



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Química**

**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA  
ELABORACIÓN DE HARINA DE CAMOTE (Ipomoea Batata)**

**Mercedes Esther Roquel Chávez**

**Asesorado por la Inga. Hilda Palma**

**Guatemala, octubre de 2008**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE  
HARINA DE CAMOTE (Ipomoea Batata)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**MERCEDES ESTHER ROQUEL CHÁVEZ**

ASESORADO POR LA INGENIERA HILDA PALMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton de León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE  
HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batata*),**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 14 de febrero de 2008.

**Mercedes Esther Roquel Chávez**

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por su infinita misericordia y sabiduría al permitirme culminar hoy un sueño.
<b>La Virgen</b>	Por cuidarme y estar junto a mí en las dificultades de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Mercedes y Catarina, por el sacrificio, amor, apoyo y confianza, que me brindaron siempre.
<b>Mis hermanos</b>	Jaime, Irma, Anabella, Miriam y en especial a Juan y Rebeca, por su comprensión, apoyo y paciencia, tanto en mi formación y en mi vida.
<b>Mis padrinos</b>	Juan y Miriam, por el apoyo en mi formación.
<b>Mis abuelos</b>	Por su amor y sus sabias enseñanzas.
<b>Mis amigos</b>	Por su amistad, entusiasmo y apoyo brindado durante todo este tiempo.
<b>Inga. Hilda Palma</b>	Por su asesoría y apoyo durante la realización de esta investigación.
<b>Ing. César García</b>	Por su colaboración y tiempo dedicado en la revisión de esta investigación.
<b>FEPMAYA</b>	Por su apoyo, colaboración y amistad, gracias.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	
En especial a la Facultad de Ingeniería	

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi guía y mi fortaleza.
<b>La Virgen</b>	Por ser mi compañera y mi consejera.
<b>Mis padres</b>	Mercedes Roquel Lux Catarina Chávez de Roquel
<b>Mis hermanos</b>	Juan, Jaime, Irma, Anabella, Miriam, y en especial a Rebeca.
<b>Mis abuelos</b>	Jerónimo Roquel, Elena de la Cruz Lux (D.E.P.), Ana Casia (D.E.P.), Lorenzo Chávez (D.E.P.).
<b>Mis sobrinos</b>	Juan, José, Emmanuel, Iván, Elisa, Catherine, Pamela, Mayalí, Judith, Adonai, Antonio, Nátaly, Isabel y Marcoli
<b>Mis amigos</b>	Carol Cabrera, Mónica López, Marien Alvarado, Mariela Santizo, Ronald Pozuelo, Alejandra Peñalongo, Lilian Velásquez, Patricia Ovando, Lesbia Fuentes, Natalia Espinal, Silvia Polanco, Carmencita Barrios, Sergio Hernández, Francisco Carrillo, Paulo Vendrel, Carlos Martínez, Julio, Erick Roquel, Rigoberto Mus, Rosalío Ajmac, Alberto Morales, Mauricio Diéguez, Benjamín Diéguez, Juan Martínez, David Rodríguez.

## **Ingenieros**

César García, Hilda Palma, por transmitirme sus conocimientos y hacer de esta investigación una realidad.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>1</b>
1.1 Origen del camote	1
1.1.1 Historia del camote	2
1.1.2 Antecedentes	2
1.1.3 Taxonomía	3
1.1.4 Cuidados para la planta	4
1.1.5 Importancia de la planta	4
1.416 Variedad del camote	5
1.2 Nutrición	6
1.2.1 Consumo directo	7
1.2.2 En dulces	7
1.2.3 Deshidratados	7
1.2.4 Congelados	7
1.2.5 Conservas al natural	7
1.2.6 Industrias derivadas	7
1.2.7 Brotes de batata	8
1.2.8 Uso forrajero	8
1.2.9 fisiología	8
1.3 Valor Alimenticio	11



1.3.1 Alivio en caso de desastres	12
1.3.2 Su importancia	12
1.3.3 Producción	14
1.3.3.1 Producción global	15
1.3.3.2 Preservación del camote	15
1.4 Beneficios a la salud del consumo del camote	16
1.4.1 El camote en la menopausia	16
1.5 Descripción de maquinaria y equipo	17
1.5.1 Carro de transporte de materia prima	17
1.5.2 Dosificador	17
1.5.3 Transportadores de cinta o banda	18
1.5.4 Descargador	18
1.5.5 Lavadora por aspersión de agua	18
1.5.6 Pelador	19
1.5.6.1 Manual	19
1.5.6.2 Mecánico	19
1.5.7 Cortador	19
1.5.8 Secador de tamices transportadores	20
1.5.9 Molino de martillo	21
1.5.10 Molino de disco	21
1.5.11 Separadores de tamices	22
1.5.12 Silos y tolvas	23
1.6 Análisis importantes	23
1.6.1 Análisis químico proximal	23
1.6.1.1 Esquema del análisis químico proximal	25
1.6.1.2 Cenizas o minerales totales	26
1.6.1.3 Extracto Etéreo	26
1.6.1.4 Fibra cruda	27

