez la mayoría de la gente ha probado este producto, y se ha dado cuenta de que es muy sabroso y agradable al paladar. Además, en algunas situaciones, el consumo de atol está asociado a alguna función metabólica, como la lactancia.

Pero la verdad es que si se le diera la importancia que le corresponde como un producto con grandes características de aceptabilidad, tanto su venta como la importancia en mejorar su presentación, condiciones de preparación y su calidad como alimento nutritivo, tendría un gran auge y no sólo sería de gran valor nutritivo para toda la gente, sino que estaría al alcance de otras que no tiene los medios para poder obtenerlo. Los atoles son bebidas generalmente consumidas calientes que se preparan de los cereales, en particular del maíz, pero también de otras materias primas, que son en general alimentos energéticos.

En la actualidad se tiene un gran problema con la materia prima que se usa para hacer estos atoles, principalmente con la *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum*. Este problema radica en que mucha de esta fruta cosechada no cumple con los requerimientos físicos o característicos de calidad para ser exportada o vendida y es desechada o en algunos de los casos vendida como de segunda calidad. Algunos de estos problemas se basan en el tamaño de la fruta, el color, posibles manchas u otras deformaciones.

En Guatemala se tienen pérdidas postcosecha de banano entre 18 a 50 % y de plátano en menor proporción. Estas pérdidas dependen de la época de cosecha, estación, situaciones del mercado, manejo por parte de sindicatos y otros factores. Mucha de esta fruta se usa como alimento para ganado (3).

Dado que la producción de estas clases de frutas es grande se pueden esperar grandes pérdidas al mismo tiempo. Sin embargo, aunque esta fruta sea considerada de baja calidad física, la calidad química como nutricional no cambia y se está perdiendo cuando se

desecha la fruta. Estas características son pues las más importantes y por lo tanto se podría usar todo este material desechado como una fuente de materia prima para la producción de harinas ya mejoradas para la elaboración de los atoles de *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum*. Siendo así que hasta se podrían mantener los costos del producto mejorando la calidad y aumentando la producción. Al mismo tiempo se podría disminuir y hasta evitar el desperdicio de esta fruta considerada como pérdidas de postcosecha .

Las frutas como la *Musa paradisiaca* y la *Musa sapientum* son consideradas del género Musoidae (*Musa paradisiaca* y *Musa sapientum*) respectivamente pero tienen muchas características diferentes. El estudio comprende las diferencias funcionales de las harinas de las dos frutas y su comparación respecto del contenido nutritivo y las características funcionales que pueden proveer al momento de tener el atol respectivo ya preparado.

Además, después de la comparación y obtener los resultados, se puede determinar de qué fruta se puede producir el mejor atol funcionalmente hablando y aunque la diferencia sea grande o pequeña, se puede hacer un atol con una mezcla de las dos frutas.

II. OBJETIVOS

A. Generales

1. Reducir la cantidad considerada como pérdida postcosecha en la industria de las frutas de *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum* con la producción de las harinas.

B. Específicos

1. Obtener una harina, a partir de *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum* deshidratados y molidos.
2. Evaluar tres estados de maduración de las frutas respecto de las propiedades funcionales de las respectivas harinas.
3. Efectuar las mediciones de la composición química de cada harina y compararlas.
4. Medir las propiedades químicas de las harinas de las cáscaras deshidratadas.

III. HIPÓTESIS

La harina de *Musa sapientum* deshidratado es comparable a la harina de *Musa paradisiaca* deshidratado, respecto de sus propiedades químicas y funcionales.

IV. JUSTIFICACION

Debido al problema existente acerca de la pérdida de grandes cantidades de frutas, como son la Musa paradisiaca y la Musa sapientum después de la cosecha, por características que no cumplen con las requeridas y ser considerada fruta de segunda calidad, el presente estudio pretende reducir esta clase de pérdidas de una forma específica. Esta forma es utilizar el proceso de deshidratación de las frutas de "pérdida", convirtiéndolas en un producto útil. De este modo, toda la fruta se aprovecharía para un fin con vistas al futuro y no se consideraría un producto de segunda categoría. Además, al mismo tiempo que disminuyen las pérdidas, se pueden tener ganancias con el producto deshidratado .

Además de utilizar una forma para reducir las pérdidas postcosecha, el estudio pretende producir una harina, con cada tipo de fruta, que tenga una calidad tecnológica adecuada para su uso como un "atol" o como un ingrediente en la preparación de otros alimentos. En la actualidad no se han producido harinas de calidad considerada, sino que sólo se han tratado de hacer las harinas y mezclarlas con otros alimentos pero nunca se les han realizado los análisis correspondientes para determinar sus demás características funcionales. Así se podría hacer énfasis en las características que se pueden modificar y poder aumentar su calidad . La importancia de esto radica en que se le da un valor agregado a la Musa paradisiaca y a la Musa sapientum y se pueden ampliar sus aplicaciones en el área de los alimentos y talvez hasta en la industria en general. Por ejemplo: bebidas energéticas, industria de panificación, repostería, nuevos snacks, cereales, proveedores de almidón, ingredientes en platos típicos, panqueques y otros.

V. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

A. Valor alimenticio de la Musa paradisiaca como fruto fresco

La literatura muestra la evolución que se produce durante la maduración, con la transformación del almidón en azúcares. Esto se puede ver en la tabla # 1.

Tabla # 1
Carbohidratos de plátano en diferentes días de maduración (%)

Días de maduración	0	3	5	7	9	11
Glúcidos totales	21.51	20.49	19.78	19.78	18.6	19.12
Almidón	20.65	12.85	6.00	2.93	1.73	1.21
Azúcares reductores	0.24	2.81	7.24	10.73	12.98	15.31
No reductores	0.62	4.85	6.52	6.12	3.89	2.60

(4)

Algunas propagandas han querido presentar a la Musa paradisiaca como el alimento energético y nutritivo por excelencia; por sus cualidades gustativas, asepsia perfecta de su pulpa y lo fácil que es consumirlo, nos parece que es más útil considerar esta fruta tal como es: rica en azúcares y suministradora de una cantidad importante de calorías. En realidad, en los países mayores consumidores de esta fruta, la media diaria es de 40 calorías por habitante y no representa más que una pequeña fracción de lo que el organismo necesita. Es ante todo, un excelente postre y sólo adquiere el carácter de base alimenticia en aquellas zonas forestales del Ecuador, en las que la Musa paradisiaca equivale a la patata de las zonas templadas (4).

La Musa paradisiaca es un alimento altamente energético, cuyos hidratos de carbono son fácilmente asimilables; es pobre en proteínas y lípidos y no es suficiente como base de una alimentación completa. La comparación con otras frutas más comunes ha sido también efectuada y se puede ver en la tabla # 2.

Tabla # 2
Análisis Proximal en diferentes frutas (% p/p)

Fruta	Agua	Grasas	CHOs	Cenizas	Proteínas	Calorías
Manzana	84.6	0.5	14.2	0.3	0.4	64
Plátano	75.3	0.6	22.0	0.5	1.3	102
Cereza	80.0	0.8	16.7	0.6	1.0	81
Uva	77.4	1.6	19.2	0.8	1.3	144
Naranja	86.9	0.2	11.6	0.4	0.8	53
Melocotón	89.4	0.1	9.4	0.5	0.7	42
Ciruela	78.4	0.1	20.1	0.5	1.0	88
Fresa	90.4	0.6	7.4	0.6	1.0	40

Únicamente la uva presenta un valor energético netamente superior al de la Musa paradisiaca; éste contiene tanta vitamina C como la manzana, lo cual no se observa en el cuadro, duplicándose el contenido con la maduración de la fruta.

Los médicos aconsejan la pulpa de Musa paradisiaca como particularmente eficaz en caso de diarreas infantiles graves; es bien tolerada por el organismo y parece ejercer una favorable acción sobre la flora intestinal.

Los plátanos maduros son algo más que fuentes de fácil digestión de carbohidratos. Suministran energía y algo de vitamina C, pero muy poco de otros componentes. En cuanto a cantidad de nutrientes se equiparan a las papas, pero como se consumen en menor proporción, no son importantes como fuentes de nutrientes. Esta comparación ha sido repetidamente efectuada cuando se habla del valor energético de las dos clases de alimentos (tabla # 3) (7).

Tabla # 3
Análisis proximal y otros parámetros en musas y papas (base 100 gr)

Parámetros	Musas	Papas
Agua	70 %	78 %
Hidratos de carbono	27	19
Fibras	0.5	0.4
Proteínas	1.2	2.0
Materias grasas	0.3	0.1
Cenizas	0.9	1
β Caroteno ppm	2.4	13
Tiamina (B 1)	0.5	1
Riboflavina (B 2)	0.5	0.3-0.4
Niacina	7	12-14
Acido Ascórbico (C)	120	100 a 170
Fósforo	290	560
Energía en calorías (%)	104	82

B. Cambios químicos durante el desarrollo

La composición de la *Musa sapientum* cambia considerablemente durante la maduración. Se encontró que las azúcares totales incrementaron desde menos de 2 % en *Musa sapientum* verdes hasta aproximadamente 20 % en la fruta completamente madura. Las azúcares reductoras totales en la *Musa sapientum* parcialmente maduro fueron 3.69 %; en la fruta madura alcanzaron 7.45 % , un incremento de 32 a 38% de azúcares totales. La sacarosa incrementó de 7.95 a 12.08 %, pero en un porcentaje de base total de azúcares hubo un decremento de 68 a 62 %. La glucosa alcanzó 58 % y la fructuosa 42 % de los azúcares reductores totales, sin importar del estado de maduración. En una base de pulpa fresca, la glucosa incrementó de 2.24 a 4.21 %; la fructuosa lo hizo de 1.45 a 3.24 % (10) .

Algunos investigadores encontraron que la fruta madurada en el árbol desarrollaba sacarosa como el azúcar principal, mientras que la fruta cortada verde y subsecuentemente madurada poseía principalmente azúcares reductores (10).

Las azúcares en cada etapa de maduración se presentaban en relación de 20:15:65 para glucosa:fructuosa:sacarosa. Sólo se encontraron trazas de otras azúcares como maltosa y un trisacárido, un fructosilsacarosa. No hay cetoheptosas en la *Musa sapientum*. Ya que la

Musa sapientum posee un 75 % de agua, casi el 80 % de los sólidos consisten de la mezcla de sacarosa, glucosa y fructuosa. Se dice que esta mezcla inhibe el crecimiento bacteriano incluyendo el de Clostridium botulinum (12).

La humedad en la pulpa incrementó a medida que la fruta maduraba. Los Musa paradisiacas contienen la menor cantidad de agua y la Musa sapientum Gros Michel, la mayor cantidad de todas las variedades examinadas. Durante la maduración, la acidez titulable de la pulpa fresca incrementó a un máximo y después decreció de acuerdo con el curso de la hidrólisis de almidón. El % de almidón varió respecto de la variedad: se encontró que el Musa paradisiaca tenía la mayoría. El Musa paradisiaca fresco maduro (madurado por 17 días) contiene la misma cantidad de almidón que la Musa sapientum Gros Michel después de que éste ha sido madurado por sólo 5 días (10).

Tabla # 4
Cambios en los carbohidratos en la Musa sapientum durante la maduración

Maduración	totales %	solubles %	insolubles %
Verde	26.56	1.30	25.26
Maduro	19.00	17.02	1.98

Las hemicelulosas están presentes en una cantidad de 8 a 10 % en la fruta verde y decrecieron rápidamente hasta 1 a 2% durante la maduración. Este es un período de gran actividad metabólica en la fruta. La respiración es alta, la pulpa está recibiendo agua de la cáscara, y la actividad hidrolítica es alta. El almidón decrece durante este período, mientras que los azúcares y los ácidos incrementan. Al tiempo que el porcentaje de hemicelulosas en la pulpa de la Musa sapientum decrece, la acidez titulable incrementa y el pH del extracto disminuye. La pectina incrementa durante la maduración, y la protopectina disminuye. Esta se convierte por enzimas a pectina y después a ácido péctico (10).

