



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA
PROGRAMA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
MATURÍN**

**TEMPERATURA DE SECADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA HARINA DE CASTAÑAS
(*Artocarpus altilis*)**

Trabajo de grado presentado por:

LUISELVIS MERCEDES HIDALGO VILLARROEL

Como requisito parcial para obtener el título de:

Licenciada en Tecnología de los Alimentos

Marzo, 2012



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA
PROGRAMA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
MATURÍN**

**TEMPERATURA DE SECADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA HARINA DE CASTAÑAS
(*Artocarpus altilis*)**

Trabajo de grado presentado por:

LUISELVIS MERCEDES HIDALGO VILLARROEL

Como requisito parcial para obtener el título de:

Licenciada en Tecnología de los Alimentos

Marzo, 2012



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
 NÚCLEO DE MONAGAS
 ESCUELA DE ZOOTECNIA
 Maturín-Monagas-Venezuela

ACTA N° 004/2012

En Maturín, siendo las 9:30 a.m. del día 01 de marzo de 2012, reunidos en la Sala del Departamento de Ciencias de la Unidad de Cursos Básicos del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los profesores: Adrianyela Noriega (Asesor), Mary Longart (Jurado) y José Alexander España (Jurado) y a fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado para obtener el Título de LICENCIADO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, se procedió a la exposición y defensa del Trabajo de Grado, titulado: "TEMPERATURA DE SECADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA HARINA DE CASTAÑA (*Artocarpus altilis*).", presentado por la Bachiller LUISELVIS MERCEDES HIDALGO VILLARROEL titular de la Cédula de Identidad N° 18.585.133. El jurado, luego de la discusión del mismo acordó calificarlo como APROBADO, según lo establecido en el Artículo 9° del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente.

Profa. Adrianyela Noriega
 Asesor

Profa. Mary Longart
 Jurado

Prof. José Alexander España
 Jurado

Por la Comisión de Trabajo de Grado:
 Reglamento de Trabajo de Grado,
 Artículo 14, literal j.

Profa. Blanca Somaroc
 Directora Escuela Zootecnia



DEDICATORIA

A Dios todo poderoso y la Virgen de Valle por haberme dado, paciencia, mucha salud y por haber hecho que superara todas y cada una de las adversidades y así culminar con éxito mis estudios.

A mis padres Luis Hidalgo y Zulay de Hidalgo por guiarme, apoyarme en los momentos más difíciles, darme fuerza cuando más lo necesite y por enseñarme a seguir luchando ante las dificultades. Los amo y que Dios los bendiga.

A dos seres especiales que por razones del destino no ésta conmigo y que de alguna manera quisieron ver realizada esta meta. Descansen en Paz abuelitos nunca los olvidare.

A mis abuelas Elvia Ramírez y Eufrasia Jiménez de Hidalgo por brindarme su apoyo y todo el cariño del mundo. Muchas bendiciones.

A mis hermanos Liliana, Luis Alberto y su esposa Sareyda Rodríguez, por su apoyo incondicional. Los quiero manitos.

A mi sobrino Carlos David, por ser un angelito que llegó a mi vida para llenarla de luz y darme mucha alegría. Te adoro mi príncipe.

A todos mis tíos, primos y sobrinos de corazón, por su apoyo incondicional.

A las demás personas que me brindaron su apoyo para alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a la Virgen del Valle y mis padres ¡mil gracias! Pues la ayuda y apoyo de cada uno fueron, son y seguirán siendo la chispa que enciende todos mis triunfos.

A mis familiares... mencionarlos sería eterno, ya que tengo la dicha de contar con una inmensa familia, a todos gracias por apoyarme de una u otra manera.

A Jean Carlos Roja por su apoyo incondicional y por ayudarme en la realización de este trabajo.

A mis amigos Luis, Andrimar y Mírelis por estar conmigo en los momentos mas difíciles y por brindarme su amistad.

A la familia Morales, en especial a la señora Mildred, Mireya y Milagros, gracias por adoptarme y considerarme parte de su familia. Las quiero.

Al señor Luis Carrasquel por brindarme todo su cariño y apoyo a lo largo de mi carrera.

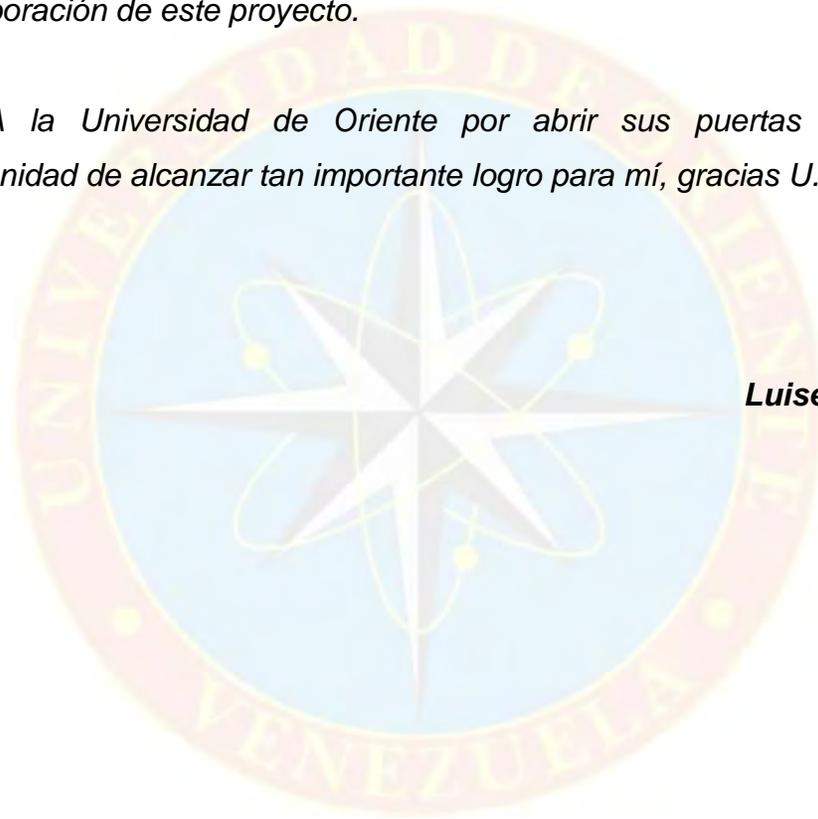
A mis amigos y compañeros de clase Yamilet Rodríguez, Katiuska Abreu, Rubén Jaramillo, Yudaccys Brito, Aníbal Pino, Yeison Sánchez, gracias por apoyarme y estar conmigo en la elaboración de este trabajo, muchachos con ustedes viví los mejores momentos en el laboratorio. Nunca los olvidare.

A la Prof.: Adrianyela Noriega, por su valiosa asesoría y su gran paciencia en el desarrollo de esta tesis.

Al Prof: Julio Colivet por su asesoría brindada.

Al técnico de laboratorio Hernesto Rodríguez, por su inmensa ayuda en la elaboración de este proyecto.

A la Universidad de Oriente por abrir sus puertas y darme la oportunidad de alcanzar tan importante logro para mí, gracias U.D.O.



Luiselvis Hidalgo

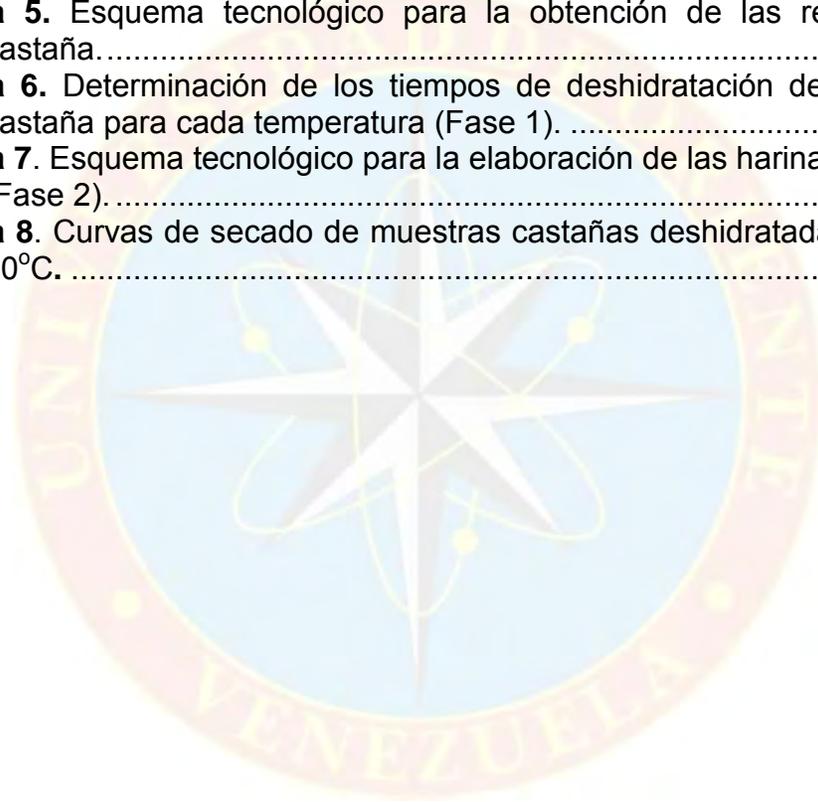
CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE CUADROS	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
OBJETIVOS	3
GENERAL	3
ESPECÍFICOS	3
CAPITULO II.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
CASTAÑA O ÁRBOL DE PAN (<i>ARTOCARPUS ALTILIS</i>)	4
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	4
ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL ÁRBOL DE PAN O CASTAÑA	5
DESCRIPCIÓN DEL FRUTO DE CASTAÑA.....	5
Los frutos.....	5
Las semillas.....	6
VALOR NUTRITIVO DE LA CASTAÑA.....	7
Humedad	8
Lípidos	8
Proteínas	8
Fibra cruda.....	9
Ceniza y minerales	10
Carbohidratos	10
USOS DE LA CASTAÑA	11
SECADO O DESHIDRATACIÓN.....	13
FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN EL SECADO	14
CURVAS DE SECADO.....	16
HARINA.....	18
CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS.....	19
PROPIEDADES DE LA HARINA.....	19
Sensoriales.....	19
Físicas y químicas	20
CALIDAD DE LAS HARINAS	20
Granulometría.....	21
Propiedades funcionales	22

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
CAPITULO III.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA HARINA.....	24
DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE MUESTRAS DE CASTAÑAS A 60, 65 Y 70° C (FASE 1), MEDIANTE LAS CURVAS DE SECADO.....	26
DESHIDRATACIÓN DE MUESTRAS DE CASTAÑAS (FASE 2).....	27
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS HARINAS DE CASTAÑA.....	29
Determinación de pH.....	29
Granulometría.....	29
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	30
Contenido de humedad	30
Extracto etéreo	30
Proteína	31
Digestión.....	31
Destilación	31
Titulación	32
Fibra cruda.....	32
Ceniza	33
Carbohidratos	34
Estandarización del reactivo de Fehling	34
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS HARINAS OBTENIDAS A TRES TEMPERATURAS.....	36
Determinación de la capacidad de absorción de agua	36
Determinación de la capacidad de absorción de grasa	36
DISEÑO ESTADÍSTICO	37
ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
RESULTADOS y DISCUSIÓN	38
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO DE LAS MUESTRAS DE CASTAÑAS A 60,65 Y 70°C MEDIANTE CURVAS DE SECADO.	38
CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS HARINAS DE SEMILLAS DE CASTAÑA OBTENIDAS A TRES TEMPERATURAS.....	41
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS OBTENIDAS A TRES TEMPERATURAS.....	44
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES.....	54
CAPITULO IV	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA	59
APÉNDICE	69
HOJA DE METADATOS	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fruto seminífero entero y en corte transversal.....	6
Figura 2. Fruto insemínifero entero y en corte transversal.....	6
Figura 3. Semilla completa y semilla descascarada.....	6
Figura 4. Curva de secado de un alimento	16
Figura 5. Esquema tecnológico para la obtención de las rebanadas de castaña.....	25
Figura 6. Determinación de los tiempos de deshidratación de muestra de castaña para cada temperatura (Fase 1).	27
Figura 7. Esquema tecnológico para la elaboración de las harinas de castaña (Fase 2).	28
Figura 8. Curvas de secado de muestras castañas deshidratadas a 60, 65 y 70°C.	38



LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valor nutricional de las semillas de árbol de pan	7
Cuadro 2. Características físico-químicas de las harinas	20
Cuadro 3. Valores promedios del pH de las harinas de castañas elaboradas.....	42
Cuadro 4. Valores promedios del porcentaje de granulometría de las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.....	43
Cuadro 5. Valores promedios de Humedad de las harinas de castaña obtenidas a diferentes temperaturas.....	45
Cuadro 6. Valores promedios del porcentaje de Extracto etéreo en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de secado.....	46
Cuadro 7. Valores promedios del % Proteína en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de secado.....	48
Cuadro 8. Valores promedios del % Fibra en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de secado.....	50
Cuadro 9. Valores promedios del % Ceniza en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.....	51
Cuadro 10. Valores promedios del % Carbohidratos en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.....	53
Cuadro 11. Valores promedios de las propiedades funcionales de las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.....	55

RESUMEN

La castaña, es una especie perenne originaria de las islas del Pacífico, éstas semillas son perecederas y se consumen principalmente en la zona donde se cultiva, sin aplicar ningún tratamiento post cosecha, es una semilla con un alto valor nutricional y de difícil conservación en estado fresco, lo que amerita el empleo de procesos para extender su vida útil. Uno de ellos, es el secado combinado con la reducción de tamaño para obtener harinas. Estas constituyen las operaciones unitarias más relevantes de la conservación de alimentos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre las características físico- químicas y funcionales de la harina de castaña (*Artocarpus altilis*). Para ello, la materia prima se sometió a un proceso de cocción, pelado y rebanado de la semilla; con el fin de someterla a un procedimiento de secado donde se emplearon tres temperaturas de deshidratación 60, 65 y 70°C para su posterior molienda y analizarlas físico-química y funcionalmente. Los resultados arrojaron que a medida que se aumenta la temperatura varían las variables evaluadas. En el caso de la temperatura a 60°C presento un pH de 5,68, la granulometría a 60 Mesh de 58,89 % y a 20 Mesh de 41,14,68 % , la humedad fue de 9,18 %; extracto etéreo 6,54 %; proteína 11,74 %; fibra cruda 2,63 %; cenizas de 2,68 %; carbohidrato 66,23 %; CAA 2,69 %; CAG 0,49 %; Para la temperatura de 65 °C el pH fue de 5,73 , la granulometría a 60 Mehs de 59,32 % y para 20 Mehs de 40,31 %, humedad de 11,10 %; extracto etéreo 6,97 %; proteína 12,30 %; fibra cruda 2,73 %; cenizas 2,58 %; carbohidrato 63,91 %; CAA 2,55 %; CAG 0,62 %; y en cuanto a la temperatura de 70 °C el pH fue de 5,75, la granulometría a 60 Mesh de 62,08 % y para 20 Mesh de 37,92 %, la humedad de 11,34 %; extracto etéreo 6,82 %; proteína 11,92 %; fibra cruda 2,79 %; cenizas 2,99 %; carbohidrato 64,22 %; CAA 2,86 %; CAG 0,89 %. En general, la harina deshidratada a temperatura de 70 °C, que tiene un menor tiempo de exposición al calor, presentó las mayores características potenciales para la elaboración de alimentos.

Palabras clave: *Artocarpus altilis*, harina de castaña, propiedades funcionales.