1.6.1.4.1	Determinación de fibra cruda	27
1.6.1.5	Proteína cruda	28
1.6.1.6	Cromatografía	29
1.6.1.6.1	Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)	29
1.6.1.7	Polisacáridos	31
1.6.2	Análisis Sensorial	33
<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>35</b>
2.1	Recursos	35
2.1.1	Recursos humanos	35
2.1.2	Recursos de equipo	35
2.2	Localización	35
2.2.1	Obtención de las muestras	35
2.2.2	Desarrollo de la harina de camote (Ipomoea Batata).	35
2.2.3	Localización de la línea de producción de harina.	36
2.2.4	Análisis químico	36
2.2.5	Análisis sensorial	37
2.3	Metodología experimental para la obtención de la composición química de la harina de camote (Ipomoea Batata)	37
2.3.1	Materiales y equipo	37
2.3.1.1	Materia prima	37
2.3.1.2	Cristalería para el análisis químico	37
2.3.1.3	Cristalería para la obtención de azúcares reductores en la harina	38
2.3.1.4	Equipos para el análisis químico	39
2.3.1.5	Reactivos para el análisis químico	39
2.4.1.6	Reactivos para la determinación de azúcares reductores	39
2.4.2	Ficha para la evaluación sensorial de la harina	40

<b>3. RESULTADOS</b>	<b>41</b>
<b>4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>57</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Partes del Ipomoea Batata	11
2	Polisacárido Constituyente del Almidón y el Glucógeno. Conformado por unidades de glucosa en enlace alfa 1-4.	32
3	Polisacárido ramificado (Amilopectina) Constituyente del Almidón y el Glucógeno.	33
4	Diagrama de proceso de harina de camote (Ipomoea Batata)	40
5	Diagrama de flujo: línea de producción de harina de camote (Ipomoea Batata).	41
6	Correlación de secado para la obtención óptima de la harina de Camote (Ipomoea Batata).	43
7	Análisis sensorial de la harina de Camote (Ipomoea Batata), utilizando una porción de 50% de harina de camote y 50% de harina de trigo.	43
8	Análisis sensorial de la harina de Camote (Ipomoea Batata), utilizando harina de camote al 100%.	44
9	Correlación de secado para la obtención óptima de la harina de Camote (Ipomoea Batata), en función del tiempo y del peso en cortes en rodajas.	56
10	Correlación del secado en la obtención de harina de Camote (Ipomoea Batata), en función del tiempo y del peso, en cortes en cubo.	57
11	Correlación del secado en la obtención de harina de Camote (Ipomoea Batata), en función del tiempo y del peso, en cortes en julianas	57

## TABLAS

I	Valor nutricional del camote (Ipomoea Batata), en raíces frescas.	12
II	Valor nutricional de la harina de camote (Ipomoea Batata), obtenida a nivel de laboratorio.	42
III	Otros análisis en la harina de camote (Ipomoea Batata), obtenida a nivel de laboratorio.	42
IV	Secado para la obtención de la harina de camote (Ipomoea Batata), por cortes en cubos.	51
V	Secado para la obtención de la harina de camote (Ipomoea batata), por cortes en julianas	53
VI	Secado para la obtención de la harina de camote (Ipomoea Batata), por cortes en rodajas	54
VII	Porcentaje de aceptación de la harina de camote, por el método de la escala hedónica de nueve puntos.	55
VIII	Azúcares reductores en harina de camote (Ipomoea Batata), según su granulometría.	56

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>G</b>	Gramo
<b>MI</b>	Mililitro
<b>T</b>	Temperatura
<b>V</b>	Volumen
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>%</b>	Porcentaje
<b>MI</b>	Microlitros
<b>Nm</b>	Nanómetros
<b>Mm</b>	Milímetro
<b>m/min</b>	Metro/minuto
<b>Lb/pulg</b>	Libra/pulgada
<b>UI</b>	Unidades Internacionales
<b>A</b>	Alfa
<b>-OH</b>	Grupo Hidróxido
<b>HPLC</b>	Cromatografía líquida de alta resolución
<b>HOAC</b>	The Scientific Association Dedicated to Excellence in Analytical Methods (Asociación Científica dedicada a la excelencia en los métodos analíticos)
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials (Sociedad americana para Pruebas y Materiales)
<b>RRT</b>	Razón de reducción de tamaño



## GLOSARIO

<b>Alcohol</b>	Derivado Hidroxilado de un hidrocarburo parafínico o cicloparafínico, en donde el grupo OH está ligado a un átomo saturado.
<b>Almidón</b>	Es el principal polisacárido de reserva de la mayoría de los vegetales, y la principal fuente de calorías, es la mezcla de amilosa y amilopectina.
<b>Crisol de gooch</b>	Es un aparato que normalmente está hecho de grafito con cierto contenido de arcilla, y que puede soportar elementos a altas temperaturas.
<b>Cromatografía líquida</b>	Es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna.
<b>Dosificador</b>	Utilizado para descargar productos granulosos en las cantidades deseadas.
<b>Éter de petróleo</b>	Mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente por: n-pentano, iso-pentano. Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.



<b>Extracto etéreo</b>	Método que permite determinar el contenido de materias grasas brutas en materias primas.
<b>Extracto libre de nitrógeno</b>	Principal análisis para la determinación de la cantidad de carbohidratos digeribles.
<b>Fibra cruda</b>	Análisis principal en bromatología que se refiere a la cantidad de carbohidratos presentes en una muestra determinada.
<b>Fisiología</b>	Es la ciencia biológica que estudia las funciones de los seres orgánicos.
<b>Fehling.</b>	Reactivo utilizado para la determinación de azúcares en diferentes productos.
<b>Lignina</b>	Constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales. Se concentra en la lámina media y funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta.