Tabla # 5
Pectina y protopectina en la pulpa de Musa sapientum Gros Michel
(% peso)

Días de maduración	0	3	5	7	9	11
Pectina	0.27	0.36	0.34	0.37	0.4
Protopectina	0.53	0.56	0.31	0.34	0.21	0.22

La pulpa de la *Musa sapientum* maduro contiene de 0.5 a 0.7 % de pectina. Mientras la fruta madura, la fracción de pectina soluble al agua incrementa, y la pectina insoluble en agua y total disminuye. La pectinesterasa permanece constante durante la maduración. Se han detectado 6 formas de pectinesterasa por electroforesis de almidón. (12)

Carbohidratos: las principales azúcares del *Musa sapientum* maduro son sacarosa, maltosa, fructuosa y glucosa. La maltosa está presente en pequeñas cantidades. (10)

Acidos: el ácido principal es el ácido L-málico. El pH del *Musa sapientum* maduro varía desde 4.2 a 4.75 para la variedad Gros Michel. El pH del *Musa sapientum* verde varía de 5.02 a 5.45 (10).

Se han encontrado trazas de ácidos oxálico y cítrico en la pulpa. El ácido málico se incrementa substancialmente durante la maduración, mientras que el ácido oxálico se metaboliza y decrece. También se encontraron trazas de oxo ácidos y otros (12).

Enzimas: se encontraron amilasa, sacarasa, proteasa, lipasa, rafinasa y peroxidasa (10).

Entre muchas se encuentran 2 γ -amilasas, 2 β -amilasas y 3 fosforilasas. La actividad de la isozima incrementó durante la maduración y la actividad de la α -amilasa predominó. El calcio incrementó la actividad de estas isozimas. Se extrajeron la glucosa 6-fosfato, fructuosa 6-fosfato, fructuosa 1,6-difosfato y triosa fosfatos y las enzimas fosfofructokinasa, aldclasa y glucosa 6-fosfato deshidrogenasa de la pulpa durante el período de maduración (12).

Pigmentos: los pigmentos amarillos totales en la cáscara permanecen constantes a través de la maduración en el *Musa sapientum* Gros Michel. En el caso del *Musa sapientum* verde, la xantofila y el caroteno son enmascarados por la clorofila a y b (10).

Los pigmentos son insolubles en agua con un peso molecular en exceso de 4000 y un espectro de fluorescencia idéntico a la lipofucsina (12).

Taninos: durante el almacenamiento, la cantidad de taninos decrece. Pequeñas cantidades permanecen constantes en la pulpa y cáscara durante las etapas comestibles y postmaduración (10).

Todos los taninos (leucodelphinidina) en la pulpa madura son insolubles en agua y constituyen una alta fracción del residuo insoluble en agua. Esto no ocurre en el *Musa sapientum* verde donde el tanino es soluble en agua (12).

Sabores: se encontró que el acetato de amilo está presente en el aceite volátil del *Musa sapientum* (10).

Compuestos de nitrógeno: 1/3 del nitrógeno en la pulpa eran solubles en alcohol y 2/3 eran proteína. Sin embargo, sólo 0.7 % de la pulpa fresca es proteína. Esta proteína tenía un alto contenido de arginina. Las proteínas del *Musa sapientum* eran ricas en lisina y cistina pero bajas en metionina. Hay un incremento en la tasa de síntesis de proteínas durante la maduración. Sin embargo, ni el contenido de ARN en el tejido de la pulpa ni la composición base de ARN (ácido ribonucleico) cambió durante el climaterio. Ningún incremento en la cantidad de material ribosomal acompaña el incremento de la síntesis de proteínas. Las peroxidases son consideradas como factor importante en la maduración de las frutas y senescencia. Los aminoácidos libres más abundantes fueron histidina, serina, valina, leucina y arginina. Sólo la histidina llegó a 31 % de los ácidos libres (12).

Lípidos: aproximadamente 0.12 % es el contenido de lípidos en la pulpa fresca. Los ácidos insaturados, particularmente el linoleico y el palmitoleico decrecieron, mientras que el ácido esteárico incrementó. Algún 45% de los ácidos en la pulpa madura eran saturados. Los lípidos de la pulpa contienen 25 % de material insaponificable. Se encontraron varios triterpenos: cicloartenol, cicloeucanol y 24-metilcicloartenol. También se encontraron tres esteroides: campesterol, β -sitosterol y estigmasterol (12).

Compuestos volátiles: estos compuestos son en su mayoría una mezcla compleja de ésteres, pero los alcoholes, aldehídos, cetonas y compuestos aromáticos también estaban presentes. Un sabor parecido al del *Musa sapientum* le fue asignado a los ésteres amílico e isoamílico

de los ácidos acético, propiónico y butírico, mientras que alcoholes y carbonilos dieron olores descritos como verdes, a madera, etc. Se encontraron 7 constituyentes del sabor: acetato isoamílico, acetato isobutílico, acetato n-butílico, butirato isoamílico, alcohol isoamílico y butirato butílico (12).

El Musa paradisiaca: contiene aproximadamente sólo 66 % de agua comparado con el 75% del contenido del Musa sapientum. Aun cuando está maduro, tiene más cantidad de almidón que el Musa sapientum. Mientras que en los Musa sapientum maduros, 80 % de los sólidos consiste de azúcares y menos del 5 % de almidón, en el Musa paradisiaca el 66% de los sólidos son almidón y sólo el 17 % son azúcares. En las dos frutas, los lípidos, proteínas y la fibra están presentes como constituyentes menores en proporciones similares. Esto se puede observar en el tabla # 6.

Tabla # 6
Análisis proximal del Musa sapientum y el Musa paradisiaca (% por 100 gr)
Musa sapientum Musa paradisiaca

	Sólidos secos	Comestible	Sólidos secos	Comestible
Agua	75.7	-----	66.4	-----
Carbohidratos	22.2	91.4	31.2	92.8
Proteínas	1.1	4.5	1.1	3.3
Grasas	0.2	0.8	0.4	1.2
Cenizas	0.8	3.3	0.9	2.7

El Musa paradisiaca como el Musa sapientum es relativamente rico en ácido ascórbico (15-18 mg/100 g de pulpa) lo que se puede observar en la tabla # 7 y considerable contenido de carotenos. Los polisacáridos de la pared celular eran ricos en hemicelulosa (83.9%) y tenían un poco de celulosa (13.6%) pero muy poca lignina (2.1%). El carbohidrato más insoluble en alcohol fue el almidón, y se encontró muy poca pentosa. También se encontró norepinefrina, 5-hidroxitriptamina y dopamina en el Musa paradisiaca, así como en el Musa sapientum (12).

Tabla # 7

Contenido de nutrientes en Musáceas
(% de U.S. RDA/100 g) (12)

Nutrientes	Gros Michel	Musa paradisiaca Horn
Vitamina A	3.8	61.6
Acido Ascórbico	13.3	26.7
Vitamina B ₆	25.0	-----
Tiamina	3.3	2.9
Riboflavina	3.8	5.9
Niacina	4.7	4.0

C. Productos de Transformación

La conservación de la pulpa sin someterla a desecación presenta algunas dificultades, debido a que toma color cobrizo rápidamente como consecuencia de la acción enzimática; se la puede estabilizar adicionando jugo o zumo de limón por ejemplo, para conservarla en botes, después de reducirla a pasta (15).

La pulpa fresca puede utilizarse directamente en la fabricación de cremas heladas (12 bananas maduras para 20 litros de crema) o bien congelada, puede usarse en la composición de helados o de zumos combinados de diversas frutas. Se señala que en los Estados Unidos abundan las recetas culinarias en las que se utiliza el Musa paradisiaca, desde la más sencilla ensalada de frutas a las preparaciones más complicadas (15).

La pulpa del Musa paradisiaca verdes con las cáscaras desecadas, permite la obtención de una harina que puede emplearse en la preparación de las que se destinan a la alimentación de los niños; pero las más de las veces, con objeto de conservar el aroma de la fruta fresca se suele desecar la pulpa entera, o reducirla primero a pasta (15).

En el primer caso, se obtiene lo que se llama Musa paradisiaca seco o desecado, que durante la Segunda Guerra Mundial fue un producto alimenticio complementario no desdeñable, que podía ser exportado en barcos corrientes, y tenía muy poco volumen. En

los países productores, se crearon numerosas instalaciones más o menos sencillas para la desecación y la fabricación del *Musa paradisiaca* seco que permitió obtener una modesta ayuda económica a los plantadores, en espera de días mejores. Después de mondar y limpiar las frutas maduras, se pone la pulpa a secar (en algún tiempo se hacía al sol) en hornos con circulación de aire caliente; la temperatura no debe exceder de los 60 °C; el producto obtenido contiene según casos del 5 al 30 % de agua y su peso disminuye del 50 al 60 %. Desgraciadamente, es muy difícil evitar el color cobrizo de la pulpa, aunque se han hecho experimentos para obtener un producto relativamente claro. En todo caso, es necesario proteger el producto mediante embalajes o envolturas poco permeables al aire. Por tanto parece posible producir *Musa paradisiaca* seco de aspecto agradable, pero se ha de reconocer que no resulta muy atrayente para los consumidores o quizá, más prosaicamente, porque resulta más sencillo consumir la fruta fresca (15).

La desecación de la pulpa, convertida primeramente en pasta bastante fluida, permite obtener copos o harinas. Se utilizan varios métodos: el primero de ellos consiste en extender una delgada capa de pulpa de *Musa paradisiaca* sobre tambores o cilindros calentados a 150 °C. La película seca, una vez molida, permite obtener un producto que posee el aroma deseado, pero que por ser muy higroscópico, debe ser conservado en seco y al abrigo del aire, para evitar que tome el tono cobrizo. Otro procedimiento consiste en atomizar la pulpa, lo que permite obtener productos más finos y menos acaramelados. En algunos países productores han sido montadas fábricas para el aprovechamiento de los frutos no exportables (por falta de peso, defectos de la piel, etc...) pero cuya pulpa es sana (en Honduras, Ecuador, etc...). Los copos y las harinas se utilizan en pastelería, bollería y caramelos. No parece que por el momento se disponga todavía de mercados regulares e importantes para estos subproductos, aunque se continúan los estudios sobre el asunto(15).

D.Subproductos del *Musa sapientum*

Se ha tratado varias veces para obtener subproductos de la planta *Musa sapientum* comestible y su fruta, como por ejemplo, la fibra del árbol y las hojas, harinas, vinagre y

alcohol de la fruta. Lo único que se ha logrado, aunque alejado del éxito comercial, es la desecación parcial de la fruta, que es exportada de manera sencilla a Europa.

Se ha escrito más o menos acerca de la harina del *Musa sapientum* y del *Musa paradisiaca*, que es bastante nutritiva y fácilmente digerida. Es hecha a partir de *Musa sapientum* y *Musa paradisiaca* verdes. La fruta pelada es secada y molida, el contenido de agua se reduce a aproximadamente 10 a 15 % y los demás ingredientes se concentran. El producto es conocido comúnmente como harina de *Musa sapientum*, polvo de *Musa sapientum*, almidón de Pisang, harina de *Musa paradisiaca*, etc. Es tan importante como alimento en la dieta de algunas regiones tropicales como los cereales, trigo, fécula en países norteamericanos.

Por los análisis hechos por autoridades reconocidas, la composición promedio de la harina del *Musa sapientum* parece ser de 12.6 % de agua, 3.4 % de proteínas, 0.8 % de grasa, 78.9 % de sustancias libres de nitrógeno, 1.3 % de fibra cruda y 2.9 % de cenizas. Las sustancias libres de nitrógeno o carbohidratos consisten principalmente de almidón (usualmente 45-75 % de la harina), un poco (0-7%) de azúcar, y los remanentes dextrina, pectina, etc.