SUMMARY

Chestnut, is a perennial species native from the Pacific islands, these seeds are perishable and consumed mainly in the growing area without applying any post-harvest treatment, it is a seed with a high nutritional value and difficult to state conservation fresh, which warrants the use of processes to extend shelf life. One of them, is the drying combined with the reduction in size to obtain flours. These are the most important unit operations in food preservation. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of drying temperature on the physico-chemical and functional chestnut flour (*Artocarpus altilis*). To do this, the feedstock is subjected to a baking process, peeled and sliced from the seed in order to subject it to a drying process which used three dehydration temperatures 60, 65 and 70 °C for later grinding and analyzing physical -chemically and functionally. The results showed that as temperature increases vary the variables. In the case of the temperature at 60 °C present a pH of 5.68, the particle size of 60 mesh of 58.89 % and 20 Mesh 41,14 % moisture was 9.18 %, crude fat 6, 54 %, 11.74 % protein, 2.63 % crude fiber, ash 2.68 %, 66.23 % carbohydrate; CAA 2.69 %, 0.49 % CAG; For temperature of 65 °C the pH was 5.73, the particle size to 60 Mehs of 59.32 % and 40.31 % of Mehs 20, 11.10 % moisture, crude fat 6.97 %, protein 12.30 %, 2.73 % crude fiber , ash 2.58 %, 63.91 % carbohydrate, 2.55 % CAA; CAG 0.62 % and about 70 °C temperature the pH was 5.75, the particle size of 62.08 % to 60 Mesh and 20 Mesh 37.92 %, 11.34 % moisture, crude fat 6.82 %, protein 11.92 %, 2.79 % crude fiber, ash 2.99 %, 64.22 % carbohydrate ; 2.86 % CAA, CAG 0.89 %. In general, flour, dried at a temperature of 70 °C, which has a shorter exposure to heat, had the highest potential characteristics for food processing.

Keywords: *Artocarpus altilis*, chestnut flour, functional properties.

INTRODUCCIÓN

El árbol de pan (*Artocarpus altilis*) o castaña, se introdujo en América luego que los ingleses descubrieron en las Islas de Oceanía, que grandes poblaciones se alimentaban exclusivamente con esta semilla. La castaña es considerada como alimento energético porque contiene un alto porcentaje de carbohidratos, son ricas en calcio, hierro, fósforo, niacina, vitaminas C y B₁. Con estas semillas se pueden elaborar una diversidad de alimentos como galletas, tortas, quesillos, flan, panes, entre otros. A pesar de ello, ésta no ha sido aprovechada de manera industrial en el país, por su baja demanda y desconocimiento de sus bondades.

El uso de la castaña para aprovechar sus beneficios se puede incrementar alargándole la vida útil mediante numerosos métodos de conservación, dentro de los cuales se mencionan el secado, que es un proceso que consiste en eliminar la mayor cantidad de agua posible para evitar su deterioro mediante aplicación de calor. Para realizar este proceso, es necesario controlar la temperatura que influye no sólo en el tiempo de deshidratación, sino también en las reacciones de degradación de los componentes de los alimentos. El secado de vegetales con altas temperaturas afecta a las propiedades organolépticas del producto y a su vez el valor nutricional (proteínas, carbohidratos, vitaminas, entre otros), por caramelización de azúcares, reacción de Maillard, reacciones enzimáticas, desnaturalización de las proteínas, degradación de pigmentos y oxidación de L- ácido ascórbico. Durante ésta operación, también se ve afectada la textura, color, densidad, porosidad y características de adsorción de materiales, además se puede presentar los fenómenos de endurecimiento y encogimiento; por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en

cuenta en los estudios cinéticos, debido a que pudiera acelerar los procesos bioquímicos y por ende afectar la calidad del producto final.

Una de las formas para determinar la temperatura y el tiempo de secado adecuado de un alimento en la elaboración de productos, es a través de una curva de secado, que permite mediante la toma de muestras graficar la pérdida de humedad en función del tiempo. Este proceso se da generalmente, en tres etapas: una etapa inicial que ocurre cuando el producto y el agua en él se calientan ligeramente, posteriormente se produce una reducción importante del contenido de agua a velocidad de secado constante, ésta etapa tiene lugar a una determinada temperatura. En general, la etapa de velocidad de secado constante finaliza al alcanzarse la humedad crítica que se identifica por los cambios bruscos de la pendiente en la curva de velocidad de secado.

El secado permite reducir el volumen y peso de los alimentos, combinado con la reducción mecánica de tamaño; operación que permite la disminución de las dimensiones de las partículas por trituración y molienda. Actualmente, se comercializan numerosos productos vegetales deshidratados provenientes del trigo, maíz, arroz, entre otros, que son sometidos a este proceso, presentados bajo la forma de polvos y harinas ya sea para el consumo directo o combinado para su posterior industrialización. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto que tiene la temperatura de secado sobre las características físico-químicas y funcionales de harina de castaña (*Artocarpus altilis*), con el fin de diversificar el uso de la castaña y ofrecer al consumidor alimentos con alto valor nutricional con una materia prima producida en el país que es subutilizada.

CAPÍTULO I

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre las características físico-químicas y funcionales de las harinas de castaña (*Artocarpus altilis*).

ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar el tiempo de deshidratación de las semillas de castaña a las temperaturas de 60, 65 y 70 °C mediante la curva de secado.
- ❖ Caracterizar físicamente (pH y granulometría), a las harinas de la semilla de castaña obtenidas mediante la deshidratación con aire forzado a tres temperaturas (60, 65, 70°C).
- ❖ Determinar la composición proximal (humedad, extracto etéreo, proteína, fibra cruda, ceniza y carbohidratos), de las harinas obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.
- ❖ Determinar las propiedades funcionales (capacidad de absorción de agua y capacidad de absorción de grasa), de las harinas obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.

CAPITULO II REVISIÓN DE LITERATURA

CASTAÑA O ÁRBOL DE PAN (*ARTOCARPUS ALTILIS*)

El nombre común de esta planta alude al uso que se le da a su semilla. El árbol del pan se conoce también como castaña, buen pan y pan de fruta. En Venezuela se encuentran abundantes cultivos ornamentales en las regiones cálidas y bajas del norte del país (Hoyos, 1990).

Su nombre científico *Artocarpus altilis* se debe a que *Artocarpus* se deriva de los vocablos griegos *Artos* que significa pan y *Karpos* fruto, es nativo de las islas del Pacífico, el árbol del pan es cultivado en todos los trópicos. El nombre específico *altilis* es latino y significa nutritivo, el que alimenta y se refiere a las propiedades del fruto (Hoyos, 1989).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según la USDA (2010) la castaña se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Rosales
Familia: Moraceae
Género: *Artocarpus*
Especie: *A. altilis*

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL ÁRBOL DE PAN O CASTAÑA

Este frondoso árbol es oriundo de Asia Tropical, de donde se ha extendido por todas las regiones tropicales del mundo. Las dos variedades del árbol de pan (la que tiene semilla conocida como castaña y la que no), no se encontraban en estado silvestre en la mayoría de las islas del Pacífico. Fue encontrada por primera vez en el Pacífico occidental, y su distribución por el resto de las regiones fue debida a causa de las migraciones y colonizaciones que empezaron hace 3.000 años. Siguiendo las migraciones por Oceanía, se puede trazar la distribución del árbol del pan, que acompañó la humanización de las islas.

Con las navegaciones europeas del Mar Sur en el siglo XVII, se transportaron especies sin semilla de Tahití a Jamaica y San Vicente, y de Toga de Martinica y Guayana Francesa. Estas variedades de la Polinesia se difundieron más tarde por Caribe, América Central, América del Sur, África Tropical, Madagascar, las Maldivas, el norte de Australia, el sur de Florida. Actualmente éstas son las zonas donde se pueden encontrar cultivos de árbol de pan (Zerega *et al.*, 2005).

DESCRIPCIÓN DEL FRUTO DE CASTAÑA

Descripción de los frutos y semillas del árbol de pan según Parrotta (1994).

Los frutos

Los frutos de árbol de pan son oblongos o globosos, con una cáscara de color verde y con marcas hexagonales. Miden de 10 a 30 cm de diámetro y pesan aproximadamente entre 1 y 2 kg. El interior del fruto tiene muy poca

pulpa comestible y consiste de una masa de semillas de color marrón, redonda y aplanada de manera irregular debido a la compresión. Del peso total del fruto, 49% es semilla, 21% cáscara, 21% pulpa y el 9% corazón. Los frutos individuales contienen entre 12 y 150 semillas aunque el número promedio de las semillas para la fruta de un árbol individual es entre 50 y 100.



Figura 1. Fruto seminífero entero y en corte transversal

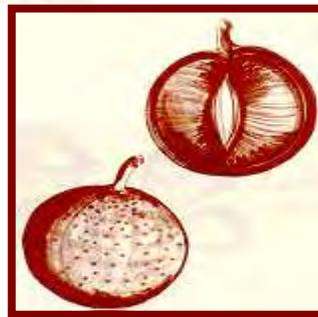


Figura 2. Fruto insemínifero entero y en corte transversal.

Las semillas

Las semillas de castañas tienen una forma aplanada curvada y el tamaño de 3,5 cm posee dos cutículas o cascarillas protectoras, una externa lechosa y una interna apergamada y delgada. El peso promedio por semilla es de 8,5g del peso total de las semillas, el 75% es de parte comestible y el 25% restante es de cáscara o cutícula. El número de semilla por kg es de 120 aproximadamente.

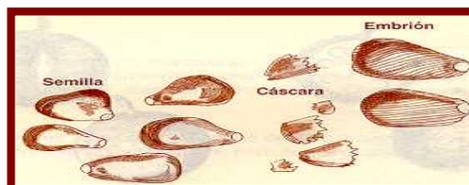


Figura 3. Semilla completa y semilla descascarada

VALOR NUTRITIVO DE LA CASTAÑA

La castaña contiene carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas A, B y C y su semilla se comen hervidas y tostadas. Las semillas producidas abundantemente por este fruto son muy nutritivas (Hoyos, 1989). A continuación en el Cuadro 1, se muestra el valor nutricional por cada 100 g de semilla (parte comestible):

Cuadro 1. Valor nutricional de las semillas de árbol de pan

Componentes	Semilla cruda	Semilla cocida
Agua %	63,8 – 71,3	67,3 – 71,3
Proteína (g)	3,8	0,95 – 1,2
Carbohidratos (g)	77,3	24, -- 30,3
Grasa (g)	0,71	0,24
Fibra (g)	1,8	--
Ceniza (g)	0,8	--
Calcio (mg)	24	12,1 – 21,1
Potasio (mg)	352	--
Fósforo (mg)	90	27,3 – 37,9
Hierro (mg)	0,96	0,27 – 0,49
Sodio (mg)	7,1	--
Vitamina B1 (mg)	0,07 – 0,12	0,08
Vitamina B2 (mg)	0,2	0,05 – 0,07
Vitamina B3 (mg)	2,4	0,62 – 0,74
Vitamina C (mg)	22,7	2,9 – 3,2

Fuente: Argueta *et al.*, 2008

Humedad

El componente más abundante y el único que está presente en los alimentos es el agua, su cantidad, estado físico y dispersión en los alimentos afecta su aspecto, olor, sabor y textura. La determinación del contenido de humedad de los alimentos es una de las más importantes y ampliamente usadas en el proceso y control de los alimentos ya que indica la cantidad de agua involucrada en la composición de los mismos. El contenido de humedad se expresa generalmente como porcentaje, las cifras varían entre 60-95% en los alimentos naturales. Sin embargo, el contenido de agua en la castaña puede oscilar desde un 63,8- 71,3% (Gimferre, 2008).

La determinación de humedad, es uno de los métodos más fundamentales e importantes realizados a un producto alimenticio, y es uno de los más difíciles para obtener resultados exactos y precisos (Barbosa y Vegas, 2000).

Lípidos

Los lípidos son escasos en la parte comestible de las frutas, aunque son importantes en las semillas de algunas de ellas. Así el contenido de grasa puede oscilar entre 0,1 y 0,9%. En la castaña el contenido de grasa es despreciable ya que se encuentra en muy bajas cantidades (De Bravo *et al.*, 1983).

Proteínas

Las proteínas son largas cadenas de aminoácidos unidos químicamente por un enlace peptídico, por lo que se les conoce como polímeros (Fennema,

2000). Algunos de los cuales son esenciales para nuestro organismo; es decir, que necesariamente han de ser ingeridos junto con la dieta, ya que el cuerpo no es capaz de producirlos por sí solo. Las proteínas están en alta proporción en los alimentos de origen animal, como las carnes de mamíferos, aves y peces, huevos, lácteos, y en menor proporción en algunos vegetales también llamadas como proteína de bajo valor biológico ya que presentan una relación de aminoácidos esenciales escasa y su contenido se puede encontrar entre 1 y 5% de su peso (De Bravo *et al.*, 1983).

La fracción proteica de los vegetales se compone en su mayor parte de enzimas y pueden jugar un papel positivo o negativo. Así, por un lado, participa en la formulación y producción de los aromas típicos, y por otro, son responsables de la producción de aromas no deseados, alteraciones titulares y modificaciones del color. El contenido de proteínas es importante por el valor nutricional que le imparte al alimento (Aponte, 2007).

Fibra cruda

En la castaña el contenido de fibra presente es bajo, el cual representa la porción no digerible de los alimentos y, por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, aunque es importante recomendarlo para el buen funcionamiento del intestino. La naturaleza química de la fibra cruda, aún cuando no está bien establecida, se considera constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina (Fennema, 2000).

Su determinación se basa en la simulación de la digestión en el organismo por tratamientos ácidos y alcalinos, separando los constituyentes

solubles de los insolubles que constituyen los desperdicios orgánicos a través de las heces (Dueñas *et al.*, 2009).

Ceniza y minerales

La determinación de las cenizas constituye uno de los mejores métodos para comprobar la eficacia del proceso de molienda. Las cenizas de una determinada harina puede dar una idea del porcentaje de salvado o elementos que él contiene, arrojando residuos minerales. Por lo tanto, cuanto más bajas sean las cenizas, más eficaz es la molienda (Soto, 2010).

La castaña es rica en fósforo (90mg), este mineral desempeña funciones determinantes en la estructura y fisiología del organismo, ayuda al mantenimiento de huesos y dientes, también participa en casi todos los procesos metabólicos, a su vez contiene hierro (0,96mg), pero estos minerales apenas se asimilan en nuestro cuerpo en comparación con los procedentes de alimentos de origen animal (De Bravo *et al.*, 1983).

La castaña es rica en potasio (352mg) y pobre en sodio (7,1mg), lo que le confiere una acción diurética que favorece la eliminación del exceso de líquidos en el organismo. Son beneficiosas en caso de hipertensión, cálculos renales y retención de líquidos. La razón es que el aumento de la producción de orina favorece una mejor eliminación de líquidos junto con sustancias de desecho disueltas en ella como ácido úrico, urea, etc (Vargas, 2005).

Carbohidratos

Los carbohidratos pertenecen al grupo de los nutrientes básicos, que siempre tendrán una importancia decisiva en el conjunto de la alimentación.

Incluso aquellos carbohidratos que no son digestibles se consideran necesarios como fibra alimentaria para una alimentación equilibrada. Por otra parte, cumplen en los alimentos una serie de funciones relevantes, tales como por ejemplo las de edulcorantes, gelificantes, espesantes, estabilizantes y precursores de compuestos con aroma o color, que se forman en los alimentos a partir de ellos por una serie de reacciones (Beliz y Grosch, 1997).

Los carbohidratos o sacáridos, constituyen una familia importante de compuestos que se encuentran en la naturaleza tanto en el reino vegetal como en el reino animal. Los carbohidratos de la dieta alimenticia incluyen a los azúcares (monosacáridos y disacáridos) y los almidones (polisacáridos) (Contreras, 2006).

Según Fennema (2000), los carbohidratos son la fuente de energía de los seres vivos, de todos los carbohidratos existentes en la naturaleza, la glucosa es el más importante a nivel bioquímico. En el caso de los organismos aeróbicos, es imprescindible para la respiración y el correcto funcionamiento del Ciclo de Krebs.

USOS DE LA CASTAÑA

FAO (2006) señala algunos usos que se le pueden dar a la castaña:

- **Semilla fresca:** se consume sancochada entera, en ensaladas, se puede rebanar, asar, hornear o freír hasta que este tostada y de color café. Se hacen pudines caseros de la pulpa cocinada, combinada con leche de coco, sal y azúcar; en guisos, también se elaboran postres

endulzados y se preparan condimentos. Pero no se debe consumir cruda.