<b>Molino</b>	Equipo o maquinaria que sirve para moler productos.
<b>Precolumna</b>	Aparato utilizado en la determinación de vitamina, para una mejor filtración del producto.
<b>Proteína cruda</b>	Se deriva del griego proteas que significa primero, es el componente fundamental de los tejidos como músculos, cartílagos, etc.
<b>Tamiz</b>	Es una malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos huecos cuadrados, que sirve para separar productos de diferentes tamaños.
<b>Taxonomía</b>	Factor que describe ordena, describe y clasifica a todos los seres vivos, teniendo como la unidad de una clasificación a la especie.
<b>Tubos Kjeldahl</b>	Tubo que normalmente es utilizado para la determinación de proteína.



## RESUMEN

El propósito principal del trabajo de investigación fue el de procesar una harina de camote (*Ipomoea Batata*) a nivel de laboratorio, siendo uno de los principales productos cultivados en el área de Sololá, evaluando en ello su valor nutricional y la factibilidad de uso como materia prima para usos alimenticios.

Al obtener la harina de camote (*Ipomoea Batata*) se evaluó la cantidad de azúcares reductores por medio del método de Munson – Walker propuesto por la AOAC, en la que se determinó un alto contenido de azúcares reductores.

Se evaluó un estudio organoléptico de dos panes con respecto a la harina de camote (*Ipomoea Batata*), la distribución de las muestras se realizaron de la siguiente manera: una con un porcentaje de 50% de harina de camote y 50% de harina de trigo, la segunda 100% de harina de camote, de lo cual se realizaron 30 encuestas para determinar la aceptabilidad de la harina, de lo cual se obtuvo un 90% de aceptabilidad.

La investigación sobre la producción de harina de camote (*Ipomoea Batata*) realizada a nivel de laboratorio reviste un especial interés, ya que con los resultados obtenidos, ayudarán a establecer parámetros que ayudarán a desarrollar la producción a nivel industrial, y con ello realizar un estudio que establezca la importancia del camote (*Ipomoea Batata*) no solamente como un tubérculo natural, sino también como complemento alimenticio.



# OBJETIVOS

## GENERAL:

Evaluar el desarrollo de una producción de harina de camote (Ipomoea Bata) para panificación a nivel de laboratorio.

## ESPECÍFICOS:

- 1 Evaluar el rendimiento de producción de harina de camote (Ipomoea Batata) a partir de la variedad en función del tipo de fragmento de corte a utilizar.
- 2 Diseñar una línea de producción para la elaboración de harina de camote en función del rendimiento obtenido.
- 3 Determinar el valor nutricional de la harina de camote, por medio del análisis químico proximal.
- 4 Determinar el contenido de pro-vitamina A como  $\beta$ - caroteno mediante análisis de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).
- 5 Realizar una evaluación organoléptica al producto de panificación elaborado con la harina obtenida con base en escala hedónica.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala cuenta con una gran riqueza natural, sin embargo, la poca tecnificación de nuestro país y el poco desarrollo humano ha propiciado un problema, la pobreza en las poblaciones rurales y particularmente en las comunidades de las áreas más remotas de los distintos departamentos. Además, se ha agudizado la presencia de altos niveles de desnutrición.

Para la solución al problema de la desnutrición deben considerarse proyectos que contribuyan al mejoramiento y bienestar del ser humano, sobre todo en la salud, una de estas formas es abastecerlos de productos nutritivos, pero para ello, se necesita contar con empresas que produzcan y distribuyan diferentes clases de productos a un bajo costo. En este informe se presenta el diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote, la cual es altamente nutritiva, para beneficio de las personas de bajos recursos que lo cultivan.

El diseño de una línea de producción para la elaboración de harina, para ser exitoso, debe basarse en un estudio de los requerimientos del mercado, analizándose condiciones, volúmenes y normas que éste requiera, para luego adaptar el tamaño del proyecto y la tecnología a utilizar.

La finalidad de la elaboración de harina de camote (*Ipomoea Batata*), será integrada a un programa de salud dentro del componente de seguridad alimentaria y nutricional, que mejorará el nivel comunitario, no sólo por la producción y venta de la harina para el beneficio del productor, sino como elemento básico para la preparación de otros alimentos como: pan, galletas, pastas y tostadas, y con ello reducir el incremento de personas con cáncer debido a que es una especie rica en vitamina A y C, así como potasio y hierro, y de igual manera ayudar a la mujeres en etapa de menopausia, así como también a niños con desnutrición.





# **1. MARCO TEÓRICO**

## **DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE CAMOTE (*Ipomoea Batata*).**

### **1.1 Origen del camote**

La palabra camote (*Ipomoea batata*), es de origen nahuatl, dialecto de los antiguos habitantes de Centroamérica y México. En algunas regiones de África, el camote es llamado cilera abana, que significa "protector de los niños", aludiendo al papel que cumple en las densamente pobladas planicies semiáridas de África oriental, donde miles de aldeas dependen de su cultivo para combatir el hambre. (Ref. 11)

Conocido también como batata o boniato, el camote tiene una larga historia como salvavidas. El camote rinde bien bajo un amplio rango de condiciones. Es idóneo para las plantaciones de pequeña escala, especialmente en las áreas marginales. Es usado en la alimentación animal y en la industria, para producir hojuelas, almidón, licor, harina y una variedad de productos procesados.