La palabra "harina" es realmente un nombre inapropiado para el alimento hecho polvo, que más se asemeja en apariencia a la leche malteada, contenido alimenticio y uso. El *Musa sapientum* hecho polvo no se debería considerar como una harina ordinaria, ya que sus méritos peculiares la colocan en una clase por sí misma, distinta de las harinas de cereales comunes. Su costo es también más alto que el de una harina o un cereal alimenticio. La razón para esto es muy clara cuando se considera que en aproximaciones figuradas, varios *Musa sapientum* son en peso, 10 % de tallo, que la cáscara de cada uno representa 35 % de su peso, y que la pulpa remanente es 72 % de agua. A esta razón se figura rápidamente que el promedio de los varios *Musa sapientum* producirá sólo de 4 a 6 libras de la harina.

Aunque en años recientes las harinas nunca se han producido de forma científica ni sanitaria, este producto no es una novedad, ya que las harinas del *Musa sapientum* y el *Musa paradisiaca* han sido producidas de forma primitiva en los trópicos por generaciones y usadas por los nativos para el alimento infantil.

Por muchos años, en Canadá y algunos de los países europeos han reconocido su valor dietario en la práctica médica. Es uno de los alimentos más digestibles de todos los que contienen almidón y de los más altamente nutritivos, por lo tanto especial para los inválidos, convalecientes, y aquellos que sufren de mala digestión (15).

El *Musa paradisiaca* es una planta permanente que crece prolíficamente en las partes cálidas y húmedas del sur de Nigeria donde las condiciones óptimas de 27 °C y 2000 mm de lluvia por año son fácilmente obtenidas. Los frutos son comidos en el estado fisiológico maduro e inmaduro después de cocinarlos o cocerlos en agua. Los métodos tradicionales de molienda son también usados en Nigeria para convertir el *Musa paradisiaca* crudo en una harina cruda no instantánea, especialmente para la preparación de un plato de almidón nigeriano. En los períodos de cosecha abundante, todos los frutos que no son utilizados se pierden debido al ataque microbiológico y a la senescencia. Esto se debe al almacenamiento inadecuado y al mal procesamiento (16).

Así, el *Musa paradisiaca* se procesa en harinas instantáneas por cocinado, secado en la estufa y molienda. En ese país también se midieron algunas propiedades físicas y químicas de muestras de harinas para observar la eficacia del método de producción para mantener una buena vida de anaquel durante el almacenamiento. Tales productos con buenas calidades de mantenimiento pueden ser usados como alimentos de bebés, pudines y salsas, todos para ayudar a utilizar las cantidades de sobra en los años de cosecha abundante (16).

Para la producción de estas harinas se usaron *Musa paradisiaca* inmaduros y maduros, inmediatamente después de la cosecha. La fruta se lavó con agua desionizada, pelada y cortada a la mitad. Todas las mitades fueron hervidas por 10 minutos en agua destilada y desionizada en ollas de aluminio. Las muestras cocinadas fueron rebanadas y

secadas en estufa a 76 °C por 10 horas. Se prepararon cuatro muestras de las rebanadas secadas moliéndolas en una licuadora. Las partículas pasaron a través de una malla de 425 µm. Las muestras se almacenaron a 5 °C por 5 meses y se les hicieron análisis posteriores de humedad, pH, azúcares reductores, ácido ascórbico, sodio, potasio, fósforo, calcio y hierro. También se hicieron evaluaciones sensoriales, reconstitución de agua y la presencia de mohos. Comparadas con otros alimentos, las harinas instantáneas pueden considerarse como buenas fuentes de potasio y adecuadas de sodio. Los niveles de fósforo son un poco más altos que aquellos de vegetales como espinaca, repollo y lechuga, pero son menores que aquellos en carnes, pescado, queso y huevos. Este nivel de fósforo es comparado favorablemente con el de la leche. También son fuentes moderadas de hierro (16).

Se consideran pobres fuentes de calcio junto con los cereales de trigo, azúcar oscura, papa, arroz, azúcar y grasa de cocinar. Los niveles de ácido ascórbico en las harinas de *Musa paradisiaca* inmaduro pueden incrementar la vida de anaquel de los productos por efectos antioxidantes. Los niveles mayores de elementos en la harina del estado inmaduro que del maduro se deben a pérdidas esenciales durante el cocinado. Es posible que las harinas del estado inmaduro ofrecieran más impedimento para dejar salir los elementos, por su estado de textura firme. Los parámetros más importantes designados por los consumidores permanecieron aun después de 5 meses de almacenamiento (16).

La harina preparada de *Musa sapientum* verde tiene propiedades espesantes y de cocinado parecidas a las de almidón aislado y pueden ser sustituyentes en muchos usos alimenticios con un costo bajo resultante. No es común que el almidón del *Musa sapientum* compita en costo con los almidones comúnmente usados en los alimentos. Los almidones con enlaces cruzados están bajo escrutinio por las agencias reguladores de los Estados Unidos. Si alguno de estos almidones son suspendidos en su uso en alimentos, el almidón de *Musa sapientum* sería un posible sustituto (9).

E. Otros productos del Musa sapientum en el mercado

Figs: la pulpa madura del Musa sapientum se seca en una estufa o al sol hasta 20 % de contenido de humedad. El producto tiene forma de fig en color y consistencia; es vendido como un snack a un mercado limitado (9).

Chips: las rodajas circulares de la pulpa madura, de 3 mm. de grosor son freídas en aceite vegetal o de coco y bañadas en miel o en una solución de azúcar. Las chips resultantes son dulces y crujientes pero tienen muy poco o ningún sabor a Musa sapientum. El producto es estable de 4 a 6 semanas y es vendido en tiendas de alimentos (9).

Hojuelas: la pulpa madura es homogenizada y deshidratada a un contenido de 5 % de humedad. Su color es más café que el del Musa sapientum y son usados como ingredientes alimenticios, en productos horneados y pudines (9).

Purée: la pulpa madura es homogenizada, esterilizada al vapor y empacada asépticamente; tiene una humedad de 75 %, con una consistencia moderada, un color y sabor parecidos a los del Musa sapientum. Es usado en alimentos para bebés, postres congelados, yogurt y productos de horneado (9).

Rodajas enlatadas: las rodajas son empacadas al vacío en un almíbar de 30 °Brix y procesado a 100 °C. El almíbar contiene sales de calcio para promover firmeza y ácidos orgánicos para bajar el pH. La textura de las rodajas tiende a ser variable y la intensidad del sabor es baja; la vida de anaquel es limitada (9).

Pepitas: son de color café amarillento y similares a las pasas en forma y tamaño, pero son secas y fluyen libremente. Tienen un contenido de agua de 10-15 % y una actividad de agua menor a 0.6 que previene el crecimiento de bacterias. Se rehidratan rápidamente a un color y textura como Musa sapientum frescos y tienen un aroma y sabor de Musa sapientum. Son estables por 100 días a 25 °C. Han sido incorporadas en mezclas de pasteles y son

reconocidas como pedacitos de *Musa sapientum* después del horneado. Tienen un potencial considerable para ser incorporadas en productos horneados, pudines y helados (9).

Rodajas secadas por vacío y ósmosis: la pulpa es cortada en pedazos de 6 mm de grueso, son sumergidas en un almíbar de 67-70 °Brix por 8-10 horas para remover el 50 % del agua por ósmosis. Las rodajas se quitan del almíbar, se desaguan y el exceso de almíbar se seca con un fino spray de agua. El contenido de humedad remanente se elimina hasta 2.5 % por vacío a 65-70 °C t a 10 mm Hg por 5-6 horas. Las rodajas se ensanchan de 2 a 3 veces durante la etapa de secado al vacío. Estas rodajas tienen un color y aroma igual al del *Musa sapientum*, son porosas y quebradizas. Su uso potencial es como snacks, dulces cubiertos de chocolate o como ingrediente en cereales o productos de panificación (9).

F. Métodos de deshidratación de *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum*

Secado de *Musa sapientum* al usar microondas y estufas de aire: por largo tiempo los promotores y los gobiernos de América Latina han estado interesados en la exportación de *Musa sapientum* rechazados procesados como trozos de *Musa sapientum* deshidratados, rodajas secadas en frío o como harinas secas de *Musa sapientum* inmaduros para alimento animal. Estos proyectos no han sido realizados principalmente por el alto costo de la energía usada para el secado. Desafortunadamente, el clima húmedo en las costas caribeñas de la América Central, donde se produce la mayoría de *Musa sapientum*, hace impráctica el uso de la energía solar par el secado. No es económico tampoco transportar las frutas a regiones donde el clima es más favorable.

Los países de América Central han invertido grandemente en proyectos de potencia hidroeléctrica en los años recientes, y las aplicaciones de la potencia eléctrica en procesos agro-industriales se están explorando. Por ejemplo, el secado industrial de pasta con microondas ha tenido éxito, con ahorros substanciales de energía, espacio del suelo, limpieza y mantenimiento. El calentamiento con microondas es ventajoso en los productos en que las razones de secado están limitadas por la transferencia de calor. La mayoría de los

productos de frutas han sido secados como espumas preparadas por la adición de un agente espumante a la pulpa; sin embargo, las frutas completas han sido secadas también (8).

Para hacer estos experimentos se utilizaron dos sistemas: una estufa microondas casera y una estufa de laboratorio con aire caliente. Se prepararon rodajas transversales de 1 a 2 cm de grueso de *Musa sapientum* maduros y verdes pelados sin pretratamiento alguno. La espuma fue preparada de *Musa sapientum* maduros pelados, sumergidos en una solución de bisulfito de sodio al 2% por 3 minutos, escurridos, desintegrados en un molino de martillos, mezclados con 1% p/p de albúmina seca de huevo y mezclada en una mezcladora Hobart por 5 min. Para el secado con aire caliente se hicieron tres pruebas. Las razones de secado para todas las muestras de rodajas en aire caliente fueron de 0.01 g/g min. y en el microondas fueron de 0.16 g/g min. Los tiempos de secado para las muestras en aire caliente fueron de 17 a 20 veces más largos que aquellos del microondas (8).

El análisis estadístico del diseño factorial que se designó para el estudio indicó que el grosor de las rodajas y el equipo usado de secado tiene efectos significantes en el secado. Las interacciones entre estado de maduración-grosor de rodajas, grosor de rodajas-equipos y la interacción triple fueron significantes. Un análisis de varianza que también se aplicó demostró que los tiempos de secado con microondas no tenían diferencia significativa mientras que los tiempos de aire caliente sí. Al final del experimento se concluyó que el secado con microondas puede intensificar la transferencia de masa por la difusión de vapor por mejor transferencia de calor que la del aire caliente, además que los tiempos de secado con el microondas son de 17 a 20 veces menores que aquellos con aire caliente (4).

Otros métodos de deshidratación:

Otros métodos utilizan el secado al sol; en otros la pulpa desintegrada puede ser secada dentro de un secador de tambor doble atmosférico, o puede ser finamente molida en un homogenizador y puede ser secada por spray, primeramente diluida con agua si es necesario disminuir su viscosidad. Las hojuelas producidas por secado en el tambor pueden ser molidas para producir un polvo fino. Este polvo o harina es usado para darle sabor a

bebidas como batidos y mezclas de helados de crema, y también terapéuticamente para el tratamiento de disturbios digestivos (17).

Usualmente hay un cambio en el sabor durante el secado y los productos no han sido generalmente aceptados donde se desea un sabor a fruta fresca. Los secados de espumas y vacío continuo han sido sugeridos pero estos requieren que se usen aditivos. Se ha propuesto el método de deshidratación osmótica de las rodajas de *Musa sapientum* como un método simple y barato para su preservación (12).