- **Semilla procesada:** se hacen dulces y postres, se deshidrata, se puede fermentar naturalmente o se hacen encurtidos, fermentándolas en salmuera, enteras, rebanadas en trozos o molidas en forma de pasta, y envasadas en vidrio o enlatadas. Se elabora harina y se utiliza como base para comidas instantáneas y para la industria panadera para elaboración de panes, galletas, entre otros. Las semillas son trituradas y utilizadas para la elaboración de quesillos, flan, pasteles.
- **Medicinal:**
 - Posee grandes propiedades alimenticias y curativas que debería ser usado intensamente, en específico son excelente para niños y jóvenes.
 - Es un buen alimento ya que aportan fundamentalmente hidratos de carbono y sales orgánicas de calcio, elemento especial para los huesos.
 - En el hígado enfermo son especiales, pues alimentan sin molestar la normal función de este órgano. Lo mismo acontece con los riñones por los pocos residuos que deja en la sangre este notable alimento.
 - Además las castañas constituyen una importante fuente de vitaminas del grupo B, indispensables para combatir la fatiga física y mental, la anemia y para recuperarse de estados carenciales.

Con la finalidad de alargar la vida útil de los alimentos perecederos como la castaña se han desarrollado numerosos métodos de conservación

que permiten detener ciertas reacciones enzimáticas o microbiológicas que puedan dañar la calidad nutricional del mismo.

- **Método de conservación de alimentos**

En la actualidad, las diferentes técnicas de conservación están destinadas a la alimentación durante todo el año de alimentos en las mejores condiciones posibles en cuanto a su rápida preparación destacan los productos deshidratados (De la Fuente et al., 2006), a los cuales se les ha eliminado el agua por desecación, lo cual constituye un método oportuno para inhibir el crecimiento de microorganismos y para inactivar enzimas, si se acompaña de pretratamientos complementarios. La desecación se realiza mediante distintos procedimientos, siendo los más tradicionales de todos ellos el secado al sol o al aire caliente de un horno o estufa (Astiasarán y Martínez, 2000).

SECADO O DESHIDRATACIÓN

El secado de los alimentos es el método más antiguo de la conservación de los productos perecederos (Casp y Abril, 1999). Es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como ciertas reacciones químicas (Barbosa y Vegas, 2000).

La presencia de agua en un alimento contribuye de forma importante a su deterioro, por lo tanto la disminución del contenido de agua reduce las posibilidades de su alteración biológica y también, de forma apreciable, las velocidades de otro mecanismo de deterioro (Casp y Abril, 1999). Por lo

tanto, el proceso de secado de los alimentos no sólo afecta al contenido de agua de los alimentos, sino también a otras características físicas y químicas. Entre las características utilizadas para describir los alimentos secos cabe citar la actividad de agua, isoterma de absorción, deterioro microbiano, reacciones enzimáticas y no enzimáticas, fenómenos físicos y estructurales y destrucción de nutrientes, aroma y gusto (Barbosa y Vegas, 2000).

El agua retirada durante el secado, puede ser eliminada de los alimentos por simples condiciones ambientales o por una variedad de procesos controlados de deshidratación en los que se someten a técnicas que emplean diferentes medios como calor, aire, frío y ósmosis (Fellows, 1994).

Según Potter y Hotchkiss (1999), el aire caliente retiene más humedad que el frío, además de estar en movimiento con alta velocidad, elimina la humedad de la superficie y evita que se cree una atmósfera saturada. Esto permite secar el alimento en menos tiempo.

La deshidratación de las frutas y vegetales, se efectúa usualmente por aire caliente a temperaturas que varían desde 20, 50, 60, 65, 70 hasta 80°C, sola o en combinación con deshidratación osmótica como pretratamiento (Del Valle *et al.*, 1998).

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN EL SECADO

Existen diversas técnicas en las que se emplea calor durante en proceso de retiro de agua. Allí se busca que sea lo más rápido posible para

mantener la calidad del producto y reducir al mínimo la pérdida de vitaminas (Potter, 1978).

Lo que se logra teniendo en cuenta las siguientes variables:

- **Área expuesta:** Entre más dividido esté el alimento, hasta cierto límite, más posibilidades hay para que el calor penetre y deshidrate.
- **Temperatura:** La temperatura desempeña un papel importante en los procesos de secado, en forma general al incrementar su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado la aceleración de la temperatura se lleva a cabo tomando consideraciones de especies que se vayan a someter en proceso, por lo tanto la temperatura debe ser suficientemente elevada (50 a 70°C) para eliminar rápidamente la humedad; las temperaturas superiores a los 70 °C provocan la decoloración del producto.
- **Velocidad del aire:** La velocidad de aire dentro del secador tiene como funciones principales, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación y en segundo lugar transportar la humedad saliente del material.
- **Humedad del aire:** La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire incrementa su capacidad de absorción.

El estudio y análisis matemático de estos parámetros, permite la construcción de una serie de representaciones gráficas denominadas curvas de secado.

CURVAS DE SECADO

Según Casp y Abril (1999), el proceso de secado está dividido, normalmente en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente, tal y como se muestra en la Figura 4.

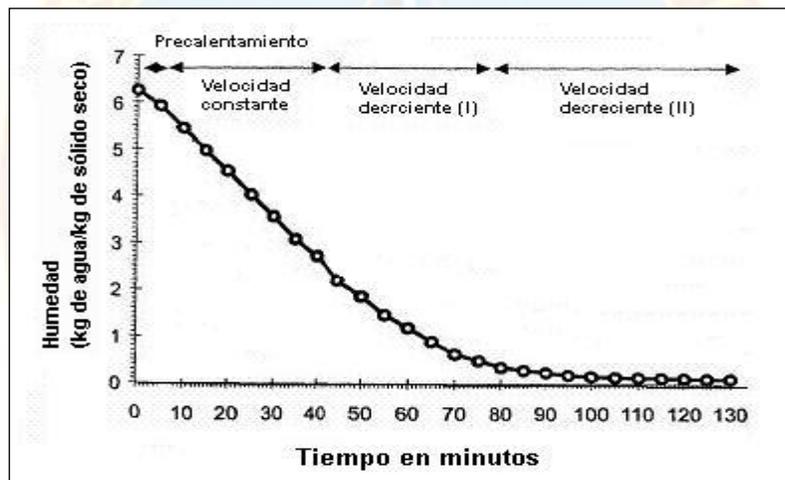


Figura 4. Curva de secado de un alimento

Fuente: Casp y Abril, 1999

Período de pre-calentamiento: es la etapa en la cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado. Generalmente, es una proporción despreciable del tiempo total de secado. Transcurre mientras el producto y el agua contenida en él se calienta ligeramente, hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo característica del ambiente secante.

Período de velocidad constante: durante el mismo la superficie del sólido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de la evaporación en la superficie, durante el cual se produce una reducción importante del contenido de agua, donde el agua de inhibición se elimina por un flujo másico constante. Durante este período, el flujo de calor intercambiado entre el aire y el producto se utiliza enteramente para la evaporación del agua.

Primer período de velocidad decreciente: la superficie del sólido comienza a desecarse porque el agua que aún se halla en su interior encuentra dificultades para llegar a la superficie del sólido. La temperatura del sólido comienza a elevarse hasta aproximarse la temperatura del aire de secado cuando el producto se ha desecado totalmente. Cuando la superficie del producto en contacto con el aire de secado alcanza el umbral de higroscopicidad (para los materiales higroscópicos). La migración del agua es cada vez más difícil y como consecuencia la transferencia de masa se convierte en el factor limitante.

Segundo período de velocidad decreciente o período de velocidad final: el flujo másico se reduce más rápidamente que en el período anterior. En este período, el conjunto del producto está en el dominio de la higroscopía. En el alimento se elimina el agua libre, y sólo queda agua ligada que evapora muy lentamente (Casp y Abril, 1999).

Los alimentos desecados se obtienen mediante la deshidratación hasta conseguir disminuir el contenido de agua del producto fresco hasta el límite para el desarrollo bacteriano, y con ello preservar los componentes

importantes desde el punto de vista nutritivo, el sabor, aspecto, etc. pudiéndose obtener así diferentes productos como por ejemplo las harinas.

HARINA

Las harinas son productos destinados al consumo humano que se obtiene por la molienda de granos completamente maduros y de otros alimentos ricos en almidón sanos y limpios, exentos de impurezas o materias extrañas que pueda alterar la calidad del producto, que han sido sometidos a proceso de limpieza, degerminación, precocción (COVENIN, 1993; COVENIN, 1994; COVENIN, 1996).

El trigo es el principal cereal para la elaboración de harinas, siempre ha ocupado un lugar básico en la alimentación, y es la materia prima de las pastas, galletas, cereales para desayuno, harinas para otros alimentos, y sobre todo, a partir de él se obtiene el pan. En Venezuela el 100% trigo que se consume es importado, dada esta situación se han desarrollado muchas presentaciones en la incorporación de otros cultivos con alto contenido de almidón que podrían constituirse en una fuente de nutrientes disponibles localmente y menos costosa (Sindoni *et al.*, 2008).

En Venezuela, se ha venido desarrollando desde hace más de una década un amplio programa de sustitución de la harina de trigo por la de arroz, maíz y algunos tubérculos en productos de panificación (Almazán, 1990). A su vez se ha estudiado la posibilidad de utilizar harinas de otros cereales y semillas de leguminosas para suplementar las proteínas de la harina de trigo. Los primeros trabajos enfatizan el uso de la harina de soya debido a su alto contenido en lisina, así como de proteínas. Más recientemente se ha enfocado la atención en otras harinas que incluyen la

semilla de algodón, el fríjol, el chícharo, el aguacate, el ajonjolí, el girasol, avena. Así como también, se han realizado estudios de la harina de plátano, cuya principal función es utilizar harinas de calidad que garanticen la obtención de productos atractivos y aceptables para el consumidor (Charley, 1991).

CLASIFICACIÓN DE LAS HARINAS

COVENIN (1994), clasifican a las harinas según su uso de la siguiente manera:

- Harina para uso industrial:
 - Para panificación
 - Para pastificio
 - Para galletas
- Harina familiar:
 - Para todo uso
 - Tipo leudante.

PROPIEDADES DE LA HARINA

Sensoriales

- Color: blanco o ligeramente amarillo.
- Olor: uno característico del producto, sin ningún olor extraño

- Sabor: farináceo, característico del producto, sin sabor extraño o desagradable.

Físicas y químicas

Las propiedades físico-químicas que deben poseer las harinas se ven reflejadas en el Cuadro 2.

Cuadro2. Características físico-químicas de las harinas

Características	Grado I para panificación	Grado II para galletas	Grado III para pastas y sopa
Humedad % máx.	14,0	14,0	14,0
Proteínas (Nx5,7)	9,5	9,0	9,0
Ceniza %	0,55 máx.	0,4-1,0	0,6 máx.
Fibra cruda %	0,2-0,40	0,2-0,6	0,3 máx.
Gluten húmedo % mín.	31,3	29,7	29,7

Fuente: INCAP, 1999.

CALIDAD DE LAS HARINAS

Se puede definir la calidad de una harina, como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo. Con el fin de tener información relativa a la calidad de la harina de trigo o de las mezclas de harina, se determinan analíticamente diversos parámetros cuyos índices óptimos varían en función del tipo de producto que se desea confeccionar (Quaglia, 1991).

Alguno de los parámetros que deben ser evaluados en las harinas que son utilizadas como materia prima en la realización de otros productos son: granulometría, propiedades funcionales entre otros.

Granulometría

Un número considerable de materias primas y productos de la industria alimentaria se encuentran en forma de partícula. Una partícula es una pequeña porción de una fase rodeada por otra fase. En general, se acostumbra a reconocer partículas sólidas en polvos como las harinas, pero en alimentos también se consideran como partículas las gotas de una emulsión, celdas de aire en helados y en miga de pan, cristales de hielo en helados, etc. (Alvarado y Aguilera, 2001).

La forma común de medir el tamaño de las partículas sólidas es mediante el tamizado, el cual es un procedimiento que consiste en clasificar los gránulos en grupos para facilitar su separación en una o más categorías. Generalmente, esta clasificación se hace con base en el tamaño de la partícula; dimensión que puede ser reportado en micrómetros, milímetros, pulgadas o con el número del tamiz por donde pasa o es retenida.

Un análisis por tamizado se efectúa vertiendo la muestra en la parte superior de una serie de tamices apilados de mayor a menor abertura y agitando vertical y horizontalmente. Los principales problemas operacionales de los tamices son la sobrecarga que resulta la obstrucción de las aberturas, la aglomeración de partículas blandas, la molienda de partículas frágiles y daño causado a las mallas finas durante el limpiado mecánico. Es fundamental que las mallas se encuentren en buen estado y libres de obstrucciones (Alvarado y Aguilera, 2001).

Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales se definen como “cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afecta y modifica alguna característica de un alimento y contribuye a la calidad final del producto” (Badui, 1993). Son propiedades funcionales: la absorción de agua y grasa, la emulsificación, gelificación, la formación de espuma, la solubilidad, la viscosidad, etc. Estas propiedades, dentro de un alimento, las exhiben los polímeros como proteínas y polisacáridos como las gomas y dependen, tanto de factores intrínsecos propios de las macromoléculas, tales como: peso molecular, carga eléctrica, conformación, hidrofobicidad, composición química, etc.; así como también de factores externos prevaecientes en el medio donde se encuentra el alimento, tales como: pH, fuerza iónica, temperatura, constante dieléctrica, etc.

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La deshidratación como método de conservación en frutas y hortalizas y su efecto sobre la calidad de estos productos, se ha investigado ampliamente. En tal sentido, Rodríguez y Fito (1994), estudiaron la cinética del secado con aire caliente en rodajas de zanahoria a diferentes temperaturas del aire de secado (60, 70 y 80 °C) concluyendo que la mejor condición para deshidratar rodajas de zanahoria resultó ser 70°C, observando una mayor uniformidad en la intensidad del color.

Vega y Fito (2002), determinaron la influencia de la temperatura en la cinética de secado por aire caliente en pimiento (*Capsicum annuum* L) utilizando cuatro temperaturas de bulbo seco (50, 60, 70 y 80°C). Los parámetros de calidad analizados fueron: humedad del producto seco,

pérdida de vitamina C, color extraíble, textura (pérdida de firmeza), capacidad de rehidratación y la capacidad de retención de agua. Los resultados obtenidos indicaron que las temperaturas de secado de 60 y 70°C permiten obtener las mejores calidades, siendo el producto rehidratado muy similar al pimiento fresco.

Por otro parte Belmonte (2008), evaluó el efecto de la temperatura de deshidratación sobre las variables físicas, nutricionales y funcionales en harinas de auyama (*Cucurbita maxima* L.) para uso agroindustrial, se emplearon tres temperaturas de secado (60, 65, 70°C). Los resultados mostraron que la temperatura ejerce un efecto sobre los parámetros físicos evaluados: rendimiento, granulometría, índice de blancura y aw. Respecto a la composición proximal de las harinas en estudio, se encontró que la temperatura de deshidratación afecta el contenido de grasa y fibra, arrojando valores de 1,136 y 6,406 % 60 °C, 1,286 y 6,494 % 65 °C y 1,377 y 6,761 % 70 °C, respectivamente. Las propiedades funcionales también se vieron afectadas por la temperatura, dando mayores resultados en la harina obtenida a 70 °C.

CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad de Oriente Núcleo Monagas, en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes de la Escuela de Zootecnia y el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Agronomía; éstos ubicados en el “Campus Guaritos” municipio Maturín, estado Monagas.

Obtención y selección del fruto: las castañas que se utilizaron en el experimento se adquirieron en el Pilar Estado Sucre y luego fueron trasladadas a Maturín estado Monagas. Estos frutos se le realizó un proceso de selección donde se tomaron aquellos con una madurez fisiológica óptima y que no tuvieran algún tipo de daño mecánico, posterior a su selección se llevaron al Laboratorio de Tecnología de Alimento para proceder a la elaboración de las harinas.

PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA HARINA

En la Figura 5 se muestra el esquema tecnológico que describe el proceso de obtención de las rebanadas de castañas. A continuación se detalla el proceso:

Semilla de castaña: Las semillas fueron obtenidas por un pelado manual del fruto maduro, desmenuzado, donde se procedió a quitar el pericarpio y la cantidad de pulpa que recubría a éstas (Figura 2 y 3 del apéndice).

Lavado: Las castañas fueron lavadas a mano con abundante agua potable para remover todo tipo de impurezas presentes.