El camote tiene lo que los botánicos llaman un centro secundario de diversidad genética (áreas geográficas donde el cultivo evolucionó separadamente de sus ancestros americanos). En Papua Nueva Guinea y en otras partes de Asia, se encuentran muchos tipos de camote genéticamente distintos de los hallados en las áreas de origen. La forma como llegaron al sudoeste del Pacífico es tema de debate. Algunos científicos creen que los exploradores europeos lo llevaron en los albores de la conquista española de América Latina; otros se inclinan a pensar que mucho antes de que ello ocurriera, el camote cruzó el Pacífico moviéndose de una a otra isla, a bordo de

las embarcaciones de los indígenas. En la actualidad, los habitantes de las islas del Pacífico se cuentan entre los principales consumidores percapita de camote en el mundo.

### **1.1.1 Historia del camote**

Los científicos creen que el camote fue domesticado hace más de 5000 años. Existe aún mucha controversia acerca de si fue domesticado en América Central o del Sur, aunque evidencias recientes sugieren que podría haber sido en la primera. Este cultivo fue introducido en China a fines del siglo XVI. Debido a su naturaleza robusta, amplia adaptabilidad ya que el material de siembra puede multiplicarse rápidamente a partir de unas cuantas raíces, el camote se expandió a Asia, África y América Latina durante los siglos XVII y XVIII y actualmente crece en más países en desarrollo que ningún otro cultivo de raíces.

### **1.1.2 Antecedentes**

Estudios referentes al cultivo del camote en nuestro país son demasiado escasos debido que este cultivo no se le ha puesto la merecida atención. Los estudios realizados para fomentar el cultivo del camote en nuestro país como recurso de diversificación agrícola, introduciendo y evaluando veintisiete (27) variedades de camote, donde veintiséis son procedentes de la universidad de Costa Rica y una criolla guatemalteca a la que se le denominó USC (universidad de San Carlos). Dicho trabajo se realizó en la estación experimental *Sabana Grande*, trabajo que se llevó a cabo en el período de 1965 – 1967 y con ello se realizaron varios estudios de adaptabilidad y morfología, entre otros. (Ref. 6)

La producción del cultivo del camote que busca en si incentivar y promover la producción del cultivo del camote como una alternativa de diversificación para las condiciones de la Franja Transversal del Norte (FTN), este estudio se realizó conjuntamente con la producción de tomate y yuca, y fue realizado por el Sector Público y Agrícola (SPA) con ayuda de instituciones internacionales, el plan de la producción conlleva estudios de costos desde la mano de obra hasta la producción y el mercado de distribución.

Más del 95 por ciento de la producción total de camote proviene de los países en desarrollo, donde es el quinto cultivo alimenticio más importante.

La colección de camote del CIP (Centro de Investigación de la Papa) se inició en 1985. El recuento más reciente registra alrededor de 6500 muestras de camote, incluidas accesiones silvestres, variedades comerciales y líneas de mejoramiento. Considerado un cultivo de los “pequeños” agricultores, el camote crece bien bajo diferentes condiciones agrícolas. El cultivo relativamente tiene pocos enemigos naturales lo cual implica que usa pocos pesticidas y puede crecer en suelos pobres con pocos fertilizantes.

### **1.1.3 Taxonomía**

A pesar de que la traducción literal de su nombre en inglés es “papa dulce”, el camote no es pariente de la papa. Las papas pertenecen a la familia de las *solanaceas*, que incluyen también al tomate, pimiento y berenjena, mientras el camote pertenece a la familia de convolvuláceas (*Convolvulaceae*). A diferencia de la papa que es un tubérculo, o esqueje engrosado el camote es una raíz reservante.

#### **1.1.4 Cuidados para la planta**

Los estudios que se realizan en el CIP van desde la vulnerabilidad de la planta a las plagas y enfermedades hasta tecnologías eficientes de procesamiento en poscosecha a pequeña escala. Un estudio de particular importancia es el de mejoramiento para incrementar el contenido de materia seca, que incidirá sobre una mayor cantidad de almidón extraído. La fécula o almidón de camote es uno de los principales usos industriales de este cultivo. Otros trabajos de mejoramiento están dirigidos a incrementar el rendimiento del camote fresco y a fortalecer las plantas contra sequías, inundaciones, insectos y enfermedades. (Ref. 10)

También está promoviendo el uso del camote de pulpa anaranjada como una ayuda contra las enfermedades infantiles, por su alto contenido de beta-caroteno, un precursor de la vitamina A. Se ha comprobado que cien gramos de camote de pulpa anaranjada proporciona más del cien por ciento del beta-caroteno requerido diariamente por el organismo humano, es decir más vitamina A de la que proporciona 100 g de zanahoria. La deficiencia de esta vitamina afecta anualmente a 2.5 millones de niños de los países en desarrollo, causándoles ceguera total o parcial y bajando su resistencia contra las enfermedades.

#### **1.1.5 Importancia de la planta**

Es una especie vegetal, de la cual se aprovechan todas sus partes. Es alimenticia tanto sus raíces reservantes como sus hojas. Estas se utilizan en ensaladas para mujeres en estado de gestación por que estimulan la secreción láctea, se utiliza también como medio de propagación (esquejes) y como forraje ganadero. Las raíces reservantes que es el objetivo de su manejo, se utilizan tanto en seco como en fresco y también como medio de propagación.