Hay varias formas de cocinar los *Musa paradisiaca* y los *Musa sapientum*. Pueden ser cocidos, cocinados al vapor, rostizados, horneados, fritos o fermentados a cerveza o vinagre. Se ha estimado que sólo la mitad de la fruta producida se come fresca. En el presente, la mayoría de la fruta rechazada derivada de la exportación se consume localmente verde, como alimento o como alimento para ganado. Los *Musa sapientum* tradicionalmente se han preservado como figs y usados como sustituyentes de las pasas en Jamaica. Las harinas, secadas en tambores o con spray han sido puestas en el mercado desde hace tiempo (12).

El *Musa sapientum* fresco es un snack ideal, y parte de esto es la razón por la cual los productos procesados del *Musa sapientum* no han sido desarrollados (12).

G. Características de Funcionalidad y Composición Química

En un estudio se determinó que la pulpa del *Musa paradisiaca* contiene 0.14 % y la cáscara un 0.31% de potasio. Teóricamente la harina de *Musa paradisiaca* verde con cáscara tiene 1779 mg de potasio; mientras que en este estudio se cuantificó 2513 mg de potasio (14).

En la siguiente tabla se presentan los contenidos de minerales en las diferentes muestras tratadas a diferentes temperaturas. Esto se observa en la tabla # 8.

Tabla # 8

Niveles de algunos minerales en las harinas instantáneas de *Musa paradisiaca*
(mg/100 mg de sólido seco) (16)

Muestras	Na	K	P	Ca	Fe
Harina de plátano maduro (76°C)	0.2	880.7	97.1	28.9	1.2
Harina de plátano inmaduro (76°C)	0.4	890.2	104.5	32.6	1.3
Harina de plátano maduro (90°C)	0.2	831.4	90.8	27.6	1.5
Harina de plátano inmaduro (90°)	0.3	846.5	101.1	30.2	1.7

En otro estudio se determinó que los contenidos de humedad de las harinas de *Musa paradisiaca* son menores que los de muchos alimentos comerciales deshidratados. Estos contenidos se lograron en parte por el uso de rodajas bastante delgadas, lo que incrementó la penetración del calor y las tasas de pérdida de humedad. Los incrementos de humedad fueron estadísticamente insignificantes. Se observa en la tabla # 9, que a pesar que las harinas de *Musa paradisiaca* madura, generalmente tenían mayor contenido de humedad que las del fruto inmaduro, las muestras de harina del fruto inmaduro tuvieron incrementos netos más altos durante el almacenamiento. Esta observación es consistente con los altos contenidos predecibles de almidón de la fruta inmadura, que corresponden a una mayor hidrofiliadad de las muestras inmaduras. (16)

Tabla # 9

Rango de contenidos de humedad en las harinas instantáneas de *Musa paradisiaca*
almacenadas a dos temperaturas por 5 meses
(%, media \pm SEM de 6 lecturas)

Muestras	5 \pm 1 °C	22 \pm 4 °C
Harina de plátano maduro (76°C)	1.2 \pm 0.4---1.7 \pm 0.6	1.2 \pm 0.3---1.4 \pm 0.5
Harina de plátano inmaduro (76°C)	0.8 \pm 0.2---1.4 \pm 0.3	0.8 \pm 0.2---1.3 \pm 0.4
Harina de plátano maduro (90°C)	1.1 \pm 0.1---1.4 \pm 0.3	0.9 \pm 0.2---1.2 \pm 0.2
Harina de plátano inmaduro (90°C)	0.6 \pm 0.1---1.1 \pm 0.4	0.6 \pm 0.1---1.0 \pm 0.6

(16)

El pH de las harinas no cambió significativamente durante el almacenamiento; esto refleja la capacidad amortiguadora de los sistemas. Los pequeños decrementos en el pH son

indicativos de la acumulación incipiente de los ácidos orgánicos concomitantes con procesos tales como oxidación de azúcares, reacciones de Maillard y caramelización. Las harinas del fruto inmaduro tenían valores más altos de pH que las del fruto maduro, lo que se debe a las síntesis de ácidos orgánicos en la maduración. Así, las harinas pueden ser clasificadas como medianamente ácidas, y esto, junto con los niveles de azúcar y las sustancias producidas del empardeamiento y otras reacciones, pueden ser los últimos determinantes de los sabores de las harinas instantáneas. En la tabla # 10 se pueden ver los valores de pH (16).

Tabla # 10

Rango de pH en las harinas instantáneas de *Musa paradisiaca* almacenadas a dos temperaturas por 5 meses
(%, media \pm SEM de 3 lecturas) (16)

Muestras	5 \pm 1 °C	22 \pm 4 °C
Harina de plátano maduro (76°C)	5.7 \pm 0.1---5.5 \pm 0.0	5.7 \pm 0.1---5.3 \pm 0.1
Harina de plátano inmaduro (76°C)	6.7 \pm 0.3---6.2 \pm 0.1	6.6 \pm 0.3---6.1 \pm 0.0
Harina de plátano inmaduro (90°C)	5.9 \pm 0.1---5.6 \pm 0.1	5.9 \pm 0.1---5.4 \pm 0.1
Harina de plátano inmaduro (90°C)	6.7 \pm 0.0---6.7 \pm 0.0	6.7 \pm 0.0---6.2 \pm 0.2

No se encontró ácido ascórbico en la harina de fruta madura; entonces las harinas se beneficiarían con la fortificación con este ácido. Inmediatamente después de procesarlas, se detectaron niveles de ácido ascórbico en las harinas de fruta inmadura. Parece que la maduración de las frutas lleva a la conversión del ácido L-ascórbico a azúcares, ya que éste es un derivado de la hexosa. (16)

El sabor y las características de la harina de *Musa sapientum* o de las hojuelas depende grandemente de la maduración de la fruta (17).

La producción de esta harina contribuye a aumentar la disponibilidad de alimentos ricos en energía y vitamina A, que son nutrientes deficientes en la dieta de la población guatemalteca. Hasta el momento, el desarrollo del producto ha llegado a la elaboración de la harina, hace falta conocer su composición química, así como las preparaciones elaboradas a partir de ella y la aceptabilidad de las mismas en la población. Se determinó el

valor nutritivo de una harina elaborada con 6 clases de *Musa sapientum* verde con cáscara, en el cual se incluyó el *Musa paradisiaca*, encontrándose en 100 gramos: 329 kcal, agua 11.4 g, 4.9 g proteína, 0.2 g de grasa, 2.9 g de fibra cruda, 3.7 g de ceniza y 76.9 g de azúcares (14).

En su estado verde, el plátano tiene un alto contenido de almidón, y se reportan contenidos hasta del 70 %, en base seca. Se aisló almidón de plátano al utilizar un proceso conocido como molienda húmeda, obteniéndose un rendimiento del 44 % en base seca. Se estudiaron procedimientos para el desarrollo de la licuefacción del almidón de plátano, con la finalidad de producir maltodextrinas con equivalentes de dextrosa menor de 20, al emplear para la hidrólisis enzimática una preparación comercial de α -amilasa (13).

Se lograron establecer las mejores condiciones para la producción de maltodextrinas, y se obtuvieron valores equivalentes de dextrosa entre un rango de -11, es decir, a una concentración de 0.01 % (v/p) de α -amilasa e incubando a 72 °C por 15 minutos. Las maltodextrinas son polisacáridos nutritivos obtenidos de la hidrólisis del almidón cuyo grado de hidrólisis determina la funcionalidad de cada maltodextrina y depende directamente de su valor de equivalente de dextrosa. Son utilizadas como proveedoras de cuerpo, controladoras de higroscopicidad, agentes controladores de sabor dulce, estabilizador de espuma y retardar el crecimiento de cristales de hielo (13).

Las maltodextrinas encuentran aplicaciones en alimentos de bebé, bebidas, productos cárnicos, confitería, lácteos, en la preparación de mezclas secas, en postres y productos congelados, productos farmacéuticos, productos de panificación y "boquitas", así como sustitutos de grasa. La búsqueda de fuentes alternativas para aislar almidón como lo es el plátano verde, representa una buena opción, sobre todo por las pérdidas enormes que existen de este fruto, ya que su maduración se realiza en forma acelerada (13).

En las siguientes tablas se encuentran minerales, análisis proximales y nutrientes.

Tabla # 11

Valor mineral en miligramos por cada 100 gramos de alimento para banano

Ca	P	Fe	Cu	NaCl	Na	K	Predominio acido-basico
6	28	0.59	0.17	151	3	249	7.15

(5)

Tabla # 12

Valor proximal en gramos por cada 100 gramos de alimento para banano

Carbohidratos	Proteínas	Grasas	Agua (ml)	Celulosas
20.2	1.3	-----	73.5	1.8

(5)

Tabla # 13

Valores de nutrientes en banano y plátano con cáscara

Fruta	gramos	Agua %	calorías	proteínas	grasa	Acidos saturados	Acidos monoinsaturados	Acidos poliinsaturados
Plátano	179	65	220	2	1	0.3	0.1	0.1
Banano	114	74	105	1	1	0.2	trazas	0.1

(11)

Tabla # 14

Valores de nutrientes y minerales para banano y plátano con cáscara

Fruta	CHO (gr)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	K (mg)	Na (mg)	Vit. A (IU)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Acido ascórbico (mg)	Niacina (mg)
Plátano	57	5	61	1.1	893	7	2020	0.09	0.1	33	1.2
Banano	27	7	23	0.4	451	1	9	0.05	0.11	10	0.6

(11)

Tabla # 15

Valores de aminoácidos para plátano en porción de 100 g.

Fruta	Factor de conversión	Proteína por ciento	Metionina (mg)	Triptófano (mg)	Lisina (mg)
Plátano	6.25	0.9	2	3	22

(1)

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A) Fuente de Materia prima: se utilizó más de una mano de *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum*. Las manos fueron de fruta verde recién cortada.

B) Método de deshidratación: el método para la deshidratación de la pulpa y cáscara de las frutas fue el de aire caliente dentro de un horno. Para empezar se tomaron lotes al azar de las manos de las dos frutas y se pusieron todas en cantidades iguales de manos dentro de una caja de cartón y se taparon con papel. Se sabía qué lote pertenece a qué muestra. El primer día se tomaron muestras al azar del día cero y se colocaron las frutas en agua caliente por cinco minutos para que fuera más fácil el corte de la cáscara.

La cáscara se secó y se guardó en una bolsa plástica dentro de la refrigeradora. Antes de pelarse en el agua caliente se pesaron las manos. Después de peladas se pesó tanto la pulpa como la cáscara para establecer al final el cambio de peso. Esto se hizo para determinar qué cambios sufre el peso, tanto en la maduración como en la deshidratación, si aumenta o disminuye. Después de pesada la pulpa se introdujo en el horno para ser deshidratada a una temperatura constante y luego se pasó a un molino. Este procedimiento se realizó en duplicado. Se tomaron datos para establecer las curvas de deshidratación.

C) Método de evaluación: se evaluó la "calidad de la materia prima". Para principiar se evaluó una muestra verde, y otras tres con diferentes días de maduración (2,4 y 6 días). El período de maduración se dejó entre 2 a 6 días. Se realizaron dos repeticiones para cada muestra y el análisis estadístico con que se trataron los resultados fue el Análisis de Varianza, en el cual las fuentes de variación son la clase de fruta y los períodos de maduración.

D) Métodos químicos y físicos:

- ▲ Análisis proximal y de potasio (2)
- ▲ Solubilidad (2)

- ^ Densidad (2)
- ^ Viscosidad (2)
- ^ Tiempo de sedimentación
- ^ Formación de espuma
- ^ Granulometría
- ^ Absorción de grasa y agua (18) y (6)

VII. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A. Preparación de Muestras

Para principiar a hacer los análisis se necesitaba elaborar las harinas. Se empezó con los plátanos. Estos tenían un color verde en la cáscara y un color amarillo pálido y rosado en su interior. Los plátanos se cortaron en trozos con un cuchillo y se les quitó la cáscara. La pulpa se cortó en rodajas y tanto éstas como la cáscara fueron introducidas al horno que estaba a una temperatura entre un mínimo de 62°C y un máximo de 64°C. Este mismo procedimiento se hizo con el banano el cual también tenía un color verde en su cáscara y un color amarillento y blanquecino en su pulpa. Las frutas se secaron a 0,2,4, y 6 días de maduración.