Cocción: Las castañas se sometieron a cocción en agua a una temperatura de 100 °C por una hora, hasta lograr un ablandamiento. Una vez cocidas se dejaron en reposo hasta atemperar.

Pelado: Después de haber transcurrido el tiempo de reposo (30min), se procedió a pelar o descascarar las semillas manualmente.

Cortado: Una vez peladas todas las semillas se cortaron en rebanadas de 2 mm de espesor, con ayuda de una hojilla de acero inoxidable de un procesador de alimentos.

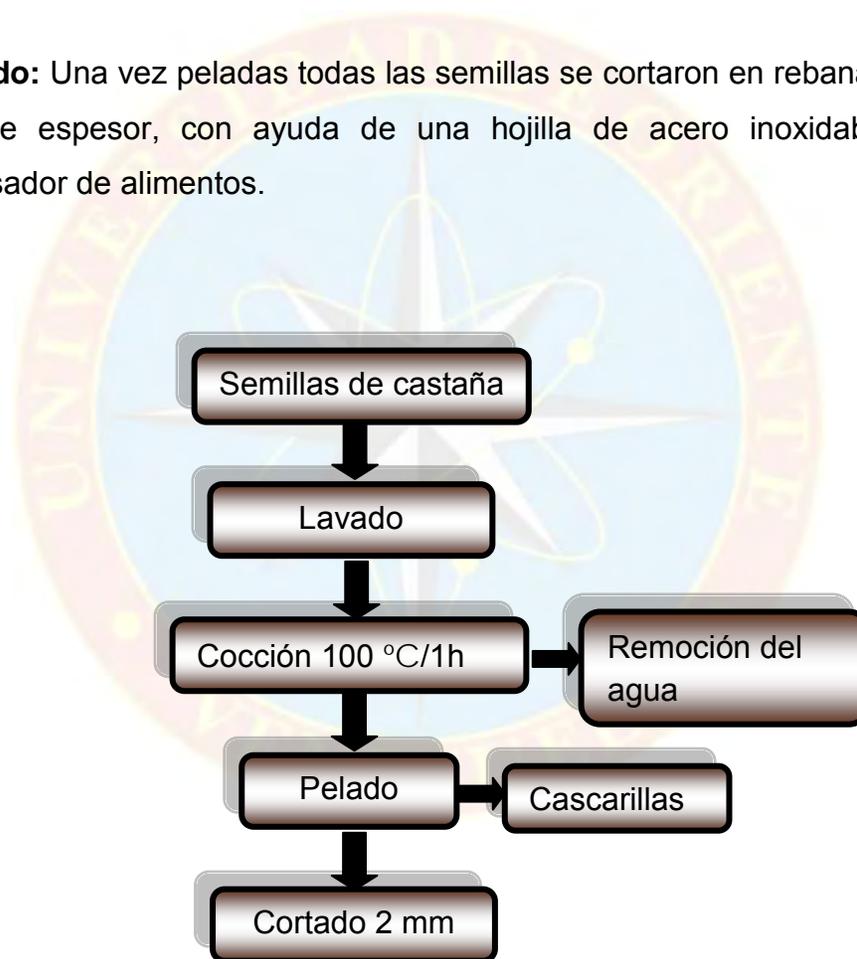


Figura 5. Esquema tecnológico para la obtención de las rebanadas de castaña.

DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE DESHIDRATACIÓN DE MUESTRAS DE CASTAÑAS A 60, 65 Y 70° C (FASE 1), MEDIANTE LAS CURVAS DE SECADO.

Para la elaboración de las curvas de secado, se utilizó el método de desecación por estufa de aire forzado, para determinar los tiempos requeridos, hasta que las muestras de castaña alcanzaron una humedad de 12 % aproximadamente. En la Figura 6, se muestra el esquema general llevado a cabo, en el cual se utilizaron 200 g de castañas previamente cocidas y cortadas en rebanadas, del cual se tomaron de 3 g de muestra y se colocaron en cesta de alambre con malla metálica, distribuidas en la superficie del mismo, siguiendo así el mismo procedimiento hasta completar las 66 cestas para cada temperatura. Las muestras fueron sometidas a deshidratación en una estufa de aire forzado marca Binder modelo FED 115 el cual se ajustó a las temperatura de 60, 65 y 70°C de acuerdo a cada tratamiento, una hora antes de colocar las muestras.

Para el control de pérdida de peso se realizó un seguimiento a la pérdida de masa con respecto al tiempo; retirando aleatoriamente 3 cestas con muestras del proceso de secado y se colocaron en un desecador hasta atemperar, posteriormente se pesaron en una balanza analítica Ohaus modelo AR 2140. El tiempo de la toma de muestra fue el siguiente, cada 10 minutos durante la primera hora, luego cada 30 minutos hasta que se alcanzó peso constante; siguiendo la metodología descrita por Chaves *et al.* (2003).

DESHIDRATACIÓN DE MUESTRAS DE CASTAÑAS (FASE 2).

Una vez que se determinó los tiempos de deshidratación, se procedió a deshidratar 3 kg de castaña cocida y previamente cortadas en rebanadas de 2 mm de espesor para cada tratamiento. Las muestras fueron llevadas a deshidratación a una estufa de aire forzado a 60, 65 y 70° C durante sus respectivos tiempos, representando cada temperatura un tratamiento, luego de deshidratadas las muestras se retiraron de la estufa y se colocaron en un desecador hasta temperar. En la Figura 7 se presenta esquema general de la elaboración de la harina de castaña.



Figura 6. Determinación de los tiempos de deshidratación de muestra de castaña para cada temperatura (Fase 1).

Molienda: por último a las muestras deshidratadas se le realizó una molienda la cual se llevó a cabo en un molino Thomas- wiley Laboratorio Mill modelo 4 con un tamiz de 0,5 mm hasta obtener la harina deseada. Luego, se empacaron en bolsas de polietileno para su almacenamiento y posterior análisis.



Figura 7. Esquema tecnológico para la elaboración de las harinas de castaña (Fase 2).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS HARINAS DE CASTAÑA

Todos los análisis correspondientes a las harinas obtenidas se realizaron con 12 observaciones.

Determinación de pH

Para su determinación se utilizó la metodología descrita por Rodríguez y Martín (1980). Se pesaron 12 g de muestra de cada tratamiento y se colocaron en un beaker y se le añadió 100 mL de agua destilada y se mezcló con una varilla de vidrio, se dejó en reposo por 30 min. Luego se filtró por gravedad y se recogió el filtrado en un beaker. Previamente se calibró el potenciómetro con solución buffer (4 y 7), luego de haber calibrado el equipo se introdujo el electrodo del potenciómetro en el interior de los beaker que contenían las muestras, se esperó por espacio de 15 segundos hasta que el aparato registró la lectura.

Granulometría

Para la determinación de la granulometría se utilizó el método propuesto por España (2009), el cual mide la uniformidad de las partículas. Las harinas producto de la molienda se pasaron por dos tamices de acero inoxidable identificados con el número 20 Mesh (0,841 mm) y el otro con el número 60 Mesh (0,250 mm), el polvo que pasó a través de estos tamices fue pesado, para calcular el porcentaje de partícula correspondientes a cada tamaño de tamiz y determinar el tamizaje fino.

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL

Contenido de humedad

El porcentaje de humedad de las harinas, se determinó, mediante la técnica de pérdida de peso en una estufa a vacío a 70°C, de acuerdo al método oficial AOAC 934.06 (1998). Se colocaron en una cápsula de aluminio limpia y seca, previamente tarada en balanza analítica Ohaus modelo AR 2140, 5 g de harina. La cápsula con la muestra se colocó en la estufa NAPCO modelo 5831, acoplada a una bomba de vacío GATS modelo DAA-V515-ED, a 70°C y 25 mmHg, la cual se mantuvo durante la operación. Se dejó secar por 3 horas continuas y luego se colocaron en un desecador hasta atemperar y posteriormente se pesaron, y se llevaron las cápsulas nuevamente a la estufa por 1 hora. Se repitió el procedimiento de secado y atemperado cada hora hasta alcanzar peso constante.

El contenido de humedad se cálculo separadamente para cada muestra y se expresó en porcentaje (%) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (1)$$

Extracto etéreo

La determinación del extracto etéreo se realizó por el método de Golfish, de extracción continua, usando la metodología descrita por la norma COVENIN 1785-81. En el cual se colocaron 1,5 g de harina en papel de filtro previamente tarados y se introdujo en un dedal de extracción el cual se colocó en el aparato de Goldfish. Después de ello, se procedió a colocar el

vaso de precipitación especial, previamente pesado, con el solvente (éter etílico) se sometió a reflujo para extraer la grasa. El residuo que se obtuvo se llevó a secado en una estufa convencional a 105 °C por 1 hora para evaporar el resto del solvente, se llevaron a un desecador y se dejó en reposo hasta enfriar y posteriormente se pesó. El porcentaje de grasa en la muestra fue calculado mediante la siguiente fórmula (COVENIN, 1981c).

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (2)$$

Proteína

La determinación de proteínas se realizó según la norma COVENIN 1195-95 a través del método de micro Kjeldahl (COVENIN, 1995).

Digestión

Se pesaron 0,1 g de muestra de cada tratamiento y se colocó en tubos de digestión Kejdahl, a los cuales se les añadió 3 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄), para digestión y 1 g de catalizador; se colocaron en el digestor durante 45 minutos aproximadamente, hasta que la solución se tornó transparente y libre de carbón. Se dejaron enfriar los tubos con las muestras y se le añadió 10 mL de agua destilada.

Destilación

Los extractores de la digestión ácida fueron diluidos con 10 mL de agua destilada y se neutralizaron con NaOH 18 N. El amoníaco liberado durante la destilación se recogió en una solución receptora ácido bórico (H₂BO₄) al 2%

y utilizaron dos indicadores verde bromocresol al 0,1% y rojo de metilo al 0,1% para luego ser titulada.

Titulación

Se tituló con HCL al 0,1 N hasta que el color del indicador cambió de verde a azul ceniza. Se utilizó como factor 5,7 para la conversión de proteína. Para calcular el porcentaje de proteínas se utilizaron las siguientes ecuaciones.

$$\% N = \frac{V_{HCL} \times N_{HCL} \times 0,014}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad \quad \quad \% P = \% N \times F \quad (4)$$

Donde:

V_{HCL} : volumen del ácido

N_{HCL} : Normalidad de ácido

N: Nitrógeno

F: factor de corrección (5,7)

Fibra cruda

De acuerdo al método descrito por la norma COVENIN 1789-81, se determinó el contenido de fibra cruda presente en la muestra. Colocando en un vaso de digestión 1g de muestra seca y desgrasada para ser sometida a una digestión secuencial ácida y alcalina utilizando para ello, 200 mL de ácido sulfúrico (0,255N) por 30 min desde el momento en que comenzó a hervir, luego se bajó la muestra y se filtró en caliente. El residuo fue lavado con agua destilada para eliminar todo el ácido. Después de esto se colocó la fibra de vidrio con el residuo en el mismo vaso donde se realizó la hidrólisis, con mucho cuidado para no perder muestra, se le añadió 200 mL hidróxido

de sodio (0,313N) y se repitió el mismo procedimiento anterior. El residuo insoluble, lavado y filtrado se colocó en una estufa a 105 °C por 24 horas, se dejó en reposo y se pesó. Posterior a esto se introdujo en una mufla 550 °C por 3 horas, se dejó enfriar y se pesó nuevamente. El porcentaje de fibra se calculó mediante la siguiente fórmula (COVENIN, 1981b):

$$\% \text{ Fibra} = \frac{\text{Peso de la muestra a } 105 \text{ } ^\circ\text{C} - \text{peso de la muestra a } 550 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Peso de la muestra}} \quad (5)$$

Ceniza

La determinación de ceniza se realizó por la metodología descrita por la norma COVENIN 1783-81, donde se pesaron 3 g de muestra de harina y se colocaron en un crisol pesado previamente y tarado, se llevaron a una mufla (Marca Thermolyne modelo 1300 Furnace) a temperaturas comprendidas entre 550 y 600 °C durante 3 horas aproximadamente. Al transcurrir el tiempo se retiraron de la mufla y se colocaron en un desecador hasta que alcanzó una temperatura ambiente para luego ser pesadas (COVENIN, 1981a)

El contenido de ceniza de dichas muestras se cálculo de la siguiente manera:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (6)$$

Carbohidratos

La determinación del contenido de carbohidratos se realizó a través del método de hidrólisis ácida, según (COVENIN 1990), el cual se llevó a cabo a través de dos pasos:

Estandarización del reactivo de Fehling

Para la estandarización se procedió a llenar una bureta con 50 mL de una solución de glucosa al 0,5%, luego se agregaron en una fiola de 125 mL, 2 mL de Fehling A y 2 mL de Fehling B. Seguidamente se le añadió 20 mL de agua destilada y se llevó a calentamiento hasta ebullición. Se comenzó a titular poco a poco sin que la solución dejara de ebullición, hasta la aparición de un color azul grisáceo, en dicho instante se le agregó tres gotas de azul de metileno al 1% y se dejó hervir durante 1 minuto y se continuó con la titulación hasta la aparición de un color rojo ladrillo. Se anotó el volumen gastado para utilizarlo posteriormente en los cálculos.

DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES.

Para la determinación del contenido de carbohidratos se pesaron de 2 g de muestra y se llevó a un balón de destilación, al cual se le agregaron 200 mL de agua destilada y 20 mL de ácido clorhídrico concentrado. Posteriormente se llevaron a ebullición y constante reflujo durante tres horas y media manteniendo la ebullición. Luego de transcurrido el tiempo se enfrió rápidamente y se neutralizó la solución con hidróxido de sodio al 18N. Finalmente se llevó la solución a un balón aforado de 500 mL y se enrasó con agua destilada.

Luego de esto se procedió al proceso de titulación, llenando una bureta con 50 mL de la solución preparada y se tituló el reactivo de Fehling con la solución, siguiendo el mismo procedimiento que en la estandarización y se anotó el volumen gastado necesario para reducir la solución de Fehling.

Los cálculos se hicieron a partir de las diluciones realizadas, partiendo del título obtenido, el cual se efectuó con la solución pura de glucosa de la siguiente manera:

$$\text{Título} = \frac{V_1 \times C_1}{100}$$

Donde:

V_1 = mL de solución de glucosa gastado.

C = Concentración de glucosa gastado.

100 = Volumen preparado de la solución de glucosa

El contenido de carbohidratos se obtuvo mediante el título y la dilución realizada, calculando así, la cantidad de glucosa presente en la muestra. Los resultados obtenidos se expresaron en (%) de azúcares totales.

$$P_G = \frac{\text{Título} \times V_D}{P_M \text{ (g)}} \quad \% A_T = \frac{P_G \text{ (g)}}{V_G \text{ (g)}} \times 100 \quad (9)$$

Dónde:

P_G : Gramos de glucosa presentes en la muestra.

Título: Gramos de glucosa necesarios para reducir el Fehling.

V_D : Volumen de la dilución.

P_M : Peso de la Muestra.

A_T : Azúcares totales presentes en la muestra.

V_G : Volumen gastado en la titulación.

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS HARINAS OBTENIDAS A TRES TEMPERATURAS.