### **1.1.6 Variedad del camote**

El genero Ipomoea, produce una de las más bellas y ostentosas flores de Guatemala y existen, en gran abundancia, casi en cualquier región de elevaciones bajas y medias más abundantes en las faldas de las montañas y en los planos, en los lugares donde se observan sólidos mantos de flores de ipomoea es en Escuintla y Santa Rosa. En las partes más altas del centro y oeste de Guatemala hay poca ipomoea o sólo se encuentra una especie ocasionalmente ya que no es consumida en estos sectores.

La mayor variabilidad en la planta de camote se determina y observa en las hojas tanto en la forma como el tamaño y color, aún dentro de la misma planta dependiendo de la edad en la que se encuentra, así como también las formas al ser cosechadas ya que existen cuatro formas: redondeada, con hombros laterales, lobulada y partida. (Ref. 4)

La gran variedad de camote conocido con su nombre científico como Ipomoea batata, puede ser de dos tipos húmedo y seco, entre los húmedos están: las de pulpa anaranjada o salmonada, y la de pulpa amarilla. Entre los de tipo seco están los de pulpa blanca o cremosa, pulpa amarilla o colorada y pulpa morada. Y entre otras están la criolla amarilla, brasilera blanca, criolla blanca o manteca, brasilera colorada o forrajera, tucumana lisa, tucumana morada, centenal, jewel y Georgia jet, estos tipos de camotes se diferencian en su color, hoja tallo, flores y su composición química. En Guatemala los tipos de camote que se producen son: camote morado, camote amarillo, camote blanco y camote morado pequeño. El camote existente en varios países es un tubérculo con grandes beneficios, es por ello que el Centro de Investigación de la Papa esta promoviendo la introducción de nuevas variedades de camote de pulpa anaranjada con alto contenido de beta-caroteno en siete países

africanos, ya que este es un país como el nuestra con un cierto porcentaje de desnutrición

Algunos datos de interés sobre el camote:

- Aunque es comúnmente aceptado que el camote se originó en América, también Java, en Indonesia, es considerado un centro secundario de diversidad genética.
- El camote es el quinto cultivo en cuanto a valor de la producción en el mundo en desarrollo y es sembrado en más países en desarrollo que cualquier otro cultivo de raíces.
- De los 82 países en desarrollo donde se cultiva el camote, para 40 constituye uno de sus cinco cultivos alimenticios más importantes.
- La producción anual global excede actualmente los 131 millones de toneladas.
- Más del 90% de la producción global de camote tiene lugar en los países en desarrollo.
- El camote generalmente es cultivado por pequeños agricultores con poca tierra y mano de obra y capital limitados. A veces el cultivo es sembrado en campos marginales con suelos de baja calidad y con un limitado abastecimiento de agua, pese a lo cual la planta crece bien y rinde más energía comestible por hectárea por día que cualquier otro cultivo alimenticio. (Ref. 10)

## **1.2 Nutrición**

El camote es rico en carbohidratos y vitamina A y puede producir más energía comestible por hectárea por día que el trigo, arroz o yuca. Tiene una gran diversidad de usos que incluyen el consumo de las raíces frescas, o de las hojas procesadas como forraje así como también del tubérculo se puede producir: el almidón, harina, caramelos y alcohol.

El ipomoea batata se puede utilizar y consumir de varias maneras:

### **1.2.1 Consumo directo**

El consumo directo es la forma tradicional de utilización de esta raíz tuberosa, que se prepara hervida, asada o frita, sin ningún condimento.

### **1.2.2 En dulces**

En este caso el agregado de azúcar y otros ingredientes donde los más conocidos son los dulces en almíbar o crema de batata.

### **1.2.3 Deshidratados**

Es utilizado en forma de harina, a su vez es utilizado en pequeños trozos integrando las mezclas de hortalizas para la preparación de sopas y puré para niños.

### **1.2.4 Congelados**

En algunos países se utiliza esta técnica de congelamiento rápido que producen camotes congelados.

### **1.2.5 Conservas al natural**

En este caso las batatas partidas se enlatan, agregando una solución liviana de azúcar.

### **1.2.6 Industrias derivadas**

La importancia de la ipomoea batata en la industria viene ha ser por el almidón de batata de alta calidad para el apresto de tejidos y fabricación de



alcohol etílico. Es utilizado como materia prima para la fabricación de alcohol industrial, miel o syrup que se obtiene por sacarificación de los almidones y la extracción del  $\beta$ -caroteno a partir de las variedades seleccionadas por su pulpa.

### **1.2.7 Brotes de batata**

En las regiones de América se consumen los brotes de batata, donde se despuntan en sus últimos 10 cm. Como verdura dejando así solo las hojas no mayores de 1 cm., la producción se obtiene en toneladas en cada hectárea por año, los brotes comestibles, en cosecha sucesiva, contienen del 23 a 25% de proteínas (en base seca).

### **1.2.8 Uso forrajero**

Las raíces tuberosas, chicas o cortadas en rebanadas, tanto frescas como deshidratadas, son un alimento excelente para cerdos, vacunos y yegüerizos, como también en la alimentación de aves.