Cada diez minutos se tomó el peso de una porción de la fruta en un sartén. Esto se hizo 10 veces, después se tomaron los pesos cada veinte minutos por 6 veces y por último se tomaron los pesos cada media hora por 4 veces, para un total de 340 minutos. El agua evaporada de cada porción de días de maduración se puede ver en las gráficas # 1 y 2 para las dos frutas. Se puede ver que a medida que la fruta va madurando, menor es el porcentaje de agua que se pierde. Esto se debe a que mientras la fruta madura, el almidón en su interior se va convirtiendo en azúcares, los cuales entre mayor concentración tengan dentro de la fruta, más retienen el agua y no la dejan salir.

Después de llegar a un peso constante, las hojuelas de las frutas fueron molidas en un molino de martillo. La cáscara fue molida aparte. El color de la cáscara es café oscuro y la harina resultó con este mismo color. El color del harina de plátano fue amarillento; mientras que el del harina de banano, amarillo pálido.

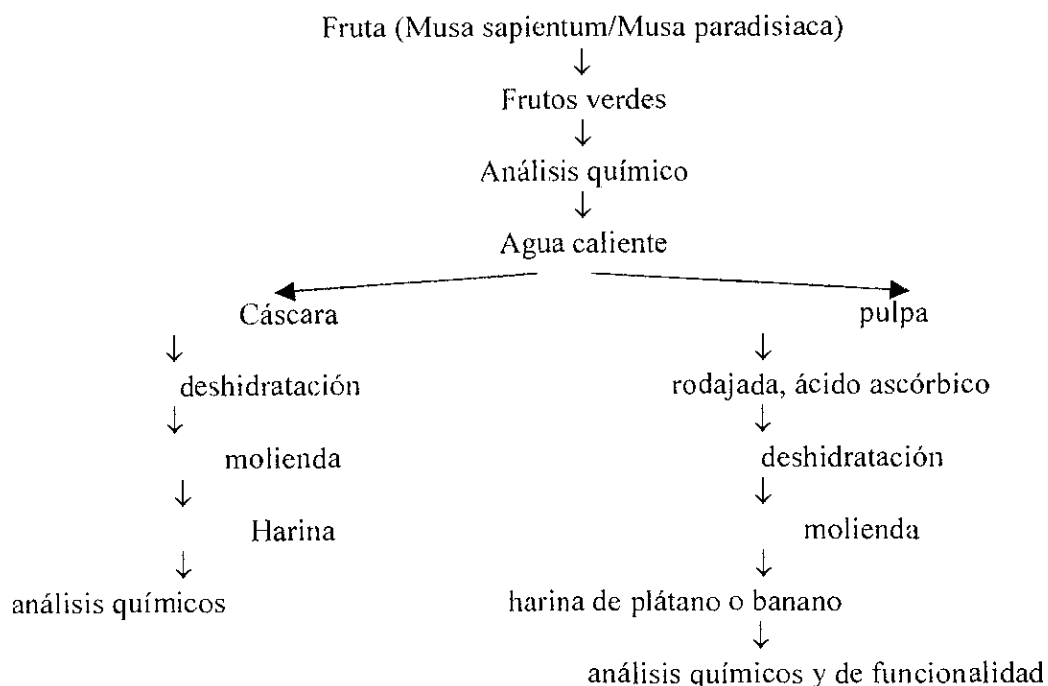
A las harinas preparadas se les realizó pruebas para obtener su viscosidad, densidad, cantidad de agua absorbida, poder de disolución en agua, capacidad de formación de espuma, cantidad de aceite absorbido. También se realizó un análisis proximal para determinar humedad, proteínas, cenizas, carbohidratos grasa y potasio, tanto en la harina de la fruta como en la de la cáscara.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados fueron analizados estadísticamente por medio del método de análisis de varianza, para evaluar los efectos de variedad de fruta, edad de maduración y las interacciones en las variables químicas y funcionales a estudiar.

Los experimentos se hicieron en duplicado, es decir, cada análisis químico y físico se realizó dos veces para cada una de las muestras. Este tipo de análisis estadístico es el más adecuado para el número de corridas que se realizaron, primero porque son pocas corridas para cada muestra y segundo porque da la mejor aproximación a los valores reales de cada resultado. Las actividades se ven en el diagrama de flujo.

Diagrama de flujo



VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las gráficas # 16 y 17 se puede observar que todas tienen tendencia a descender, lo cual es normal, ya que cada vez se pierde menos agua hasta llegar a una región donde la pérdida de agua es constante. Por último se llega a una región donde ya no se pierde más agua. Esto se puede ver tanto en las gráficas de secado de plátano como en las de banano. Hay que hacer énfasis en que las curvas de las gráficas muestran cantidad de agua pérdida, y no muestran la humedad final de las hojuelas de las frutas. La única información que dan las gráficas es de la humedad que se perdió en total, pero no indican la humedad final de la fruta; la humedad final de las harinas se determinó después.

Tabla # 16: porcentaje de agua evaporada en el plátano

Días de maduración del plátano	Peso inicial del plátano (gr)	Peso final del plátano (gr)	Porcentaje de agua evaporada
0 días	101.3	39.2	61.3%
2 días	30.6	10.2	66.7%
4 días	42.55	13.6	68.0%
6 días	52.1	20.8	60.1 %

Gráfica # 1: Curvas de secado de plátano

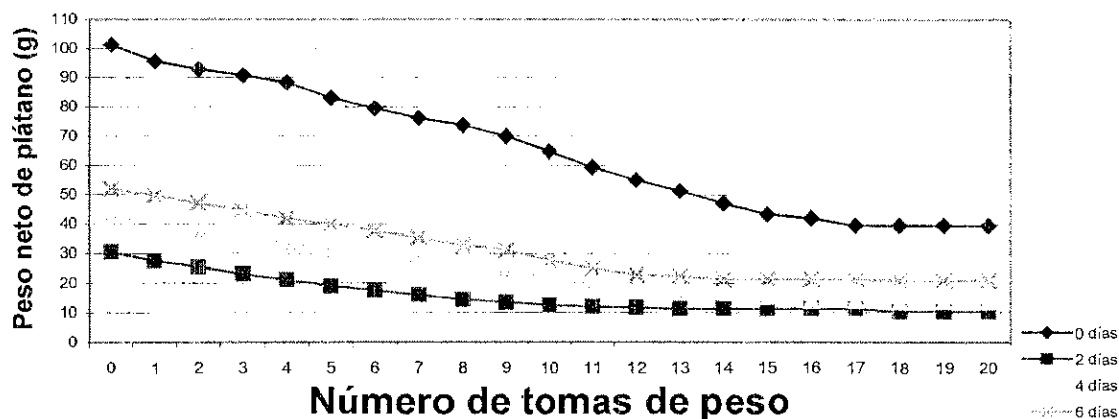
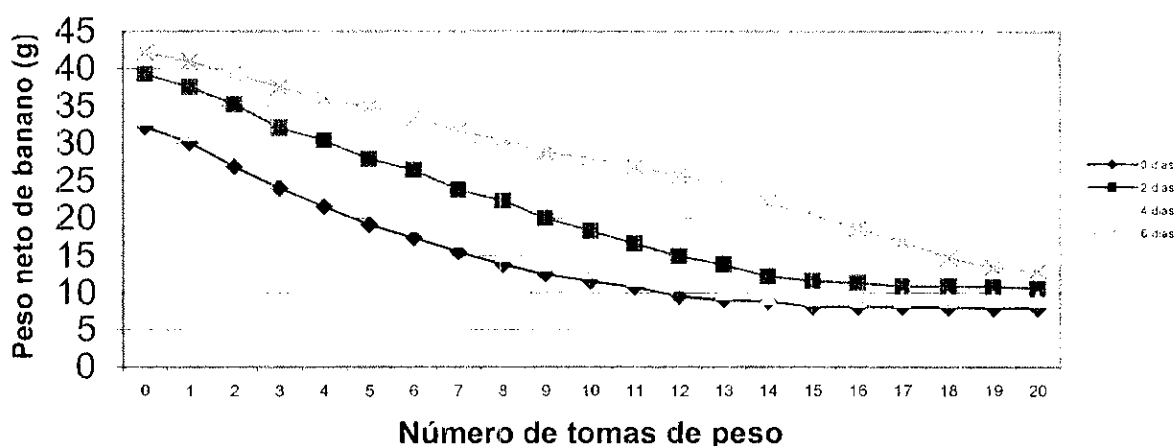


Tabla # 17: porcentaje de agua evaporada en el banano

Días de maduración del banano	Peso inicial del banano (gr)	Peso final del banano (gr)	Porcentaje de agua evaporada
0 días	32.5	7.9	75.47 %
2 días	39.3	10.6	73.03 %
4 días	33.5	9.1	72.83 %
6 días	42.2	13.01	69.13 %

Gráfica # 2: Curvas de secado de banano



2. Análisis proximal de harinas de plátano y banano:

a) Plátano

El análisis estadístico de la grasa en plátano indica que los cuatro tratamientos o períodos de maduración, fueron diferentes. En la tabla # 18 se puede ver que los tratamientos no tienen relación. Al ver los resultados, no se observa una relación entre los días de maduración y el contenido de grasa en la harina de la pulpa del plátano. Se ve que aunque los valores son estadísticamente diferentes, el valor de la grasa se mantiene casi constante durante la maduración de esta fruta.

Tabla # 18: Análisis proximal de la harina de plátano.

Días de maduración	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteínas (%)	Cenizas (%)	Monosacáridos (% mg/100gr)
0	10.68 C ± 0.17	0.48 C ± 0.0011	5.21 A ± 0.12	3.29 A ± 0.057	3.85 B ± 0.03
2	10.33 B ± 0.15	0.50 B ± 0.0023	5.18 A ± 0.13	3.26 A ± 0.016	46.5 B ± 0.28
4	11.25 A ± 0.12	0.53 A ± 0.0045	5.17 A ± 0.09	3.99 B ± 0.092	32.62 B ± 0.027
6	10.66 C ± 0.15	0.40 D ± 0.0036	5.18 A ± 0.078	3.16 A ± 0.0015	278.17 A ± 0.72

* Letra diferente indica diferencia estadísticamente significativa.

En el parámetro de proteínas en la harina de plátano se ve que los días de maduración no afectan el contenido de proteínas en la harina. El análisis de varianza muestra que los tratamientos son iguales por tener la misma letra que los identifica como similares y que el contenido de proteínas se mantiene constante. Aunque F es mayor que P, no hay diferencia significativa entre los resultados de proteínas. El valor del porcentaje es el esperado, ya que la pulpa de plátano no contiene mucha proteína.

Los valores de cenizas en la harina de plátano son casi constantes ya que el análisis estadístico muestra diferencias entre tratamientos. Y si se observan bien los valores el resultado con la letra B no es tan diferente a los restantes, por lo que se puede decir que la cantidad de cenizas se mantiene constante a través de la maduración y que son los otros parámetros los que cambian para dar los diferentes porcentajes de sustancias químicas.

Los carbohidratos como glucosa, sacarosa y fructuosa en la harina de plátano resultaron con valores muy bajos. Primero hay que hacer notar que a medida que la fruta madura el porcentaje de monosacáridos aumenta, lo que significa que, entre más madura la fruta, mayor es la cantidad de almidón que se transforma en azúcares. Segundo hay que ver que los resultados de carbohidratos van desde valores bajos hasta muy altos porque durante estos días de maduración, el almidón empieza a transformarse en azúcar y el mayor porcentaje de carbohidratos se va a encontrar cuando las frutas estén bien amarillas. Al sexto día de maduración, las frutas apenas y empezaban a teñirse de amarillo. Esto no

significa que no haya azúcares, sino que los azúcares empiezan a ser producto de la transformación del almidón. Si se hubiera analizado la cantidad de almidón, ésta hubiera tenido valores altos en los primeros días de maduración, y bajos en los últimos días. El análisis de varianza muestra que hay diferencias estadísticas entre periodos de maduración.