Determinación de la capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua en las muestras de harinas de castaña se determinó según la metodología descrita por Granito *et al.* (2004). Donde se pesó 1 g de muestra de harina y se le añadió 10 mL de agua destilada en un tubo, luego se sometió a agitación constante por un lapso de tiempo de 30 min a temperatura ambiente y se centrifugó a 4000 rpm en una centrifugadora (Fisher Scientific Clinical Centrífuga Model CL) durante 30 min. Los resultados se expresaron como gramos de agua retenida por gramos de muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de absorción de agua} = \frac{\text{Peso de agua absorbida}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100 \quad (10)$$

Determinación de la capacidad de absorción de grasa

La capacidad de absorción de grasa en las harinas de castaña se determinó según la metodología descrita por Granito *et al.* (2004). Donde se pesó 1 g de muestra para cada harina, y se le añadió 10 mL de aceite de maíz comestible en tubos de centrifuga de 20 mL previamente pesados y tarados, se agitaron con movimiento constante durante 1 min a temperatura ambiente. Luego, se llevó a centrifugación por 30 min a 4000 rpm, en una centrifugadora (Fisher Scientific IEC Clinical Centrifuge, Model CL). Los resultados se expresaron como gramos de aceite retenidos por gramo de muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de absorción de grasa} = \frac{\text{Peso de grasa absorbida}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100 \quad (11)$$

DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos y doce (12) observaciones para un total muestral de treinta y seis (36), donde los tratamientos fueron las temperaturas (60, 65 y 70 °C) correspondientes a las variables independientes y las variables dependientes son los análisis físicos (pH, granulometría), químicos (humedad, ceniza, extracto etéreo, proteína, fibra cruda y carbohidratos) y funcionales (capacidad de absorción de agua y capacidad de absorción de grasa).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los tiempos de deshidratación en la curva de secado de rebanadas de semilla de castaña, se determinó mediante las ecuaciones predictivas de regresión simple que arrojó el programa estadístico Stargraphics centurión (2007), donde la variable independiente corresponde al tiempo y la variable dependiente es la humedad en base seca (Steel y Torrie, 1985).

Los resultados de la muestra de harinas obtenidas de castaña fueron analizados mediante un ANAVA (Steel y Torrie, 1985) utilizando un software estadístico (SAS, 2004). Para evaluar la diferencia significativa existente entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples de DUNCAN al 5% de probabilidad.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO DE LAS MUESTRAS DE CASTAÑAS A 60,65 Y 70°C MEDIANTE CURVAS DE SECADO.

En la Figura 8, se presenta las curvas de secado de rodajas de castañas, las cuales se sometieron a tres temperaturas 60, 65 y 70 °C. En esta Figura se observa que al aumentar la temperatura hay un incremento en la pérdida de agua con el paso del tiempo.

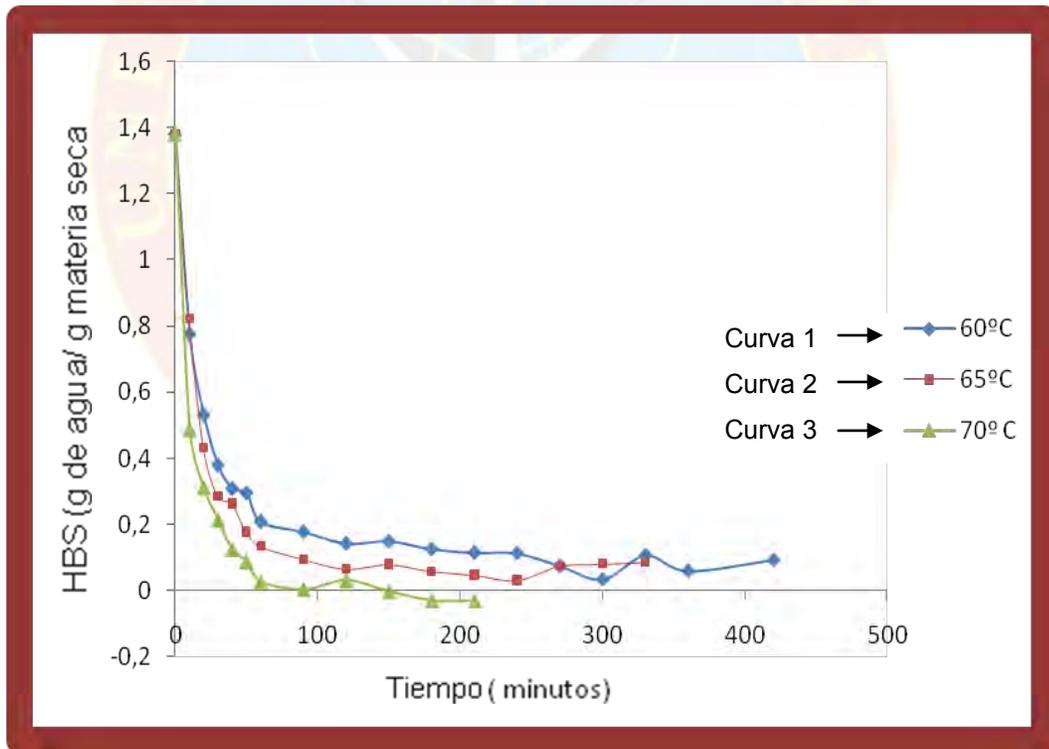


Figura 8. Curvas de secado de muestras castañas deshidratadas a 60, 65 y 70°C.

Para la interpretación de la curva de secado se siguió lo señalado por Casp y Abril (1999), donde se hace mención a que el proceso de secado está dividido normalmente en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente, tomando en cuenta estas fases se utilizaron las ecuaciones predictivas de regresión para conseguir una humedad aproximada al 12% (cálculo 1 y 2 del apéndice).

En la curva 1 (60°C), el periodo de precalentamiento se da en un lapso mínimo de tiempo y se considera despreciable, en esta fase el alimento se adapta a las condiciones del ambiente secante, seguido a esto se produce el período de secado a velocidad constante el cual tiene una duración de 30 minutos, retirando en ese lapso de tiempo 0,37 g de agua/g de sólido seco, al transcurrir este tiempo se observa una caída de la pendiente que da paso al período de secado a velocidad decreciente, el cual tiene una duración de 120 minutos retirando de la materia prima un contenido de humedad de 0,14 g de agua/ g de sólido seco, siguiendo el proceso de secado a partir de este tiempo se origina un segundo periodo de velocidad decreciente, en esta etapa el alimento a perdido toda el agua libre disponible y solo queda el agua que esta internamente ligada, alcanzando peso constante .

En la curva 2 (65°C), el periodo de precalentamiento se da en un lapso mínimo de tiempo y se considera despreciable, en esta fase el alimento se adapta a las condiciones del ambiente secante, seguido a esto se produce el período de secado a velocidad constante el cual tiene una duración de 20 minutos, retirando en ese lapso de tiempo 0,43 g de agua/g de sólido seco, al transcurrir este tiempo se observa una caída de la pendiente que da paso al período de secado a velocidad decreciente, el cual tiene una duración de 90 minutos retirando de la materia prima un contenido de humedad de 0,09 g de

agua/ g de sólido seco, siguiendo el proceso de secado a partir de este tiempo se origina un segundo periodo de velocidad decreciente, en esta etapa el alimento a perdido toda el agua libre disponible y solo queda el agua que esta internamente ligada, alcanzando peso constante.

En la curva 3 (70°C), el periodo de precalentamiento se da en un lapso mínimo de tiempo y se considera despreciable, en esta fase el alimento se adapta a las condiciones del ambiente secante, seguido a esto se produce el período de secado a velocidad constante el cual tiene una duración de 10 minutos, retirando en ese lapso de tiempo 0,49 g de agua/g de sólido seco, al transcurrir este tiempo se observa una caída de la pendiente que da paso al período de secado a velocidad decreciente, el cual tiene una duración de 60 minutos retirando de la materia prima un contenido de humedad de 0,02 g de agua/ g de sólido seco, siguiendo el proceso de secado se observa que el alimento a perdido toda el agua libre disponible y comienza a perder sus componentes dando valores negativos.

Según Fellows (1994) la velocidad de secado (considerada como pendiente de la curva de secado), decrece con el tiempo, lo que demuestra que la remoción de humedad es proporcional a la concentración de agua de un alimento y depende de la temperatura aplicada, a mayor temperatura de deshidratación menor es el tiempo de secado para que alcance peso constante.

Las curvas 1, 2, y 3 indican que la semilla de castaña comienza a perder humedad al inicio (10 minutos) de la operación de secado. A una temperatura de 70°C la pérdida de humedad es superior a la que se consigue a temperaturas inferiores. Caps y Abril (1999) señalan, que en las curvas de secado la mayor parte del proceso transcurre dentro del período

de velocidad decreciente. Para tratar de lograr una misma humedad de equilibrio (cercana al 12%), se necesita menos tiempo para una temperatura de 70 °C (60 minutos) que para 65 y 60°C, con tiempos de 90 y 120 minutos, respectivamente que constituye el tramo en la recta de la zona de velocidad decreciente. Tiempos similares (50, 100 y 150 min), obtuvo Hoyos (1979) al secar plátanos en tiras, logrando alcanzar humedades comprendidas de 7 a 12 %.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS HARINAS DE SEMILLAS DE CASTAÑA OBTENIDAS A TRES TEMPERATURAS

➤ pH

En los valores de pH para las harinas de castañas que se muestran en el Cuadro 3, se encontró que las muestras sometidas a una temperatura de 65 y 70°C son iguales entre si, pero a su vez son estadísticamente diferente estos tratamientos con 60°C para una $p < 0.05$ (Cuadro 1 y 2 del apéndice), lo que indica que hubo un efecto de la temperatura sobre el pH de las muestras, donde se observó un incremento del pH a medida que aumenta la temperatura, resultados similares obtuvo Aldana (2011) en harina de yuca. Según Potter y Hotchkiss (1999), esto puede ser debido a la concentración de los ácidos en menos volumen del alimento debido a la deshidratación, a mayor concentración de ácidos menor es el pH.

Los valores de pH se encuentran por debajo de los citados por Reágueti (2001), quien reporta un valor 6,20 para la harina de pan de año (*Artocarpus altilis*). Esto se podría atribuir posiblemente a la materia prima que se utilizó en la investigación es procedente de Perú y las condiciones ambientales y

climáticas son diferentes a las de Venezuela. No obstante, la harina de semillas de castaña cumple con los parámetros de pH (5,6) establecidos por la norma COVENIN (217:2001), para ser empleada en la elaboración de productos de panadería. Además Egan *et al.* (1987), reportaron que el pH máximo de estas harinas es de 6. Por otra, parte Quaglia (1991), acotó en relación al pH de la harina de trigo, que aquellas con un valores menores 6 mejoran el proceso de amasado, ya que el pH óptimo para panificación es 5, por lo tanto, un valor por debajo de 5 podría causar un resquebrajamiento en las cortezas de panes. Tomando esto como referencia se puede inferir que el valor de pH obtenido en la harina de castaña no proporcionaría ningún efecto negativo al mezclarse con la harina de trigo para la realización de panes u otros productos de panadería.

Cuadro 3. Valores promedios del pH de las harinas de castañas elaboradas.

Tratamiento	pH
60°C	5,689 ^b
65°C	5,733 ^a
70°C	5,754 ^a

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$).

➤ Granulometría

En el Cuadro 4, se muestran los promedios de los porcentajes de las harinas que pasa a través de cada tamiz, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para una $p < 0,05$ (Cuadros 3, 4, 5 y 6 del apéndice), los resultados obtenidos revelan, que las muestras no presentaron uniformidad entre sus partículas ya que se consiguieron medidas de diferentes diámetros. La mayor cantidad de harina fue cernido en el tamiz 60 Mesh, la cual mostró el mayor valor para las

muestras sometidas a una temperatura de 70 °C dando un porcentaje de 62,08 %, seguido de un 59,32 % para 65 °C y 58,89 % para 60 °C, lo que indica, que el mayor número de partículas corresponden a un diámetro de 0,250 mm aproximadamente. A su vez también se obtuvieron partículas a 0,841 mm en un tamiz de 20 Mesh aunque en menor proporción, dando como resultado 41,040 % para 60 °C, 40,31 % para 65 °C y un 37,92 % para 60 °C. Se puede observar que a mayor temperatura, mayor es el porcentaje de partículas cernidas que pasa por el tamiz de 60 Mesh. Por lo tanto la temperatura de deshidratación tiene un efecto significativo sobre la granulometría de las harinas en estudio, debido a que a mayor temperatura de secado (70°C), existe un mayor endurecimiento de las muestras que facilita un mejor corte del producto que genera partícula de menor tamaño a través de la molienda.

Cuadro 4. Valores promedios del porcentaje de granulometría de las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.

Tratamientos	Granulometría	
	60 Mesh (0,250 mm) (%)	20 Mesh (0,841 mm)(%)
60° C	58,896 ^c	41,140 ^a
65° C	59,327 ^b	40,317 ^b
70° C	62,083 ^a	37,920 ^c

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Acosta (2007) señala que el análisis granulométrico de una harina es una prueba necesaria porque es importante conocer el reparto de tamaño

de partículas que cada molino puede producir después de la molienda, a su vez permite conocer el modulo de finura e índice de uniformidad de manera que la industria molinera utilice la malla adecuada durante la molienda, mediante el tamizado se obtendrán características que permita clasificar adecuadamente a las harinas que pueden ser usadas para facilitar las operaciones unitarias de mezclado en la elaboración diferentes productos alimenticios.

DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS OBTENIDAS A TRES TEMPERATURAS

➤ Humedad

El porcentaje de humedad para las harinas de castaña, se muestra en el cuadro 5, y osciló entre 9,18 y 11,34 %. Se encontró que las muestras sometidas a 65 y 70°C son iguales entre si, pero a su vez son estadísticamente diferente con el tratamiento de 60°C para un $p < 0,05$ (Cuadro 7 y 8 del apéndice), lo que revela que hubo efecto de la temperatura sobre el contenido de humedad de las castañas en función del tiempo. Estos valores obtenidos en el estudio son similares al reportado por Argueta *et al.* (2008) de 12,68%, para la harina de castaña. Sin embargo, están por encima del reportado por Benítez y Dávila (2011) de 4,40% lo que indica que dependiendo de la muestra y del proceso aplicado se pueden obtener diferentes resultados.

Cuadro 5. Valores promedios de Humedad de las harinas de castaña obtenidas a diferentes temperaturas.

Tratamiento	%Humedad
60°C	9,182 ^b
65°C	11,109 ^a
70°C	11,344 ^a

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias entre los tratamientos ($p < 0,05$)

De acuerdo a los resultados se puede señalar que a mayor temperatura de secado hay mayor humedad presente en las muestras, para Nielsen (2009) y Potter (1999), en los proceso de deshidratación algunos materiales alimenticios pierde agua desde su superficie y tienden a formar una corteza semipermeable o a conglomerarse durante el secado, conocido como costras superficiales, lo que evita la salida del agua del alimento conservando así la humedad especialmente en su núcleo. Desde el centro a la superficie se establece un gradiente de humedad, como consecuencia, la capa seca exterior forma una barrera aislante frente a la rápida transferencia de calor hacia el centro de la muestra, disminuyendo así la evaporación o transferencia de calor, el agua que queda en el centro debe recorrer una distancia mayor para salir del alimento. Por lo tanto; durante la deshidratación del alimento no se pierde toda el agua presente en el mismo, lo que explica que a mayor temperatura de secado las muestras de castaña se encontró un mayor contenido de humedad.

➤ **Extracto etéreo**

El contenido de extracto etéreo se muestra en el Cuadro 6, donde se demuestra que la temperatura ejerció efecto sobre la variable nutricional, se encontró que las muestras sometidas a una temperatura 70°C son

estadísticamente similar a las sometidas a 65 y 60°C pero a su vez 65 y 60°C son diferentes entre si para un $p < 0,05$ (Cuadros 9 y 10 del apéndice). Las harinas en estudio presentaron valores de 6,54 % para 60 °C, 6,97 % para 65 °C y 6,82 % para 70 °C. Según Adrian *et al.* (2000), el contenido de grasa de las harinas aumenta cuando mayor es la temperatura de deshidratación, debido a que el calor libera la grasa de otros componentes del alimento. Por otra parte la diferencia encontrada en el porcentaje la grasa entre los tratamientos se debe a que la harina obtenida a 60°C fue la que mostró un menor % de humedad (9,18%), lo que indica una menor cantidad de agua disponible, a menor humedad los valores de grasa disminuyen debido a la concentración de los otros sólidos en el alimento, por lo tanto permite que se refleje una significativa variación en la cantidad de grasa presente, en comparación con los otros tratamientos.

Cuadro 6. Valores promedios del porcentaje de Extracto etéreo en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de secado.