### **1.2.9 Fisiología**

Al estudiar la fisiología del tubérculo (*Ipomoea Batata*) debe considerar los esquejes a partir de brotes deben provenir de campos de dos meses y medio a tres meses y medio de edad; ser especiales con 8 a 10 nudos (30 a 35 cm.) y en la que tengan conservada sus hojas. Una planta puede producir unos 5 a 7 esquejes apicales, donde los esquejes a partir de brotes de raíces deben de tener unos 45 a 50 días. Una raíz madia (150 a 300 g) puede producir unos 10 a 15 brotes. Los esquejes no deben exhibir raíces ni daños (heridas al deshojar, magulladuras u otros). Es por ello que se debe considerar lo siguiente:

a. Temperaturas:

Los boniatos son plantas tropicales y subtropicales que no soportan las bajas temperaturas.

Las condiciones idóneas para su cultivo son una temperatura media durante el periodo de crecimiento superior a los 21° C, un ambiente húmedo (80-85% HR) y buena luminosidad. Soporta bien el calor, El problema de su cultivo radica en que es una planta muy sensible a las heladas y al frío, la temperatura mínima de crecimiento es 12° C.

b. Suelo:

La batata se adapta a suelos con distintas características físicas, desarrollándose mejor en los arenosos, pero pudiendo cultivarse en los arcillosos con tal de que estén bien granulados y la plantación se haga en caballones. Los suelos de textura gruesa, sueltos, desmenuzables, granulados y con buen drenaje, son los mejores. La textura ideal es franco-arenosa, junto a una estructura granular del suelo, tolera los suelos moderadamente ácidos, con pH comprendidos entre 4,5 a 7,5, siendo el óptimo pH = 6.

c. Siembra:

En cultivo a cubierto siembra semillas igual que como se ha indicado, trasplantando los plantones a macizos o sacos de cultivo; o bien, usa esquejes en tiestos de 15 cm., cuando las raíces se desarrollen, transfiere las plantas a macizos de invernadero o sacos de cultivo. Los cultivares criados a partir de semillas ofrecen cosechas razonables, siembra en el interior en bandejas o tiestos en temperatura de al menos 24°C, Cuando los plantones midan 10-15 cm., temple y plante en el exterior.

Hay dos maneras de realizar la siembra: Una es a partir de los tubérculos igual que la patata a 40 cm. de distancia entre ellos y en hileras espaciadas 75 cm. entre ellas y La otra es realizando primero la siembra de varios boniatos en un bancal y dejar que nazcan las plantas las cuales luego se arrancarán para sembrar en el lugar definitivo.

Plantar en primavera en caballones estrechos (con arista superior), a 75 cm. de distancia, después planta los tubérculos a 5-7 cm. de profundidad en la arista del caballón, espaciando a 20-25 cm. de distancia.

d. Riego:

Regar con regularidad y aplicar mulch (acolchado al pie de la planta) para conservar la humedad.

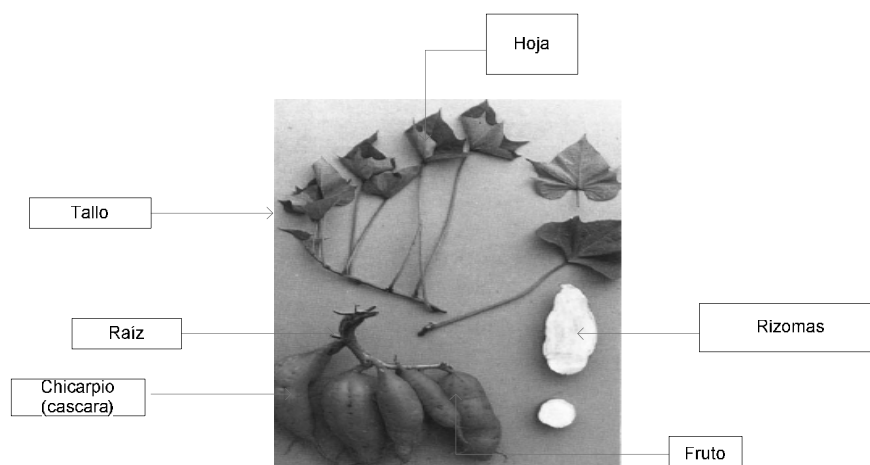
e. Abonado o fertilización:

Aplicar fertilizante multiuso una vez al mes hasta que los tubérculos se hayan formado.

f. Otras labores:

Guiar los vástagos para que se enrollen alrededor de la planta, Cavar para eliminar las malas hierbas, Eliminar los extremos de desarrollo de los vástagos cuyo largo sobrepase los 60 cm. para estimular la producción de vástagos laterales.

Figura 1. Partes del camote (Ipomoea Batata)



Fuente: Referencia. 10.

### 1.3 Valor alimenticio

El camote produce dos tipos útiles de alimento en la misma planta: las raíces carnosas y el follaje. De hecho, el follaje contiene más proteína de alta calidad que las raíces, lo que le da una ventaja adicional para la alimentación familiar cuando es producido en huertos caseros.

El valor nutricional del camote es favorablemente comparable con muchos otros cultivos de raíces y tubérculos, y con hortalizas comercialmente importantes, lo cual hace del camote un complemento valioso en las dietas a base de cereales. Esto es especialmente importante en el caso de ácido ascórbico. La composición nutricional del camote varía de acuerdo a la variedad y el promedio por un kg. de raíces frescas, es el siguiente: (ref. 11)

Tabla I. Valor nutricional del camote (Ipomoea Batata), en raíces frescas.