Tabla # 19: Análisis proximal de la harina de banano.

Días de maduración	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteínas (%)	Cenizas (%)	Monosacáridos (% mg/100gr)
0	12.59 C ± 0.11	0.74 A ± 0.0022	6.75 B ± 0.092	3.29 A ± 0.0085	3.16 A ± 0.042
2	10.67 B ± 0.1	0.69 B ± 0.004	7.27 A ± 0.41	3.26 A ± 0.0085	7.29 A ± 0.078
4	10.23 A ± 0.13	0.48 C ± 0.0013	6.33 C ± 0.092	3.99 B ± 0.0057	9.60 A ± 0.57
6	10.9 D ± 0.15	0.35 D ± 0.0001	6.89 B ± 0.057	3.16 A ± 0.0078	9.33 A ± 0.11

b) Banano:

Se ve en la tabla # 19, que a medida que la fruta va madurando el porcentaje de grasa va disminuyendo. En la tabla se puede ver que el análisis estadístico arroja la conclusión que los tratamientos son diferentes. Hay que tomar en cuenta también las degradaciones a la que este parámetro es sometido, ya que al estar en la pulpa y al ser calentada para producir la harina, mucha grasa se pierde por evaporación y las transformaciones bioquímicas a ácidos grasos y otros compuestos volátiles que no se disuelven tan fácilmente en hexano en el momento de la extracción. Al comparar estos resultados con los del plátano, se puede decir que los contenidos de grasa son similares.

Los valores de proteína en la harina de banano fueron estadísticamente diferentes para los días de maduración. En general, esta harina contiene más proteína que la del plátano. Por esta razón, se puede utilizar como una mejor opción para un producto como bebida nutritiva.

Los valores de ceniza en la harina de banano resultaron ser muy similares a los de la harina de plátano y aunque se ve que hay tres diferencias para 4 tratamientos los valores son muy similares. Igual que en la maduración del plátano, se puede decir que las cenizas se mantienen constantes, mientras que las demás sustancias químicas son las que se transforman y dan los diferentes porcentajes de demás sustancias.

En los resultados de monosacáridos en la harina de banano, se encontró que los valores estadísticamente hablando no tuvieron diferencia significativa. Aun así, se ve que los valores de carbohidratos aumentan a medida que la fruta va madurando. Este comportamiento es el mismo que en las harinas de plátano. El porcentaje de carbohidratos para cuatro días de maduración es mayor que para 6 días, aunque no por mucha cantidad, lo que da a entender que entre 4 y 6 días de maduración, el cambio no es significativo y la cantidad de almidón transformado es constante entre estos días de maduración. Además, se puede ver que el almidón se transforma en azúcares de una manera más lenta y en menor cantidad que en el plátano, ya que mientras en el banano se tiene un porcentaje debajo de diez a los seis días de maduración, el plátano tiene un valor altísimo a estos mismos días de maduración.

Al hacer la comparación entre harinas, la que tiene más carbohidratos es la de plátano, lo que lleva a decir que la diferencia es significativa al ver los resultados de las tablas 3 y 4. Para hacer un producto de estas harinas, es preferible elaborar uno con harina de plátano, aunque se podría utilizar de sustituto el banano como proveedor de energía.

Con el análisis proximal, se puede decir que la harina de banano es bastante similar a la harina de plátano, exceptuando en la cantidad de carbohidratos y su proteína, pero se puede utilizar como un producto sustituto si se requiere que aporte energía. Hay que hacer notar que para obtener una harina con el mejor aporte de energía, se debe esperar a que el plátano o el banano lleguen a un estado de maduración donde el color sea amarillento, pero no al primer día que tome a este color, sino a un tiempo en el que el color permanezca y haya llegado a su plenitud. También hay que tomar en cuenta que el proceso de secado tiene que llevar la misma temperatura pero con un mayor tiempo de residencia dentro del

horno, ya que una temperatura más alta puede dañar las sustancias químicas de las frutas. La razón de que aumente el tiempo de residencia es porque mientras más carbohidratos se hayan desarrollado a partir del almidón, más absorberán la humedad presente y será más difícil que se evapore.

3. Análisis de Macro y Micro elementos:

a) Plátano

El análisis de varianza para el potasio muestra que hay diferencias entre tratamientos, lo que se puede ver en la tabla # 20. Se puede decir que el plátano tiene una buena absorción del mineral potasio, ya que los valores presentados son altos, en comparación con el resto de minerales, exceptuando al fósforo. Se puede utilizar esta harina como un producto que supla potasio.

Tabla # 20: Análisis de macro y micro elementos en harina de plátano en (mg/100 gr)

Días de maduración	Potasio	Fósforo	Magnesio	Manganeso	Zinc	Hierro	Cobre
0	138.0 A ± 0.71	85.0 C ± 2.12	1.4 A ± 0.71	0.008 A ± 0.0014	0.076 B ± 0.012	1.6 B ± 0.92	0.05 A ± 0.011
2	140.0 A ± 0.71	90.0 BC ± 1.9	1.2 B ± 0.72	0.017 A ± 0.002	0.059 C ± 0.011	1.3 BC ± 0.89	0.03 D ± 0.011
4	125.0 C ± 0.72	95.0 A ± 1.92	1.3 AB ± 0.72	0.018 A ± 0.002	0.055 C ± 0.010	1.2 C ± 0.86	0.03 C ± 0.013
6	130.0 B ± 0.74	100 B ± 2.12	1.3 AB ± 0.72	0.015 A ± 0.002	0.093 A ± 0.012	2.3 A ± 0.9	0.04 B ± 0.011

La cantidad de fósforo en la harina de plátano resultó alta, con diferencias estadísticamente significativas entre días de maduración.

Se analizó también el elemento magnesio y se encontró que tiene un nivel mayor que el de fósforo. Por el análisis de varianza se nota que aunque hay dos diferencias para los cuatro tratamientos, los últimos días de maduración tienen similitud con los primeros días, por lo que se puede decir que la maduración no afecta a la absorción de magnesio.

Se determinó también el manganeso, pero los niveles resultaron muy bajos. El análisis de varianza determinó que la absorción del mismo permanece constante debido a que no hay diferencias y que los valores son muy parecidos. Pero no se puede tomar esta harina de plátano como buen suplemento de manganeso.

Por medio del análisis de zinc se ve que en la harina de plátano hay tres diferencias para los días de maduración. Tampoco se encuentra una razón de absorción definida, ya que los valores bajan y suben durante la maduración. Los resultados son mayores a los del manganeso pero menores al magnesio. Se puede decir que la absorción de este elemento es constante entre 2 y 4 días.

Se analizó hierro en la harina de plátano y dio resultados con tres diferencias para cuatro días de maduración. En la tabla se nota que a los seis días de maduración la absorción se vuelve mayor, lo que representa un comportamiento de absorción sin un patrón definido. Esto se puede deber a que en los momentos en que la fruta tiene más días de maduración, se absorbe más hierro para que se den las reacciones necesarias para producir los pigmentos que le dan el color amarillo a la pulpa y a la cáscara misma.

Se ha determinado cobre en la harina de plátano. Las concentraciones de cobre fueron mínimas, con diferentes concentraciones en los días de maduración. Ya que los concentraciones son muy pequeñas, no se puede decir que haya un patrón de absorción de cobre en esta fruta, lo que lleva a pensar que la absorción es mínima y se mantiene entre rangos constantes y pequeños.

b) Banano

Tabla # 21: Análisis de macro y micro elementos en harina de banano en (mg/100gr)

Días de maduración	Potasio	Fósforo	Magnesio	Manganeso	Zinc	Hierro	Cobre
0	165.0 A ± 0.72	12.0 A ± 0.28	1.6 A ± 0.7	0.057 C ± 0.013	0.046 C ± 0.012	3.6 A ± 0.84	0.01 A ± 0.01
2	163.0 A ± 0.75	11.0 A ± 0.27	1.5 B ± 0.71	0.084 A ± 0.014	0.057B ± 0.013	1.1 B ± 0.085	0.01 A ± 0.01
4	155.0 B ± 0.75	11.0 A ± 0.27	1.4 A ± 0.71	0.065 B ± 0.013	0.070 A ± 0.013	8.3 C ± 0.085	0.01 A ± 0.01
6	160.0 A ± 0.75	11.0 A ± 0.27	1.5 A ± 0.71	0.040 D ± 0.013	0.058 B ± 0.013	8.9 C ± 0.087	0.01 A ± 0.01

La cantidad de minerales se resume en la Tabla # 21.

Los niveles de potasio en las harinas de banano resultaron superiores a los de plátano. Por el análisis estadístico se ve que hay diferencias para cuatro tratamientos, lo que indica que la absorción de potasio se mantiene constante durante los días de maduración. También hay que tomar en cuenta que el valor de los resultados son muy similares y que son valores en partes por millón, la diferencia no es significativa. Además, al hacer un producto como proveedor de potasio, se puede preferir esta harina a la de plátano, como mejor suplemento de este mineral, sin descartar la de plátano.

Al hacer una bebida a partir de las harinas de estas frutas, se pueden aprovechar las dos en una forma que sean un suplemento de potasio, ya que aunque hay diferencia entre sus niveles, la cantidad es significativa para ser suplementos de potasio.

En los resultados de fósforo se encontró que los niveles son más altos que en el plátano. No se puede decir que sea una mejor fuente de fósforo, ya que los valores son similares. Al ver los resultados del análisis de varianza, se ve que todos los tratamientos son similares, por lo que la absorción de fósforo es constante durante la maduración.

Los niveles de magnesio en la harina de banano resultaron mayores que en la de plátano. El análisis de varianza muestra que no hay diferencia entre los cuatro tratamientos, por lo que se puede decir que la absorción de magnesio es constante.

En los niveles de manganeso en la harina de banano se encontró que por el análisis estadístico hay cuatro diferencias para los cuatro tratamientos. Aun así, en el banano hay mayor cantidad de manganeso que en el plátano. Los valores entre días de maduración varían, pero no se puede decir que no existe una razón de absorción de manganeso en forma constante.

Los niveles de zinc en la harina de banano se encontraron muy similares a los de la harina de plátano y tampoco se encontró una razón de absorción definida. El análisis de varianza muestra que dos tratamientos son similares, pero la diferencia en días de

maduración es de 4 días, por lo que se corrobora la ausencia de una razón definida de absorción.

El hierro en la harina de banano también fue determinado. Aquí la relación se dio al revés que en la harina de plátano. A los cero días de maduración, el contenido de hierro fue alto, mientras que para el resto de días la concentración fue disminuyendo. Aquí se puede decir que la planta absorbe bastante hierro desde un principio, para que luego las reservas se mantengan y ya no se tenga que gastar energía absorbiéndolo de las ramas en lo que resta de la maduración. El análisis estadístico muestra tres diferencias para los días de maduración y la igualdad permanece de 4 a 6 días de maduración. La absorción en estos días se hace constante y mínima.

Las concentraciones de cobre en la harina de banano fueron mayores que en la harina de plátano por lo que se puede preferir esta harina como suplemento de cobre. Los niveles, aunque son más altos en esta fruta siguen estando en rangos pequeños. Se ve que es constante la absorción de cobre mientras la fruta va madurando.

Al ver los resultados del análisis de minerales, se ve que la harina de banano es superior en concentraciones de elementos a la harina de plátano. Se dice superior porque muchos valores son más altos, pero no quiere decir que la supere por un alto porcentaje. Hay algunos elementos como manganeso y zinc cuyos resultados parecieran iguales o simplemente su absorción en ambas frutas es constante durante los días de maduración y se mantiene entre rangos similares para las dos frutas.