Tratamiento	%Extracto etéreo
60°C	6,549 ^b
65°C	6,973 ^a
70°C	6,823 ^{ab}

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican que existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Al comparar estos valores, se encuentran por debajo con el reportado por Benítez y Dávila (2011) de 7,85 % deshidratando a 70°C por 8 horas y por encima a lo reflejado por Argueta *et al.* (2008); quienes encontraron contenidos de grasa de 4.38 % deshidratando a 70°C por 4 horas para la harina de castaña. Por lo tanto; esta pérdida de grasa se puede atribuir a las zonas de cultivo y los posibles tiempos deshidratación a las cuales fueron sometidas las muestras. Por otro lado, Larios *et al.* (2005), señala que la

disminución en el contenido de grasa con respecto al tamaño de partícula podría estar relacionada con la aglomeración de partículas durante el proceso de molienda, por lo que el área superficial de las partículas finas fue mayor y considerablemente que las fracciones más gruesas y como consecuencia permite que se refleje un mayor contenido de grasa.

Según Sánchez (2007), es importante destacar que parte de estas materias grasa durante la elaboración de las harinas se transforman en ácidos grasos que alteran su calidad, lo que indica que al elevarse el porcentaje de grasa, las harinas resultaría perjudicial en su conservación. Por tal razón, la ciencia y tecnología de los alimentos ejecutan estudios científicos donde: el empaque, los aditivos (antioxidantes), molienda con atmósferas controladas y atmósferas modificadas, etc, son tomados en cuenta. De igual forma en cuanto al tiempo de almacenamiento, ya que se forman compuestos volátiles que producen olores y sabores desagradables producto de la rancidez lipídica que reduce el valor nutritivo del alimento. Sin embargo, las grasas tienen una acción fundamental en la dieta, pues son fuente de energía, con un valor calórico elevado (9 cal/gramo); las grasas también poseen otras misiones esenciales como: impedir las pérdidas de calor, proteger las vísceras (grasa perivisceral, entre otros), transportar vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y ácidos grasos esenciales (linoleico, linolénico y araquidónico). A su vez, entre sus propiedades está el dar a los alimentos características organolépticas especiales, que aumentan su sabor. Asimismo, forman parte de la estructura de las membranas celulares.

➤ **Proteína**

En el Cuadro 7, se muestra los porcentajes de proteína cruda obtenidos. No se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los

tratamientos por efecto de la deshidratación (Cuadro 11 del apéndice), lo que revela que la temperatura de deshidratación no afectó el contenido de proteínas de las muestras evaluadas.

Los valores obtenidos son superiores a lo reportado por Benítez y Dávila (2011) de 11,40% para harina de castaña e inferior a lo reflejado por Argueta *et al.* (2008); quienes encontraron contenidos proteicos de 14,98%, respectivamente. Esta diferencia puede deberse a la ubicación geográfica, suelo, condiciones climáticas, la propia planta, cosecha y manejo post cosecha, y fundamentalmente la disponibilidad de nitrógeno en el suelo donde se dan los frutos. Sin embargo al comparar los resultados que mostraron las harinas de castaña entre las cantidades de proteína de los componentes de la harina de trigo (11,79%) que reportó el INCA (1991); se observa que ésta diferencia es relativamente mínima.

Cuadro 7. Valores promedios del % Proteína en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de secado.

Tratamiento	Proteína
60°C	11,749 ^a
65°C	12,304 ^a
70°C	11,928 ^a

Los valores son promedios de cuatro repetición

Las propiedades funcionales permiten el uso de las proteínas como ingredientes en alimentos, aunque generalmente se incorporan en mezclas complejas. Las características sensoriales resultan de más importancia para el consumidor que el valor nutricional, el que frecuentemente se altera para lograr buenas cualidades organolépticas, como textura, sabor, color y apariencia, las que a su vez son el resultado de interacciones complejas

entre los ingredientes. Como ejemplo se puede señalar el caso de los productos de panadería, donde la viscosidad, la capacidad de formar pastas, capacidad de absorción de agua, la capacidad de absorción de grasa, capacidad emulsionante, capacidad de formar espumas se relacionan justamente con las propiedades de las proteínas. Otra función principal de las proteínas es aportar nitrógeno, aminoácidos esenciales o necesarios para la síntesis de las proteínas corporales y demás sustancias nutritivas. La calidad y el valor de una proteína alimenticia depende de la naturaleza y cantidades de los aminoácidos que contiene, lo que presenta una medida de la eficacia de cómo el organismo puede utilizar esa proteína (Robinson, 1991). El contenido de proteínas en los alimentos, desempeña un papel imprescindible en las propiedades organolépticas de ellos (Vollmer *et al.*, 1999). Según estos autores se puede decir que las harinas de castañas tiene un alto valor proteico, ya que contiene una gran cantidad aminoácidos esenciales (leucina, isoleucina, lisina, metionina, entre otros) capaz de adaptarse a estas especificaciones y que probablemente pueda incluirse en la dieta diaria especialmente en la etapa de crecimiento que es cuando el cuerpo tiene mayor demanda de proteína.

➤ **Fibra Cruda**

En el Cuadro 8, se muestran los valores que representan el efecto de los tratamientos sobre el contenido de fibra, se determinaron valores 2,637% (60° C), 2,735 % (65° C) y 2,797% (70° C), indicando que las muestras sometidas a una temperatura de 65° C fue estadísticamente similar a las muestras sometidas a una temperatura de 70 y 60° C, pero a su vez hubo diferencia entre los tratamientos a 70 y 60 °C para una $p < 0,05$ (Cuadros 12 y 13 del apéndice). Los resultados obtenidos son menores a lo reportados

por Benítez y Dávila (2011) para fibra de 8,32% y se encuentran por encima de lo establecido por Oshidi *et al.* (1999), de 1,77%.

Cuadro 8. Valores promedios del % Fibra en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de secado.

Tratamiento	%Fibra
60°C	2,637 ^b
65°C	2,735 ^{ab}
70°C	2,797 ^a

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Se observó un incremento en el contenido de fibra a medida que se aumentó la temperatura de deshidratación. Al hacer una comparación con los autores señalados anteriormente se puede observar que la harina de castaña supera el contenido de fibra en la harina de trigo de 0,47. Desde el punto de vista nutricional, la fibra no es un nutriente, ya que no participa directamente en procesos metabólicos básicos del organismo. No obstante, la fibra alimentaria desempeña funciones fisiológicas importantes como estimular la peristalsis intestinal y ayuda a prevenir el estreñimiento. Rayas y Romero, (2000) señalan que al mejorar la función intestinal, la fibra alimentaria puede reducir el riesgo de enfermedades y trastornos, y puede tener un efecto protector frente al cáncer de colon, permitiendo eliminar el colesterol y ciertas sales biliares, al mismo tiempo disminuyen la cantidad de glucosa y de ácidos grasos en la sangre.

➤ Cenizas

En el Cuadro 9, se muestran los resultados obtenidos de las harinas de castañas los cuales oscilaron entre 2,58% y 2,99%, se encontró que las

muestras sometidas a 60 y 65°C son estadísticamente iguales entre si, pero a su vez son diferentes a las muestras sometidas a 70°C para $p < 0,05$ (Cuadros 14 y 15 del apéndice). Estos valores se encuentran por debajo de los promedios de ceniza reportados por Argueta *et al.* (2008) de 3,34% y de Benítez y Dávila, (2011), de 4,54%. Esta diferencia puede deberse a la procedencia de las castañas, variedad, composición del suelo, clima y otros factores ambientales, ya que estos provienen de diferentes regiones y las características agronómicas de la variedad o híbrido utilizado son diferentes.

Cuadro 9. Valores promedios del % Ceniza en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.

Tratamiento	%Ceniza
60°C	2,683 ^b
65°C	2,583 ^b
70°C	2,994 ^a

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Las muestras sometidas a temperatura de 70°C fueron las que presentaron un mayor contenido de cenizas. Debido a las altas temperaturas a la cual es sometido el alimento, algunos compuestos presentes en el resto de los nutrientes se volatilizan durante el proceso, lo que permite que exista una menor concentración de los demás constituyentes del alimento, en relación a los otros tratamientos. Por lo que se cree que es el caso particular de este tratamiento (70°C) el porcentaje del resto de los sólidos (grasa, proteína y carbohidratos), de la castaña disminuyeron, reflejando así mayor presencia de cenizas en el alimento.

Para Cavidad (1995), el contenido de ceniza está formado por potasio, sodio, calcio, magnesio, fósforo e hierro, éstas son indicativo de la cantidad

de materia inorgánica que pudiera aportar la castaña a un determinado alimento.

➤ **Carbohidratos**

En el Cuadro 10, se observan los valores de carbohidratos de 66,23% para una temperatura de 60° C, 63,23% a 65° C y 64,22% a 70° C, se encontró que las muestras sometidas a una temperatura de 65 y 70 °C son iguales entre si, pero a su vez son significativamente diferente por efecto de la deshidratación con 60°C para $p < 0,05$ (Cuadro 16 y 17 del apéndice). Los valores a temperaturas de 65 y 70°C se encuentran por debajo de lo reportado por Benítez y Dávila (2011) de 64,68 deshidratando a 70 °C por 8 horas y por Oshidi (1999) de 67,06 % para harina de castaña; sin embargo, las muestras sometidas a 60°C son similares a los obtenidos por Benítez y Dávila (2011). Charley, (1991) señala que estas diferencia encontradas pudo deberse a la variedad y condiciones de cultivo de la castaña, así como también al método de procesamiento empleado para la elaboración de la harina y al método utilizado para su determinación, asociado a esto la temperatura de proceso. Al hacer una comparación de estos resultados con el contenido de carbohidratos de las harinas obtenidas con respecto a la harina de trigo (76,31 %) se puede observar que esta supera la cantidad que tiene la harina de castaña.

WHO/FAO (1998), señala que los carbohidratos se presentan en forma de azúcares, almidones y fibras, y son uno de los tres principales macronutrientes que aportan energía al cuerpo humano (los otros son la grasa y las proteínas). Actualmente, está comprobado que al menos el 55% de las calorías diarias que ingieren provienen de los carbohidratos. Aunque es importante mantener un equilibrio adecuado entre las calorías que

ingieren y las que se gastan, las investigaciones científicas sugieren que, una dieta que contenga un nivel óptimo de carbohidratos puede prevenir la acumulación de grasa en el cuerpo; el almidón y los azúcares aportan una fuente de energía de la que se puede disponer rápidamente para el rendimiento físico; las fibras alimenticias, que son un tipo de carbohidratos, ayudan a que los intestinos funcionen correctamente, además de los beneficios directos de los carbohidratos para el cuerpo, se encuentran en numerosos alimentos, que en sí mismos aportan a la dieta muchos otros nutrientes importantes. Por este motivo, se recomienda que los carbohidratos provengan de diferentes alimentos, para asegurar que la dieta general contiene los nutrientes adecuados. También es importante recordar que los carbohidratos realzan el sabor, la textura y la apariencia de los alimentos y hacen que la dieta sea más variada y agradable.

Cuadro 10. Valores promedios del % Carbohidratos en las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.

Tratamiento	Carbohidratos
60°C	66,236 ^a
65°C	63,917 ^b
70°C	64,225 ^b

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Los resultados de la evaluación de los parámetros nutricionales investigados permiten predecir que en cualquier alimento donde la harina de castaña sea utilizada como ingrediente incrementará su contenido nutricional.

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES

➤ Capacidad de absorción de agua

Los resultados obtenidos en la valoración de las propiedades funcionales de las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas se encuentran en el Cuadro 11. Se encontró que las muestras sometidas a 60 y 65° C son estadísticamente iguales entre si, pero a su vez son diferentes a las sometidas a 70° C con respecto a dicha probabilidad (Cuadro 18 y 19 del apéndice).

La capacidad de absorción de agua (CAA) arrojó resultados de 2,691 g agua/g harina (60°C), 2,558 g agua/g harina (65°C) y 2,861 g agua/g harina (70°C). Estos valores son inferiores a los reportado por Henao (2004) para harina de trigo (3,11 gramos de agua/ g de harina), factor que interfiere en su utilización en panificación pues a mayor absorción de agua de la harina más panes se obtendrán de la misma cantidad de harina, por lo que es necesario complementarla. Sin embargo la harina que se sometió a temperatura de 65° C fue la que desarrolló una menor capacidad de absorción de agua, esta diferencia puede deberse a factores como la temperatura de deshidratación, ya que ésta afecta las interacciones proteína-agua.

Si bien se pudo observar en esta investigación, es que la temperatura influye sobre la granulometría de las harinas en estudio. Belen *et al.* (2004) señala, que la granulometría es uno de los factores del cual depende la capacidad de absorción de agua de las harinas, ya que mientras más pequeñas sean las partículas mayor será su absorción de agua (Es por esto que la harina obtenida a 70 °C arrojó un resultado superior en comparación

con las otras temperaturas, dado que esta obtuvo un mayor contenido de partículas de 0,250 mm en su granulometría, lo que le proporciona una mayor absorción de agua.

Cuadro 11. Valores promedios de las propiedades funcionales de las harinas de castaña obtenidas a tres temperaturas de deshidratación.

Tratamientos	CAA (g agua/g harina)	CAG (%)
60° C	2,691 ^b	0,499 ^b
65° C	2,558 ^b	0,621 ^b
70° C	2,861 ^a	0,893 ^a

Medias con letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$).

➤ Capacidad de absorción de grasa

En el Cuadro 11, se observa los porcentajes de la capacidad de absorción de grasa (CAG) donde el mayor valor se obtuvo en la harina de castaña deshidratada para la temperatura de 70 °C de 0,893 %, mientras que los valores para 60 °C y 65 °C respectivamente. Estos resultados mostraron que las muestras sometidas a 60 y 65° C son estadísticamente iguales entre si, pero a su vez estos tratamientos son diferentes a las muestras sometidas a 70° C para $p < 0,05$ (Cuadro 20 y 21 del apéndice), lo que indica que hubo un efecto de la temperatura de deshidratación sobre la variable estudiada, a medida que aumenta la temperatura se incrementa su valor, comportamiento similar obtuvo Belmonte (2008) en harina de auyama reportando valores de 2,43% para 60°C, 2,85 para 65°C y 3,22 para 70 °C respectivamente. Para

Granito *et al.* (2004), el tratamiento térmico y la consiguiente desnaturalización proteica, altera la disposición de las moléculas de grasa, usualmente dispersas dentro de la fase proteína-agua. Los enlaces hidrofóbicos proteína-grasa y su capacidad de enlazarse con compuestos lipofílicos, en este caso el aceite, pudiera haberse modificado por efecto del tratamiento térmico.

Sin embargo, Kinsella, (1976), señala que la capacidad de absorber grasa es producto de las estructuras tridimensionales que se forman, que incluyen en su interior a las partículas de grasa por parte de las proteínas, a través de la formación de estructuras denominadas micelas. La capacidad de absorción de grasa está determinada por la estructura matriz proteica y disposición de los aminoácidos dentro de la estructura proteica, lo cual a su vez está determinada por las interacciones hidrofóbicas proteína –grasa, por el tipo de grasa y por la presencia de almidones.

Sathe (2002), señala que la capacidad que tienen las proteínas de enlazar lípidos es muy importante para la formulación de productos, para freír y para la retención de los sabores. Así mismo disminuye el desarrollo de la rancidez oxidativa y, en consecuencia, aumenta la estabilidad durante el almacenamiento.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El tiempo de deshidratación de acuerdo a las curvas de secado para las muestras de castaña fue, 120 min para 60 °C; 90 min para 65 °C y 60 min a 70°C.
- La harina de castañas sometida a tres temperaturas de secado presento pH ácido que osciló entre 5,58 – 5,75.
- Las harinas de castaña no presentaron uniformidad granulométrica, obteniéndose mayores porcentajes de partículas en las muestras sometidas a 70°C (62,08%), para un tamiz de 60 Mesh y para 60°C (41,140%) en un tamiz de 20 Mesh con respecto a los otros tratamientos.
- La composición proximal de la harina de castaña mostró mayores valores de humedad (11,34%), fibra (2,79%) y cenizas (2,99%) cuando se sometió a 70°C, mientras que a 65°C se obtuvieron los mayores porcentajes de proteína (12,30%) y extracto etéreo (6,97%).
- La temperatura de deshidratación ejerció efecto sobre la capacidad de absorción de agua y de grasa, siendo la harina obtenida a 70 oC la que presentó mayores valores que las muestras sometidas a temperaturas menores.
- La harina de castaña presenta características físico-químicas y funcionales adecuadas para su uso potencial en la elaboración de alimentos.