Carbohidratos	248 a 344 g	Hierro	7,0 a 13,8 mg
Proteínas	11,3 a 18,0 g	Vitamina A	8,140 UI (aprox.)
Grasas	3,7 a 6,0 g	Tiamina	0,9 a 1,0 mg
Agua	640. a 710 g	Riboflavina	0,6 a 0,7 mg
Calcio	280 a 350 mg	Niacina	6,0 a 12,9 mg
Fósforo	420 a 488 mg	Acido Ascórbico	220 a 400 mg

Fuente: Datos obtenidos en referencia No. 11

Además de lo anterior, el camote contiene adecuadas cantidades de Metionina, que es uno de los aminoácidos esenciales para la vida humana, y que se encuentra en muy poca cantidad en los alimentos agrícolas.

### 1.3.1 Alivio en caso de desastres

El camote tiene una larga historia como salvavidas. Los japoneses lo usaron cuando los tifones arrasaron sus campos de arroz. El camote salvó a millones de la inanición en China durante la hambruna de los primeros años de 1960 y en Uganda, donde un virus asoló los cultivos de yuca en los años 90, las comunidades rurales dependieron del camote para protegerse del hambre.

### 1.3.2 Su importancia

El genero ipomoea esta representado en Guatemala por sesenta (60) especies distribuidas en diferentes altitudes, a pesar de que Guatemala constituye el segundo centro de diversidad de batata no se le ha dado la importancia, y los proyectos de investigación se rigen en otros cultivos, por lo

que no existe un programa nacional de batata. Se han efectuado algunos trabajos aislados de introducción y evaluación de redes, reportándose en la evaluación rendimientos de 20t/ha.

Los trabajos realizados están orientados a la búsqueda y conservación de recursos fotogénicos, es así como a nivel nacional se han recolectado 90 muestras, las cuales fueron conservadas y caracterizadas especialmente en el “Centro de Producción El Oasis de la finca Bulbuxya de la Facultad de Agronomía USAC”. (Ref. 11)

La importancia de la batata en Guatemala es muy escasa, ya que en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) no se han hecho estudios recientes sobre la producción de la Ipomoea Batata debido a su poca producción y el desconocimiento de los agricultores y la importancia que el camote tiene en sus propiedades. El camote o batata es el séptimo cultivo más importante del mundo en términos de productor. Según el CIP (Centro de Investigación de la papa), su valor alimenticio comienza a ser reconocido por los especialistas, y se le da especial importancia en épocas en las que los países sufren escasez alimentaria. (Ref. 1)

La deficiencia de esta vitamina afecta anualmente a 2.5 millones de infantes de los países en vías de desarrollo, causándoles ceguera total o parcial, aseguran los expertos.

El camote no sirve sólo para acompañar comidas sino que constituye en sí mismo un ingrediente nutritivo y sabroso para preparar entradas, platos de fondo, postres y bebidas exquisitos.

La planta crece a nivel o un poco arriba de la superficie del suelo, y los primeros tubérculos se pueden cosechar en cuatro meses. Existen unas 500 especies y se puede sembrar en los meses de abril a junio. En climas más

cálidos puede escogerse cualquier época, siempre durante la estación seca, aportando riegos abundantes.

### **1.3.3 Producción**

En la actualidad, se cultiva en 82 países en desarrollo. China es el primer productor, con más de 121 millones de toneladas (el 92% de la producción global total), y un rendimiento de 17 toneladas por hectárea. En América Latina, destacan en producción Brasil, Argentina, Perú, Cuba y Haití. En Cuba es considerado un cultivo de primera necesidad.

Su consumo y área de producción son mayores en la costa. En el año 2000, según estadísticas de la FAO, se produjeron 230 mil toneladas, con un rendimiento promedio de 17 toneladas por hectárea, el más alto de la región.

Guatemala es considerada como un subcentro de origen de camote debido a la gran diversidad genética distribuida a diferentes alturas del país.

Sin embargo, este potencial genético no ha sido sembrado adecuadamente por las agricultoras, y los esfuerzos de la industria y la investigación son incipientes. Actualmente son escasas las áreas de cultivo y la producción es destinada al consumo y a la elaboración de dulces a nivel artesanal aprovechando el cultivo.

El aprovechamiento de la parte aérea del camote es extenso. Actualmente se cuenta con el Instituto de Ciencias de tecnología Agrícola (ICTA), con material genético agronómico capaz de permitir un rendimiento adecuado que abastezca una posible demanda agroindustrial del mercado de exportación. (Ref. 3)

### **1.3.3.1 Producción global**

Debido a su versatilidad y adaptabilidad, el camote es el séptimo cultivo alimenticio más importante del mundo, después del trigo, arroz, maíz, papa, cebada y yuca. Más de 133 millones de toneladas se producen globalmente cada año. El continente asiático es el principal productor de camote, con 125 millones de toneladas de producción anual. De China procede el 90 por ciento de la producción total (117 millones de toneladas). Cerca de la mitad del camote producido en Asia es usado para la alimentación animal y el remanente es usado principalmente para el consumo humano, tanto en forma fresca como en productos procesados.