El elemento que más atención le debe poner es al potasio. Este elemento resultó más alto en la harina de banano que en la de plátano y con una diferencia grande. Realmente se pueden utilizar las dos harinas como suplementos de potasio y si se quiere elaborar un producto con la máxima cantidad de potasio se pueden combinar para mejorar los niveles de concentración. Dado que durante los días de maduración la absorción de potasio es casi constante, la combinación de las mismas puede hacer que los niveles de potasio en el

producto se incrementen y no se necesita de un día específico de maduración para hacer este producto.

Asimismo se pueden incrementar los niveles de los demás elementos al momento de hacer una combinación de las dos harinas, pero aun así no se considera que sea un buen suplemento de los demás elementos. Aquí se debe hacer excepción del fósforo y magnesio, cuyos niveles son más altos que los demás.

Por las diferencias encontradas en las tablas 5 y 6 donde se presentan los resultados de macro y microelementos, se puede decir que las cantidades variaron porque al estar las frutas bajo una deshidratación, y sabiendo que estos elementos son solubles en agua, se pudo perder parte de ellos cuando el agua salía de la fruta, por el efecto del calor.

4. Análisis de Propiedades Funcionales:

Estos análisis fueron realizados a las harinas para observar su comportamiento y concluir sobre cuál es la mejor para elaborar una bebida como un atol u otro alimento. Para esto se analizó pH, tiempo de disolución, granulometría, absorción de agua y aceite, solubilidad, densidad, viscosidad y formación de espuma.

a) Plátano

Tabla # 22: Granulometría en harina de plátano en porcentaje en peso

Días de maduración	Mesh 20	Mesh 60	Mesh 100	Mesh 200	Mesh 325	Fardo	Total
0	2.97 B ± 0.0071	17.46 D ± 0.021	12.90 C ± 0.21	32.19 C ± 0.078	27.83 A ± 0.082	6.64 A ± 0.012	100
2	1.54 D ± 0.021	19.87 B ± 0.32	12.85 BC ± 0.18	40.05 A ± 0.082	23.44 B ± 0.32	2.25 B ± 0.012	100
4	2.60 C ± 0.35	18.60 C ± 0.14	14.83 B ± 0.2	34.59 B ± 0.08	23.15 B ± 0.29	6.22 A ± 0.015	100
6	7.83 C ± 0.021	46.92 A ± 0.085	21.90 A ± 0.22	18.54 D ± 0.21	4.09 C ± 0.014	0.60 C ± 0.015	100

La granulometría en harina de plátano se muestra en la tabla # 22. Al ver los resultados se observa que para las harinas hasta 4 días de maduración tienen casi los mismos porcentajes de peso en todas las mallas. Sin embargo en la malla No. 200 es donde mayor porcentaje de harina se queda retenida. Esto significa que la harina es bastante fina y que el tiempo de sedimentación tiene relación con el tamaño de la partícula. En seis días de maduración ocurre lo contrario; en la malla No. 60 queda el mayor porcentaje de harina y muy poco en las mallas más finas. Aunque queda poco el tiempo de sedimentación, es influenciado por este pequeño porcentaje que queda en suspensión y que va sedimentando poco a poco.

Realmente la granulometría presenta valores muy aceptables para producir una bebida como atol, dado que a los 6 días de maduración aunque el mayor porcentaje de harina queda en la malla No. 60, el tamaño de la partícula es adecuado para producir una bebida con un buen espesor.

b) Banano

Tabla # 23: Granulometría en harina de banano en porcentaje en peso

Días de maduración	Mesh 20	Mesh 60	Mesh 100	Mesh 200	Mesh 325	Fardo	Total
0	3.57 AB ± 0.012	33.48 B ± 0.065	32.02 C ± 0.07	27.82 C ± 0.06	2.83 C ± 0.002	0.27 C ± 0.001	100
2	3.00 B ± 0.012	27.52 C ± 0.062	28.99 D ± 0.065	34.23 A ± 0.072	5.70 A ± 0.002	0.54 A ± 0.001	100
4	3.89 AB ± 0.017	26.21 D ± 0.06	36.56 A ± 0.061	29.55 B ± 0.073	3.38 B ± 0.0023	0.40 B ± 0.002	100
6	4.75 A ± 0.0014	34.03 A ± 0.066	36.40 B ± 0.059	23.15 D ± 0.072	1.44 D ± 0.0026	0.23 C ± 0.001	100

La granulometría en harina de banano se presenta en la tabla # 23. Los resultados presentan el mayor porcentaje de harina retenida en la malla # 100 de las harinas producidas hasta los 4 días de maduración. Esta harina se presenta más homogénea que la de plátano y aunque el tamaño promedio de partícula es mayor que el de la harina de plátano, sigue siendo adecuado para elaborar un atol. El tiempo de sedimentación sigue relacionado con el tamaño de partículas, que se puede ver en la tabla # 27.

Tabla # 24 : pH en harinas de plátano y banano.

Días de maduración	plátano	banano
0	6.12 A \pm 0.25	6.00 A \pm 0.32
2	6.10 A \pm 0.12	5.80 A \pm 0.021
4	6.20 A \pm 0.15	5.80 A \pm 0.042
6	5.10 B \pm 0.15	5.70 A \pm 0.071

Se determinó el pH de la harina de plátano en solución acuosa. El análisis estadístico muestra que hay dos diferencias para el valor de pH en los diferentes días de maduración, y a los seis días de maduración se nota que el pH se acidifica un poco. Esto se debe a que mucha de la grasa presente se va transformando bioquímicamente en ácidos grasos, lo que le va bajando el pH a las harinas de manera moderada. Esto se ve en la tabla # 24.

Al determinar el pH de la harina de banano, se notó que éste es ligeramente más ácido que el de la harina de plátano y esto concuerda con los valores de grasa que son más altos en banano que en plátano. Mientras más grasas se vuelvan ácidos grasos, más bajará el pH. De esta forma se puede ver cómo se da esta relación. Además, el análisis estadístico muestra que no hay diferencia entre los valores de pH de los días de maduración. Esto se ve en la tabla # 24.

Tabla # 25 : Densidad en harinas de plátano y banano en (gr/ml)

Días de maduración	plátano	banano
0	0.40 C \pm 0.00028	0.73 B \pm 0.0018
2	0.74 A \pm 0.0016	0.74 B \pm 0.0018
4	0.72 A \pm 0.0061	0.71C \pm 0.0005
6	0.66 B \pm 0.0035	0.89 A \pm 0.0018

El parámetro de densidad de la harina de plátano muestra tres diferencias con el método estadístico. Se observa en la tabla # 25 que a los cero días de maduración, la densidad es baja; cuando sigue la maduración la densidad sube y se mantiene constante y al llegar a los seis días, la densidad baja un poco. Este parámetro puede ser aprovechado para elaborar una bebida a partir de los dos o cuatro días de maduración de la fruta, cuando la densidad tiene sus máximos valores, para que la misma bebida no salga tan rala.

La densidad de la harina de banano resultó mayor a la de la harina de plátano. Se puede apreciar en la tabla # 25 que los valores son más altos pero que tienden a mantenerse estables durante los primeros cuatro días de maduración y aumentan al sexto día. Seguramente se escogería esta harina para elaborar una bebida, ya que reduciría las probabilidades de que fuera una bebida rala.

Tabla # 26 : Viscosidad en harinas de plátano y banano en cP

Días de maduración	plátano	banano
0	21.15 A \pm 0.981	16.28 AB \pm 2.08
2	17.25 B \pm 0.5	19.13 A \pm 1.03
4	17.20 B \pm 0.41	15.40 B \pm 0.69
6	12.73 C \pm 0.9	17.93 C \pm 0.94

La viscosidad de la harina en una solución acuosa se midió con un viscosímetro. Por los resultados vistos en la tabla # 26, se puede ver que mientras más madura la fruta, la viscosidad de la harina de plátano va disminuyendo. Esto se puede deber a la disminución de la cantidad de almidón y la correspondiente transformación a azúcares. Mientras más almidón, la solución preparada tiende a agruparse y a formar grumos que no fluyen fácilmente. Mientras más almidón se haya convertido en azúcar, la solución fluirá más fácil.

Los valores de viscosidad se ven en la tabla # 26. La viscosidad es menor en la harina de plátano por lo que se escogería la harina de banano para hacer una bebida como atol, ya que éste se prefiere denso y viscoso y no muy ralo.

Tabla # 27: Tiempo de sedimentación en harinas de plátano y banano en (min)

Días de maduración	plátano	banano
0	34.35 D \pm 3.3	37.00 C \pm 1.4
2	41.14 C \pm 1.6	44.50 C \pm 2.1
4	74.34 B \pm 1.4	100.50 B \pm 6.4
6	83.08 A \pm 1.6	125.66 A \pm 3.8

Se midió el tiempo de sedimentación de la harina de plátano. Los resultados presentados en la tabla # 27 muestran que a medida que la fruta madura, la harina producida tiene un

tiempo de sedimentación más prolongado. Esto se debe a que las partículas no son tan pesadas y su densidad baja, haciendo que sean más finas y que tarden más en sedimentar.

Para el tiempo de sedimentación en la harina de banano ocurrió lo mismo. Se ve en la tabla # 27 que a medida que la fruta madura, la harina producida tiende a sedimentar más lento. Esto también se puede deber a la cantidad de almidón presente. Mientras más almidón, las partículas serán más pesadas y sedimentarán rápido y cuando haya más azúcares, las partículas serán más pequeñas y más lentas en sedimentar.

Al elaborar una bebida se debe tomar en cuenta que un tiempo de sedimentación más prolongado es el más aceptable, ya que los consumidores no esperarán a que en poco tiempo se forme un sedimento sino que toda la bebida tenga la fruta homogenizada en la solución. De manera que las dos frutas tienen un tiempo de sedimentación adecuado para hacer un atol.

Tabla # 28 : Absorción de agua en harinas de plátano y banano en (ml agua/100 gr

Días de maduración	plátano	banano
0	2.52 A ± 0.026	2.85 A ± 0.025
2	2.35 A ± 0.069	2.51 B ± 0.021
4	2.43 A ± 0.032	2.56 B ± 0.047
6	1.94 B ± 0.028	2.79 A ± 0.026

Se analizó la absorción de agua en la harina de plátano. Al observar los resultados en la tabla # 28, se ve que la harina procedente de fruta con 6 días de maduración presenta el menor porcentaje de absorción de agua. Esto se debe a que es la harina con mayor tamaño de partícula y dado que el resto tiene un tamaño bastante homogéneo, la absorción de agua es homogénea. Esto va corroborado con lo que muestra el análisis estadístico. Como el resto de las harinas tiene un menor tamaño de partícula, la absorción de agua aumenta, ya que hay más área de absorción. En cambio con la harina de partículas más grandes, el área de absorción se reduce.

En la absorción de agua en la harina de banano se encontró que fue bastante homogénea. Esto va asociado con la homogeneidad del tamaño de las partículas. Aunque se

ve en la tabla # 28 que hay dos diferencias por el análisis estadístico la absorción de agua va muy de la mano con la granulometría y ya que las partículas son pequeñas la absorción es proporcional.

Aún con estos valores de absorción de agua las dos harinas son buenas para mantenerse en un buen equilibrio con el ambiente al absorber poca humedad. Esto muestra que tendrían una ventaja para que la humedad no produzca la aparición de mohos y levaduras o insectos que se alimenten de las mismas. Al hacer un atol a partir de estas harinas, se debe asegurar que las bolsas que las contengan vayan cerradas al vacío.