RECOMENDACIONES

- Se debe promover la investigación mediante el cual se puedan aprovechar las propiedades de la castaña en la alimentación humana.
- Realizar análisis de vitaminas y minerales a las harinas de semillas de castaña.
- Realizar estudios de vida útil a las harinas obtenidas, y verificar si estos porcentajes de humedad y grasa final reportados, afectan realmente el tiempo de conservación.
- Realizar pruebas en las que se sustituya parcialmente la harina de trigo por la de castaña en productos de panadería.
- Efectuar pruebas sensoriales a la harina mediante elaboración de diferentes productos para evaluar la aceptación del consumidor.
- Incentivar la producción y cultivo de castaña para la formulación y desarrollo de productos alimenticios económicos y de excelentes propiedades nutricionales.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, E. 2007. Caracterización granulométrica de la harina de maca (*Lepidium Peruvianum* chacon). Facultad de Ingeniería en Industria alimentaria. Universidad del Centro de Perú. Prospect Univ 2 (1) 2007.
- ADRIAN, J. POTUS, J. POIFFAIT, A y DAUVILLIER, P. 2000. Analisis nutricional de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España. p 32; 36 y 37.
- ALDANA, E. 2011. Influencia de la temperatura sobre las propiedades físico-químicas de la harina de raíz de yuca (*Manihot Esculenta* Cranz). Departamento de Tecnología de los Alimentos. Trabajo de Pregrado. Universidad de Oriente, Maturín. Venezuela. 72 p.
- ALMAZÀN, A. 1990. Effecty of cassava flour variety and concentration on bread loaf quality. Cereal chem. 67(4): 97-99.
- ALVARADO, J. y AGUILERA, J. 2001. Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Acribia. Zaragoza, España. p 31-33.
- AOAC. Association of Oficial Analytical Chemists. 1998. Moisture in Dried Fruit. Official Method 934.06. 16^{ta} ed. AOAC Internacional. Washington, USA. p 4.
- APONTE, A. 2007. Alimentos que son Medicina. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/558_alimentos_que_son_medicina.pdf. [Consulta: 30/07/2010].
- ARGUETA, A; ESTRADA, A y GARCIA. 2008. Determinación de la aceptabilidad de galletas para niños en edad escolar elaborados a partir

de las semillas de árbol de pan (*Artocarpus altilis*) en el Municipio de San Lorenzo del Departamento Suchipéquez. [Documento en línea] disponible en:
http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/investigacio_files/INFORMES/PRUNIAN/INF-2008-089.pdf. [Consulta: 02/12/2010].

ASTIASARÁN, I. y MARTÍNEZ, J. 2000. Alimentos: Composición y Propiedades. Mc Graw Hill – Interamericana. Madrid, España. 364 p.

BADUI, S. 1993. Química de los alimentos. 3^{ra} Ed. Alambra Mexicana. México, DF. p p 133-181.

BARBOSA, C Y VEGAS, G. 2000. Deshidratación de Alimentos. Acribia. Zaragoza. España. p p 1-6

BELÉN, D; HERRERA S; CASTILLO, A; MORENO, MJ; GARCÍA, D y MEDINA C. 2005. Características físicas y químicas del fruto de la coroba (*Jessenia polycarpa* Karst): una especie oleífera venezolana. *Grasas y Aceites*, 56(4): 317-323

BELITZ, H. y GROSCH, W. 1997. Química de los alimentos. 2^a Ed. Acribia. Zaragoza, España. 1087 p.

BELMONTE, R. 2008. Efecto de la temperatura de deshidratación sobre las variables físicas, nutricionales y funcionales en harina de auyama (*Cucurbita maxima* L.) para uso industrial. Departamento de Tecnología de los Alimentos. Trabajo de Pregrado. Universidad de Oriente, Maturín. Venezuela. 93 p.

- BENITEZ, F. y DÀVILA, J. 2001. Desarrollo del proceso de elaboración de harina de semilla de árbol de pan (*Artocarpus canansi*) y determinación de una mezcla nutritiva de harina de soya (*Glycine max* L) para uso humano. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional, Quito. 102p
- CASP, A y ABRIL, J. 1999. Proceso de Conservación de Alimentos. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. España. p p 325 – 326.
- CAVIDAD, J. 1995. Cultive hortalizas y frutales, la alelopatía. 3ª Ed. Disloque. Colombia. 133 p.
- CHARLEY, H. 1991. Tecnología de Alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de alimentos. Limusa. México. México. 768 p.
- CHAVES, M., SGROPPO, S. y AVANZA, J. 2003. Cinética de secado de berenjenas (*Solanum melongena* L.). Universidad Nacional Del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003. Resumen E-060: 1-4.
- CONTRERAS, R. 2006. Algo más sobre los alimentos: Una visión desde la química. Escuela Venezolana de enseñanza de la Química. Mérida. Venezuela. 113 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1981a. Alimentos: Determinación de Cenizas. Norma n° 1783-81. 1ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 6 p.

- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1981b. Alimentos: Determinación de Fibra Cruda. Norma n° 1789-81. 1ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 6 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1981c. Alimentos: Determinación de Grasa. Norma n° 1785-81. 1ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 7 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1990. Alimentos: Determinación de Carbohidratos. Norma n° 920-90. 1ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 5 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1993. Harina de arroz. Norma n° 2300-93. 1ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 8 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1994. Harina de trigo. Norma Venezolana N° 217 – 94. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 5 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1995. Alimentos: Determinación de Proteínas. Norma n° 1195-95. 1ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 10 p.
- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1996. Harina de maíz precocido. Norma n° 2135-96. 3ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 10 p.

- COVENIN. (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 2001. Harina de maíz precocido. Norma n° 217-2001. 4ª Revisión. FONDONORMA. Caracas. Venezuela. 9 p.
- DE BRAVO, E., GRAHAN, H. y PRODOVINI, M. 1983. "Composition of the breadfruit". Facultad de Agronomía. Maracay. Venezuela. Carit. J. Sci., 32 p
- DE LA FUENTE, S., RIERA, E., ACOSTA, V., BLANCO, A. and GALLEGO, J. 2006. Food drying process by power ultrasound. Elsevier. Ultrasonics 44(1): 523-527.
- DEL VALLE, J; CUADROS, T. y AGUILERA, J. 1998. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple Food research International 31(3): 191-204
- DUEÑAS, J., FISCAL, A., GARCÍAS, S., MALDONADO, G y TORRECILLAS, V. 2009. Fibra cruda. Facultad de Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 17 p
- EGAN, H., KIRK, R., y SAWYER, R. 1987. Análisis Químico de Alimentos de Pearson. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. México. 574 p.
- ESPAÑA, J. 2009. Evaluación de la Difusión Másica Durante el Secado de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y de los Parámetros Reológicos de los Polvos Obtenidos. Trabajo de Pregrado. Universidad de Oriente. Maturín. Venezuela. 23 p

- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Árbol de Pan. [Documento en línea] disponible en: fao.org/ag/AGA/AGAD/FRG/ofris/es/Datg4.HTM. [Consulta: 20/04/2010].
- FELLOWS, P. 1994. Tecnología del Proceso de los Alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 549 p.
- FENNEMA, O. 2000. Química de los Alimentos. Alambra Mexicana. D.F. México. 1139 p.
- GRANITO, M, GUERRA, M y TORRES, A. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna Sinensis*. *INCI*, sep. 9(29): 521-526.
- GIMFERRE, N. 2008. El agua en los Alimentos. [Documento en línea] disponible en: www.consumaseguridad.com. [Consulta: 20/10/2010].
- HENAO, S. 2004. Estudio tecnológico de la utilización de la harina de yuca en panificación. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia. 128p
- HOYOS, J. 1989. Frutales de Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales la Salle. 5^{ta} ed. Caracas. Venezuela 149- 151p.
- HOYOS, J. 1990. Los Árboles de Caracas. Sociedad de Ciencias Natural la Salle. 3^{era} ed. Caracas. Venezuela. 242p

- INCA, (Instituto de Nutrición de Centro América). 1961. "Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina", pp 17-19, 769, 770.
- INCAP, (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 1999. Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Notatec. 4p.
- INEN. (Instituto Ecuatoriano de Normalización). Tabla de composición de Alimentos. 2006. Ecuador. 19p
- KINSELLA, JE. 1976 Functional properties of protein foods. A survey. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 7(3): 219-280.
- LARIOS, A. PARCAYO, J. y POGGI, H. 2005. Obtención de una harina de pulido de arroz desgrasado con bajo contenido de fibra neutro detergente. INCI. 30(1):0378-1844.
- MALDONADO, R y PACHECO, E. 2003. Curvas de deshidratación del brócoli (*Brassica oleraceae* L var. *Italica* Plenck) y coliflor (*Brassica oleraceae* L var. *Botrytis* L). Facultad de Agronomía. UCV. Venezuela. Rev. Fac. Agron. (luz). 20(2): 306-319.
- OSHODI, A; IPINMOROTI, K. y FAGBEMI, T. 1999. "Chemical composition, amino acid and functional properties of breadnut (*Artocarpus altilis*) flour". Federal University of Technology, Department of chemistry, WAN- Akure, Nigeria.

- PARROTTA, J.1994. *Artocarpus altilis* (S. Prark). Fosb. Disponible en: <http://www.consumaseguridad.com/Investigación> Departament of Agricultura, Forest service, Southern Forest experiment. Consulta 20/04/10.
- POTTER, N. 1978. Tecnología del proceso de alimentos. Acribia. Zaragoza. España. 65p
- POTTER, N. y HOTCHKISS, J. 1999. Ciencia de los alimentos. 5ª Edición. Acribia. Zaragoza, España. p 221
- QUAGLIA, G. 1991. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Acribia. Zaragoza, España. p. 239-258.
- RAYAS, P y ROMERO, A. 2000. Fibra a base de frutas, vegetales y cereales: función de la salud. Revista Mexicana de agronegocios. 9p.
- REÁGUETI, D. 2001. Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP. Iquitos, Perú. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, 1(1):43-48.
- RODRIGUEZ, A. y FITO, P. 1994. Deshidratación de zanahorias en rodajas. En: Anales de investigación del Master en Ciencias e Ingeniería de alimentos. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España. 3: 243-258.
- RODRIGUEZ, B. y MARTIN, E. 1980. Análisis de alimentos. Universidad Central de Venezuela. Organización de Bienestar Estudiantil. Caracas, Venezuela. 396p.

- ROBINSON, D. 1991. Bioquímica y valor nutricional de los Alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 516p.
- SANCHEZ, A. 2007. Grasa trans ¿Qué tienen y como son?. [Documento en línea], disponible en: www.profeco.gob.mx/revista/.../60-63%20%20grasa%.OKMM.pdf. [Consulta: 17/11/2011].
- SAS. (Statistical Analysis System). 2004. SAS Users Guide: Statistics.. 5^{ta} Ed. SAS System Version 6.02. Cary Nc. USA.
- SATHE, SK. 2002. Dry bean protein functionality. Crit. Rev. Biotechn. 22(1): 175-223.
- SINDONI, M; MARCANO, L y PARRA, R. 2008. Estudio de la aceptabilidad de harinas derivadas de Merey para la elaboración de panes. Agronomía tropical. 1(8): 11-16.
- SOTO, R. 2010. El cultivo. [Documento en línea], disponible en: www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/.../ProgramaInvestigacion.pdf. [Consulta: 20/10/2011].
- STATGRAPHICS. 2007. STATGRAPHICS centurión XV user manual. StatPoin Technologies Inc. Virginia, USA.
- STEELL, R y TORRIE, J. 1995. Bioestadística. Principios y procedimientos. Mc Graw Hill. 2^{da} Ed. Mexico. 622 p

- USDA. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2010. GRIN Taxonomy for Plants. [Documento en línea] disponible en: [Usdahttp://www.arsgrin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl?Artocarpus%20altilis](http://www.arsgrin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl?Artocarpus%20altilis). [Consulta: 24/04/2010].
- VARGAS, M. 2005. frutas-verduras con ciudadanía americana. [Documento en línea]. Disponible: www.revistalaguia.com/articulo.php?id=723&edicion=76 – 31. [Consulta: 30-10-2011].
- VEGA, A y FITO, P. 2002. Influencia de la temperatura de secado en la cinética de secado por aire caliente de pimiento (*Capsicum annuum* L). España.
- VOLLMER, G; JOSST, G; SCHENKR, D; STURM, W y VREDEN, N. 1999. Elementos de Bromatología Descriptiva. Acribia. Zaragoza, España. 644 p.
- WHO/ FAO. 1998. Carbohydrates in human nutrition. FAO food and nutrition paper no. 66. FAO, Rome.
- ZEREGA, N; RAGONE, D y MOTLEY, T. 2005."Límites de la sistemática de la especie de Árbol de pan (*Artocarpus, Moraceae*)" . Una botánica sistemática. [Documento en línea]. Disponible en: http://3w.millerville.edu/biology/faculty/hordy_extra/222-chpter%2010.pdf. [Consulta: 30-10-2011].



APÉNDICE

Cuadro -1. Análisis de Varianza para el pH en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	2,644x10 ⁻²	1,322x10 ⁻²	11,287	0,000
Error	33	3,865x10 ⁻²	1,171x10 ⁻²		
Total	35	6,509x10⁻²			

Cuadro -2. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el pH en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 □C	12	5,754 ^a
65 □C	12	5,733 ^a
60 □C	12	5,689 ^b

Cuadro-3. Análisis de Varianza para el % granulometría (60 mesh) en harina de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	71,500	35,750	12034,2	0,000
Error	33	8,803x10 ⁻²	2,97x10 ⁻³		
Total	35	71,598			

Cuadro -4. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % granulometría (60 mesh) en harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 □ C	12	62,080 ^a
65 □ C	12	59,327 ^b
60 □ C	12	58,894 ^c

Cuadro-5. Análisis de Varianza para el % granulometría (20 mesh) en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	64,018	32,00	43603,35	0,000
Error	33	2,42x 10 ⁻³	7,34x 10 ⁻⁴		
Total	35	64,042			

Cuadro -6. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % granulometría (20mesh) en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Tratamientos	N	Grupos
60 □ C	12	41,040 ^a
65 □ C	12	40,317 ^b
70 □ C	12	37,920 ^c

Cuadro-7. Análisis de Varianza para el % humedad en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	33,788	16,894	92,246	0,000
Error	33	6,044	0,183		
Total	35	39,831			

Cuadro-8. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % humedad en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 °C	12	11,344 ^a
65 °C	12	11,109 ^a
60 °C	12	9,182 ^b

Cuadro-9. Análisis de Varianza para el % extracto etéreo en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	1,106	0,553	4,586	0,017
Error	33	3,978	0,121		
Total	35	5,083			

Cuadro-10. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % extracto etéreo en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70°C.

Tratamientos	N	Grupos
65 □C	12	6,973 ^a
70 □C	12	6,823 ^{ab}
60 □C	12	6,549 ^b

Cuadro-11. Análisis de Varianza para el % proteína en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70°C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	1,926	0,963	1,419	0,256
Error	33	22,393	0,679		
Total	35	24,318			

Cuadro-12. Análisis de Varianza para el % fibra en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70°C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	0,156	7,814E-02	3,516	0,041
Error	33	0,773	2,223E-02		
Total	35	0,890			

Cuadro-13. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % fibra en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 □C	12	2,797 ^a
65 □C	12	2,735 ^{ab}
60 □c	12	2,637 ^b

Cuadro-14. Análisis de Varianza para el % cenizas en las harina de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	1,105	0,553	24,560	0,000
Error	33	0,742	2,250x10 ⁻²		
Total	35	1,847			

Cuadro-15. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % cenizas en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 □C	12	2,994 ^a
60 □C	12	2,683 ^b
65 □C	12	2,583 ^b

Cuadro-16. Análisis de Varianza para el % carbohidratos en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	37,667	18,833	17,419	0,000
Error	33	35,328	1,071		
Total	35	72,994			

Cuadro -17. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para el % carbohidratos en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Tratamientos	N	Grupos
60 □C	12	66,236 ^a
70 □C	12	64,225 ^b
65 □C	12	63,917 ^b

Cuadro -18. Análisis de Varianza para la capacidad de absorción de agua en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	0,552	0,276	7,762	0,002
Error	33	1,173	3,555x10 ⁻²		
Total	35	1,725			

Cuadro -19. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para la capacidad de absorción de agua en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 □C	12	2,861 ^a
60 □C	12	2,691 ^b
65 □C	12	2,558 ^b

Cuadro -20. Análisis de Varianza para la capacidad de absorción de grasa en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F calculado	Probabilidad
Tratamientos	2	0,978	0,489	11,397	0,000
Error	33	1,415	4,289E-02		
Total	35	2,393			

Cuadro -21. Pruebas de rangos múltiples de Duncan para la capacidad de absorción de grasa en las harinas de castañas deshidratadas a 60, 65 y 70 ° C.