Tabla # 29: Absorción de aceite en harinas de plátano y banano en (ml aceite/100 gr)

Días de maduración	plátano	banano
0	256.00 C \pm 14.14	253.00 C \pm 14.14
2	236.50 C \pm 28.28	266.00 BC \pm 14.14
4	335.00 A \pm 14.14	284.00 AB \pm 28.28
6	303.50 B \pm 28.28	305.00 A \pm 28.28

Se midió el porcentaje de absorción de aceite o grasa en las harinas de plátano. Se ve en los resultados de la tabla # 29, que en los primeros días de maduración la absorción del aceite disminuye y que en los siguientes cuatro días tiende a subir y bajar. El cálculo estadístico corrobora este comportamiento, ya que a los dos días de maduración la absorción de aceite baja, pero tiene similitud con el resultado de cero días de maduración. Cuando aumentan los días de maduración, la absorción de aceite aumenta y se mantiene casi constante. Aún con estas diferencias se puede apreciar que los valores son lo suficientemente altos para que puedan hacer aplicaciones de grasa o aceite como agentes fortificantes dado que se ha visto que el nivel de grasa es bajo.

El análisis anterior también se le hizo a las harinas de banano. En los resultados de la tabla # 29 se puede ver que a medida que aumentan los días de maduración, la absorción de aceite aumenta. Esto se debe una vez más a que el tamaño de partículas es más homogéneo que en la harina de plátano y por lo tanto la absorción se facilita por el área de absorción. También se ve que si se quiere fortificar una harina con aceite, se debe hacer a los seis días de maduración, ya que es cuando la harina absorbe más.

Tabla # 30: Disolución de harinas de plátano y banano en agua en (gr/ml)

Días de maduración	plátano	banano
0	6.62 B ± 0.17	6.61 A ± 1.12
2	6.06 B ± 0.057	4.04 C ± 0.093
4	5.68 B ± 0.017	4.11 C ± 0.71
6	23.50 A ± 0.71	5.92 B ± 0.071

Se analizó el porcentaje de disolución en agua de la harina de plátano. Se ve en los resultados de la tabla # 30, que a medida que la maduración avanza, la disolución en agua disminuye; pero a los seis días de maduración, el valor de la disolución da un salto grande. Esto se debe a que esta harina fue la que presentó un tamaño de partícula más grande que el resto. Al ser las partículas más grandes, son más propensas a que el agua penetre en su interior y las disuelva, mientras que partículas finas sólo son rodeadas y no se disuelven. Se ve que el análisis estadístico muestra dos diferencias y que sólo la harina con seis días de maduración es la diferente. Esto también se puede explicar de forma bioquímica: a más días de maduración, mayor la concentración de azúcares que se pueden disolver en agua. A menos días de maduración, mayor concentración de almidón, menos soluble en agua.

El valor de disolución de las harinas de banano tuvo un comportamiento extraño, que se mira en la tabla # 30. A los cero días de maduración, la disolución es alta. Entre dos y cuatro días la disolución disminuye y llega a mantenerse constante y a los seis días vuelve a subir. Puede que se haya cometido un error al confundir las harinas, ya que no tiene un comportamiento ascendente. Es cierto que a los seis días de maduración vuelve a aumentar la disolución pero no hasta el valor de los cero días.

Tabla # 31: Formación de espuma de harinas de plátano y banano en agua en porcentaje

Días de maduración	plátano	banano
0	1 A ± 0.1	1.75 AB ± 0.1
2	1 A ± 0.1	2.00 A ± 0.1
4	2 B ± 0.1	2.00 A ± 0.1
6	0 C ± 0.0	1.00 B ± 0.1

Se determinó la formación de espuma en una solución de harina y agua. Para los primeros dos días de maduración la formación de espuma es constante, pero en valores

mínimos, lo que se ve en la tabla # 31. A los cuatro días aumenta un poco, pero también la cantidad es mínima. A los seis días no hubo formación de espuma. Esto se debe a que todo se sedimentó y no quedó mucha harina en suspensión para hacer espuma. Además, de nuevo hay más carbohidratos y su solubilidad disminuye la probabilidad de formación de espuma.

Este mismo parámetro se analizó en las harinas de banano y resultó que a cuatro días de maduración la formación de espuma se mantiene casi constante y que a los seis días, la espuma disminuye. De nuevo se debe a la cantidad de azúcares solubles presentes. Exactamente el día sexto de maduración presenta la formación de espuma más baja. El análisis estadístico muestra que hay similitudes entre los días de maduración, lo que se ve en la tabla # 31.

Aun con estos valores de formación de espuma se puede decir que se obtendría una bebida de atol bastante homogénea en su espesura y textura, ya que mucha de ella estaría en suspensión, dando una palatabilidad muy buena y sin la molestia de la espuma en la superficie del líquido.

5. Análisis de cáscaras: el único análisis que se le hizo a las cáscaras fue el de proteínas.

En la tabla # 32 se observa que el porcentaje de proteínas se mantiene casi constante. El análisis estadístico muestra que hay diferencias entre los días de maduración. Además, el porcentaje es mayor que en la harina de la pulpa.

Tabla # 32: Proteínas de harinas de cáscara de plátano y banano en porcentaje en peso.

Días de maduración	plátano	banano
0	8.12 D \pm 0.064	6.43 C \pm 0.035
2	10.54 A \pm 0.035	7.03 B \pm 0.050
4	9.14 C \pm 0.064	8.19 A \pm 0.25
6	9.46 B \pm 0.20	7.20 D \pm 0.21

Se repitió el mismo análisis para la cáscara de banano y se encontró que al igual que en la cáscara de plátano, los valores son mayores a los de la harina de la pulpa. También se

encontró que a medida que la maduración aumenta, el porcentaje se mantiene casi constante. También se ve que el porcentaje es menor que en la harina de cáscara de plátano, de modo que la pulpa de banano tiene más proteína que su cáscara y que en el plátano es al revés.

IX. CONCLUSIONES

1. Por los resultados obtenidos en el análisis proximal, se ve que la harina de banano es tan buena y más alta en parámetros alimenticios que la harina de plátano, exceptuando en los carbohidratos donde la harina de plátano tuvo un mayor porcentaje. La dos harinas se pueden utilizar como base para una bebida como atol, pero se debe tomar en cuenta que el fruto debe estar maduro y no verde para elaborar las harinas con las mejores niveles nutricionales.
2. La harina de banano tiene porcentajes de macro y micro elementos mayores que la harina de plátano, exceptuando fósforo y magnesio, cuyos niveles son superiores en la harina de plátano, por lo que se considera una mejor fuente de estos elementos.
3. El nivel de potasio es mayor en la harina de banano que en la de plátano y se podría escoger esta fruta para hacer una bebida energética que proporcione este elemento por su alta concentración en la misma. Se podría utilizar como bebida para atletas.
4. Análisis funcional: por los resultados obtenidos se puede ver que la harina de banano tiene propiedades con valores muy similares a la harina de plátano. Estas propiedades son adecuadas para hacer una bebida, ya que presentan buen tiempo de sedimentación, lo cual hace que la harina en solución quede en suspensión y no sedimentada, lo que daría mal aspecto a la bebida. Presentan buena granulometría en conjunto con un porcentaje de disolución bajo. Esto influye en que la bebida resultará con una baja disolución de la harina, formando un líquido espeso y que no forma mucha espuma, lo que agrada al paladar por el espesor y textura.

La densidad resultó menor que la del agua, lo que influirá satisfactoriamente en que realmente la harina quedará suspendida en el agua y no sedimentará.

El pH de la solución formada tiene un pH que es agradable al paladar, ya que no se sentirá ácido sino en un nivel adecuado. El nivel normal que tiene un atol.

La baja absorción de humedad las hace excelentes al momento de almacenamiento aunque siempre se deben tener las precauciones del caso. El empaque para una bebida en polvo debe ir al vacío, esto porque la harina sólo necesitaría hidratarse con agua caliente y listo.

La alta absorción de grasa las hace ideales para ser fortificadas con alguna grasa alimenticia, ya que los valores obtenidos de grasa son muy bajos y por ende pobres para ser fuente de grasa alimenticia. Se podrían utilizar como snacks de plátano y banano (plataninas) y hojuelas de frutas deshidratadas.

La viscosidad presenta valores que harán que el cuerpo de la bebida de atol sea siempre homogéneo y al momento de fluir tendrá la apariencia y viscosidad que presente un atol normal.

5. Las proteínas en las cáscaras de las dos frutas tienen niveles más altos que en la pulpa por lo que si se quiere que la harina tenga un buen nivel de proteínas se puede hacer una mezcla al variar los porcentajes para aumentar el nivel de proteínas.
6. Con todos los resultados vistos, las dos harinas son comparables tanto en sus propiedades funcionales como en las químicas y aunque tengan diferencias entre parámetros, se pueden aprovechar muy bien para hacer las bebidas y reducir la pérdida de fruta postcosecha.

X. RECOMENDACIONES

1. Para moler la pulpa deshidratada se debe usar un molino de discos y no uno de martillos para mejorar la granulometría.
2. Hacer un análisis sensorial para determinar el gusto por las bebidas hechas a partir de estas harinas.
3. Para cortar la pulpa utilizar un pelador de acero inoxidable de cáscara para sacar rodajas más uniformes y más delgadas para facilitar la deshidratación.
4. Preparar las harinas cuando la fruta esté en el grado de madurez, posiblemente un poco más de seis días de maduración para que todas las propiedades funcionales estén en su punto óptimo y sea fácil remover el agua de las mismas.
5. Buscar una aplicación diferente a una bebida, las que podrían ser aplicaciones en panificación y repostería (mezcla con harina de trigo para hacer donas).

IX. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1) Anderson,L. Nutrición Humana, Principios y Aplicaciones. Ed. Bellaterra S.A. España. 349 pp.
- 2) AOAC Oficial Methods of Analysis
- 3) BANDEGUA, 2001.
- 4) Champion, J. El Plátano. Editorial Blume. 1978. Impreso en España. Barcelona. 247 pp.
- 5) Espejo,J. Manual de Dietoterapia de las enfermedades del adulto. Ed. El Ateneo. 7ed. Argentina. 1988.
- 6) Fat Absortion Journal of Food Science Vol. 39. p. 368-370, 1970
- 7) Fox,B y A. Cameron. Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud. Ed. Limusa. México 1999. 457 pp.
- 8) García,R., F. Leal y C. Rolz. Drying of bananas using microwave and air ovens. Inter. Jour. of Food Science and Technology. 23:73-80,1988.
- 9) Inglett,G. & G. Charalambous. Tropical Foods, Chernistry and Nutrition. Voll. II. Academic Press. London. 1979. 701pp.
- 10) Jacobs,M. The Chernistry and Technology of Food and Food Products. 2ª. Edición. Vol. II. Interscience Publishers Inc. New York. 1951. 1769pp.
- 11) Mahan,K & M. Arlin. Krause's Food, Nutrition & Diet Therapy. 8th Ed. W.B. Saunders Company. USA. 1992. 933 pp.

- 12) Nagy,S. % P. Shaw. Tropical and Subtropical Fruits, composition, properties and uses. AVI Publishing Inc. Westport, Connecticut. 1980. 520pp.
- 13) Revista Industria Alimentaria 155 0187-7658 vol. 22 No. 5 septiembre-octubre 2000
- 14) Revista REDAR, Asociación Red de Desarrollo Agroindustrial Rural de Guatemala. No. 9. Julio-Diciembre 1998. 12 pp.
- 15) Reynolds, P. The Banana. Houghton Mifflin Company. 1927. Cambridge. USA. 181 pp.
- 16) Ukhun,M. & I. Ukpebor. Production of Instant Plantain Flour, Sensory Evaluation and Physico-chemical Changes During Storage. Food Chemistry. 42:287-299, 1991.
- 17) Van Arsdel,W. & M. Copley. Food Dehydration. Volume II West Point Connecticut. The AVI Publishing Company Inc. 1964. 721pp.
- 18) Water Absortion and flours solubility in water Cereal Science Today Vol. 14 No. 1 p. 4-12 1969