Tratamientos	N	Grupos
70 □C	12	0,893 ^a
65 □C	12	0,621 ^b
60 □c	12	0,499 ^b



Figura 1. Frutos maduros



Figura 2. Fruto maduro desmenuzado



Figura 3. Semillas extraídas



Figura 4. Semillas cocidas y peladas



Figura 5. Cáscaras de semillas



Figura 6. Rebanadas de castaña sometidas a deshidratación



Figura 7. Rebanadas de castaña



Figura 8. Rebanadas de castaña deshidratada



Figura 9. Harina de castaña



Figura 10. Determinación de cenizas



Figura 11. Determinación de fibra



Figura 12. Determinación de granulometría

CÁLCULO 1

Regresión Simple – Humedad en base seca (HBS) vs. Tiempo

Variable dependiente: HBS

Variable independiente: Tiempo

Inversa de X: $Y = a + b/X$

Cuadro -22. Coeficientes de regresión de rodajas de castañas deshidratadas a 60 °C.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	0,0833951	0,00845916	9,85855	0,0000
Pendiente	5,57359	0,276863	26,6326	0,0000

Cuadro -23. Análisis de Varianza de la humedad en base seca vs el tiempo de rodajas de castañas deshidratadas a 60 °C.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,759502	1	0,759502	371,28	0,0000
Residuo	0,0572781	28	0,00204564		
Total (Corr.)	0,816781	29			

Coeficiente de Correlación = 0,972294

R-cuadrada = 94,5355 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,4022 porciento

Error estándar del est. = 0,0461701

Error absoluto medio = 0,0384974

Estadístico Durbin-Watson = 1,61027 (P=0,0726)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,193106

Análisis

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo X-inversa para describir la relación entre HBS y Tiempo. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{HBS} = 0,0833951 + 5,57359/\text{Tiempo}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre HBS y Tiempo con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 94,5355% de la variabilidad en HBS. El coeficiente de correlación es igual a 0,972294, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,0461701. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,0384974 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

Cuadro -24. Coeficientes de regresión de rodajas de castañas deshidratadas a 65 °C.

Parámetro	Mínimos Cuadrados	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
	Estimado			
Intercepto	0,0279728	0,0101237	2,76309	0,0089
Pendiente	8,99007	0,299616	26,6677	0,0000

Cuadro -25. Análisis de Varianza de la humedad en base seca vs el tiempo de rodajas de castañas deshidratadas a 65 °C.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1,71576	1	1,71576	711,17	0,0000
Residuo	0,0892661	37	0,0024126		
Total (Corr.)	1,80502	38			

Coeficiente de Correlación = 0,974959

R-cuadrada = 95,0546 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,9209 por ciento

Error estándar del est. = 0,0491182

Error absoluto medio = 0,0388218

Estadístico Durbin-Watson = 1,77076 (P=0,1870)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,0529429

Análisis

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo X-inversa para describir la relación entre HBS y Tiempo. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{HBS} = 0,0279728 + 8,99007/\text{Tiempo}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre HBS y Tiempo con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 95,0546% de la variabilidad en HBS. El coeficiente de correlación es igual a 0,974959, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,0491182. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,0388218 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

Cuadro -26. Coeficientes de regresión de rodajas de castañas deshidratadas a 70 ° C.

Parámetro	Mínimos Cuadrados		Estándar Estadístico	
	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	0,0336944	0,011481	-2,9348	0,0066
Pendiente	5,70191	0,295918	19,2686	0,0000

Cuadro -27. Análisis de Varianza de la humedad en base seca vs el tiempo de rodajas de castañas deshidratadas a 70 °C.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,759502	1	0,759502	371,28	0,0000
Residuo	0,0572781	28	0,00204564		
Total (Corr.)	0,816781	29			

Coefficiente de Correlación = 0,964299

R-cuadrada = 92,9873 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,7369 porciento

Error estándar del est. = 0,0452288

Error absoluto medio = 0,0338611

Estadístico Durbin-Watson = 0,863742 (P=0,0001)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,552472

Análisis

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo X-inversa para describir la relación entre HBS y Tiempo. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{HBS} = 0,0336944 + 5,70191/\text{Tiempo}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre HBS y Tiempo con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 92,9873% de la variabilidad en HBS. El coeficiente de correlación es igual a 0,964299, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0,0452288. Este valor puede usarse para construir límites de predicción para nuevas observaciones, seleccionando la opción de Pronósticos del menú de texto.

El error absoluto medio (MAE) de 0,0338611 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95,0%.

CÁLCULO 2

Determinación de los tiempos de secado de rodajas de castañas sometidas a tres temperaturas de secado 60, 65 y 70 °C:

Para la determinación del tiempo de las muestras sometidas a 60 °C se aplicó la siguiente ecuación:

$$HBs = 0,0833951 + \frac{5,57359}{\text{tiempo}}$$

Humedad en base seca (HBs) = 0,13

$$\text{tiempo} = \frac{5,573359}{0,13 - 0,0833951} = 119,58 \text{ min}$$

Para la determinación del tiempo de las muestras sometidas a 65 °C se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{HBs} = 0,0279728 + \frac{8,99007}{\text{tiempo}}$$

Humedad en base seca (HBs) = 0,13

$$\text{tiempo} = \frac{8,99007}{0,13 - 0,0279728} = 88,21 \text{ min}$$

Para la determinación del tiempo de las muestras sometidas a 70 °C se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{HBs} = 0,0336944 + \frac{5,70191}{\text{tiempo}}$$

Humedad en base seca (HBs) = 0,13

$$\text{tiempo} = \frac{5,70191}{0,13 - 0,0336944} = 59,20 \text{ min}$$

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	TEMPERATURA DE SECADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA HARINA DE CASTAÑAS <i>(Artocarpus altilis)</i>
Subtitulo	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Hidalgo V, Luiselvis M.	CVLAC	C.I. 18.585.133
	e-mail	Luiselvis_21@hotmail.com
	e-mail	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

<i>Artocarpus altilis</i>
Harina de castaña
Propiedades funcionales
Secado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Zootecnia	Tecnología de Alimentos

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

RESUMEN (ABSTRACT):

La castaña, es una especie perenne originaria de las islas del Pacífico, éstas semillas son perecederas y se consumen principalmente en la zona donde se cultiva, sin aplicar ningún tratamiento post cosecha, es una semilla con un alto valor nutricional y de difícil conservación en estado fresco, lo que amerita el empleo de procesos para extender su vida útil. Uno de ellos, es el secado combinado con la reducción de tamaño para obtener harinas. Estas constituyen las operaciones unitarias más relevantes de la conservación de alimentos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre las características físico- químicas y funcionales de la harina de castaña (*Artocarpus altilis*). Para ello, la materia prima se sometió a un proceso de cocción, pelado y rebanado de la semilla; con el fin de someterla a un procedimiento de secado donde se emplearon tres temperaturas de deshidratación 60, 65 y 70°C para su posterior molienda y analizarlas físico-química y funcionalmente. Los resultados arrojaron que a medida que se aumenta la temperatura varían las variables evaluadas. En el caso de la temperatura a 60°C presento un pH de 5,68, la granulometría a 60 Mesh de 58,89 % y a 20 Mesh de 41,14,68 % , la humedad fue de 9,18 %; extracto etéreo 6,54 %; proteína 11,74 %; fibra cruda 2,63 %; cenizas de 2,68 %; carbohidrato 66,23 %; CAA 2,69 %; CAG 0,49 %; Para la temperatura de 65 °C el pH fue de 5,73 , la granulometría a 60 Mehs de 59,32 % y para 20 Mehs de 40,31 %, humedad de 11,10 %; extracto etéreo 6,97 %; proteína 12,30 %; fibra cruda 2,73 %; cenizas 2,58 %; carbohidrato 63,91 %; CAA 2,55 %; CAG 0,62 %; y en cuanto a la temperatura de 70 °C el pH fue de 5,75, la granulometría a 60 Mesh de 62,08 % y para 20 Mesh de 37,92 %, la humedad de 11,34 %; extracto etéreo 6,82 %; proteína 11,92 %; fibra cruda 2,79 %; cenizas 2,99 %; carbohidrato 64,22 %; CAA 2,86 %;

CAG 0,89 %. En general, la harina deshidratada a temperatura de 70 °C, que tiene un menor tiempo de exposición al calor, presentó las mayores características potenciales para la elaboración de alimentos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Adrianyela Noriega	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	10.839.666
	e-mail	Adrianyela87@hotmail.com
	e-mail	
Mary Longart	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	4.502.463
	e-mail	Mjlongart@yahoo.es
	e-mail	
José España	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	6.623.527
	e-mail	Jalespa@hotmail.com
	e-mail	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2012	03	01

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
HIDALGO LUISELVIS.

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciada en Tecnología de Alimentos

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Licenciatura

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología (Ciencias Aplicadas)

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIDORPOR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CUMPELO
Secretario



C.C. Rectors, Vicerrectores Administrativos, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telet Informática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

Derechos:

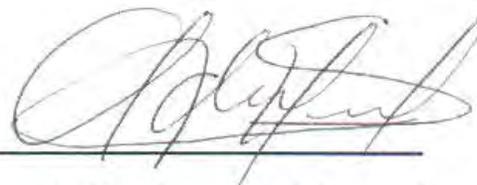
Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



Hidalgo Luiselvis

Hidalgo V, Luiselvis M.

AUTOR



Prof. Noriega Adrianyela

Prof. Noriega Adrianyela

TUTORA

Cocción: Las castañas se sometieron a cocción en agua a una temperatura de 100 °C por una hora, hasta lograr un ablandamiento. Una vez cocidas se dejaron en reposo hasta atemperar.

Pelado: Después de haber transcurrido el tiempo de reposo (30min), se procedió a pelar o descascarar las semillas manualmente.

Cortado: Una vez peladas todas las semillas se cortaron en rebanadas de 2 mm de espesor, con ayuda de una hojilla de acero inoxidable de un procesador de alimentos.

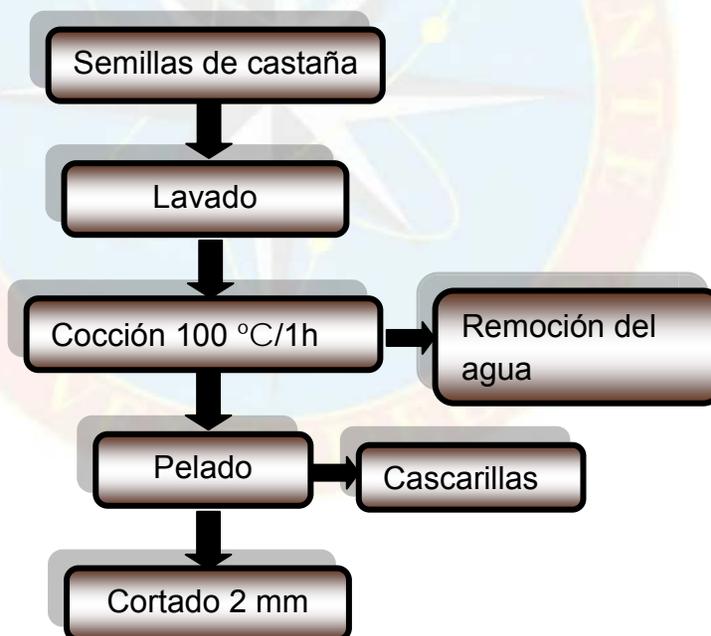


Figura 5. Esquema tecnológico para la obtención de las rebanadas de castaña.

DESHIDRATACIÓN DE MUESTRAS DE CASTAÑAS (FASE 2).

Una vez que se determinó los tiempos de deshidratación, se procedió a deshidratar 3 kg de castaña cocida y previamente cortadas en rebanadas de 2 mm de espesor para cada tratamiento. Las muestras fueron llevadas a deshidratación a una estufa de aire forzado a 60, 65 y 70° C durante sus respectivos tiempos, representando cada temperatura un tratamiento, luego de deshidratadas las muestras se retiraron de la estufa y se colocaron en un desecador hasta temperar. En la Figura 7 se presenta esquema general de la elaboración de la harina de castaña.



Figura 6. Determinación de los tiempos de deshidratación de muestra de castaña para cada temperatura (Fase 1).

Molienda: por último a las muestras deshidratadas se le realizó una molienda la cual se llevó a cabo en un molino Thomas- wiley Laboratorio Mill modelo 4 con un tamiz de 0,5 mm hasta obtener la harina deseada. Luego, se empacaron en bolsas de polietileno para su almacenamiento y posterior análisis.



Figura 7. Esquema tecnológico para la elaboración de las harinas de castaña (Fase 2).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO DE LAS MUESTRAS DE CASTAÑAS A 60,65 Y 70°C MEDIANTE CURVAS DE SECADO.

En la Figura 8, se presenta las curvas de secado de rodajas de castañas, las cuales se sometieron a tres temperaturas 60, 65 y 70 °C. En esta Figura se observa que al aumentar la temperatura hay un incremento en la pérdida de agua con el paso del tiempo.

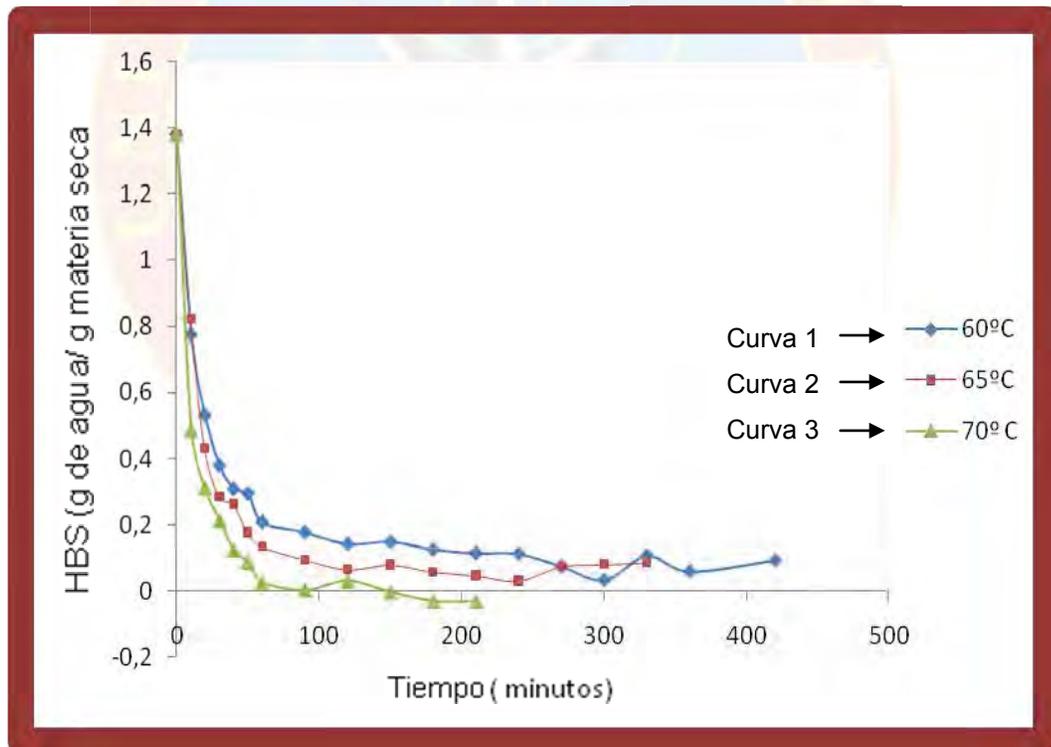


Figura 8. Curvas de secado de muestras castañas deshidratadas a 60, 65 y 70°C.