En contraste, aunque los agricultores africanos producen solamente alrededor de 7 millones de toneladas al año, gran parte de la producción es dedicada al consumo humano. Los rendimientos africanos son absolutamente bajos aproximadamente un tercio de los rendimientos asiáticos pero indican el enorme potencial de crecimiento futuro. (Ref. 2)

### **1.3.3.2 Preservación del camote**

- a. Si el camote está fresco, debe limpiarse bien y separar los sanos de los que tengan algún tipo de daño, debiendo estos últimos, usarse lo antes posible.
- b. Los camotes sanos podrán guardarse en un lugar húmedo, con una temperatura sobre 25° C, durante 4 a 5 días. En este período, los camotes desarrollarán una capa de células protectoras sobre las áreas dañadas y se pondrán más dulces.
- c. Cuando el camote es comprado "fuera de estación," se supone que ya ha sido almacenado, por lo tanto, no se recomienda guardarlo por períodos largos.



- d. Es conveniente seguir las instrucciones del inciso (b), ya que el almacenamiento del camote a temperatura ambiente, causará su deshidratación, y en el refrigerador producirá congelamiento de la pulpa y pérdida del sabor

#### **1.4 Beneficios a la salud del consumo del camote**

El camote, humilde tubérculo, famoso por su alto valor nutritivo, previene el cáncer de estómago, las enfermedades del hígado y retarda el envejecimiento, de acuerdo al Centro Internacional de la Papa (CIP).

La investigación señala que la especie de camote (batata) de pulpa anaranjada es rica en vitaminas A y C, así como potasio y hierro, “claves para disminuir el riesgo a desarrollar un cáncer al estómago y enfermedades hepáticas”, se señala en el informe del CIP.

El camote de pulpa morada retarda el envejecimiento por tener propiedades antioxidantes y un alto valor vitamínico y proteico, superior al de la papa (patata). Los nutricionistas consideran al camote como un importante suplemento proteico para niñas y niños y para personas con problemas de desnutrición. El informe recomienda usar camote como insumo industrial para preparar diversos alimentos con el fin de ayudar en la alimentación. El informe se refiere especialmente a sectores pobres de algunas zonas donde el camote es reactivo a su crecimiento, debido a la altura de los lugares.

##### **1.4.1 El camote en la menopausia**

Desde hace algunos años, cientos de mujeres inglesas usan crema de camote como un auxiliar contra los efectos de la menopausia. Esto despertó el interés de científicos que actualmente estudian las propiedades curativas del camote mexicano, la crema hecha con el tubérculo es una alternativa eficaz

que en el tratamiento tradicional, es por ello que miles de mujeres cambian este tratamiento tradicional, de equilibrar con hormonas la disminución de progesterona durante la menopausia, por la crema de camote.

En algunos países aproximadamente hace 20 años se prescribe la crema a pacientes que no pueden tomar estrógeno para evitar la osteoporosis; según los estudios, no sólo ayuda a aumentar la densidad de los huesos, sino que alivia síntomas de la menstruación y contribuye a reducir el dolor de senos, la depresión, el sobrepeso y la pérdida de la libido. Otros experimentos son patrocinados por la Sociedad Nacional de Osteoporosis. Según especialistas, la falta de evidencia científica de las propiedades del tubérculo confunde al paciente, por lo que es necesario un estudio más completo.

## **1.5 Descripción de maquinaria y equipo**

La descripción de la maquinaria, esta enfocada básicamente a la recopilación de las características físicas de las maquinas que se emplearán en la línea de producción para la elaboración de harina de camote (Ipomoea Batata), específicamente se menciona la función de cada equipo.

### **1.5.1 Carro de transporte de la materia prima**

Constituye la transportación de la materia prima en su primera etapa de procesamiento y la transportación de producto terminado. Los diferentes elementos son transportados principalmente en cajas plásticas.

### **1.5.2 Dosificador**

Todo transporte va a menudo asociado a un mecanismo de alimentación, llamado dosificador, que controla el flujo de entrada.

### **1.5.3 Transportadores de cinta o banda**

Básicamente consiste en una cinta que corre sobre rodillos móviles tensada, y que, cuenta con un alimentador (o varios) y un descargador (o varios). La cinta se hace de lona, rayón, nylon, hule y puede ir reforzada con tensores de acero (alambrillos de acero). Su longitud puede ir de algunos metros a uno o más kilómetros. Su ancho es variable. Se puede fabricar con diferentes poderes de resistir tensión longitudinal: así la lona de 140 a 500 lb/pulg. lineal a lo ancho (de acuerdo al espesor), de 1500 el rayón y de hasta 6000 el hule reforzado con acero. Generalmente son horizontales pero pueden subir en ángulo máximo de 30° y preferiblemente no más de 20. Corren con velocidad hasta de 300 m/min., pero es bueno correr entre 60 y 150 m/min. Su capacidad puede llegar a ser de 5000 tn/h. su perfil en corte puede ser recto o acanalado, según si el sólido se pueda derramar o no por los costados. Puede llevar sólidos abrasivos y corrosivos, pero no es buena para los pegajosos ni los muy fiabes. (Ref. 7)

### **1.5.4 Descargador**

El descargador, es el que obliga al sólido a bajar del transportador.

### **1.5.5 Lavadora por aspersion de agua**

Este equipo realiza el lavado del tubérculo Ipomoea Batata, por medio de movimiento giratorio con los cepillos de fibra plástica, conjuntamente con agua que cae sobre el tubérculo.

En la actualidad se encuentra en desarrollo un equipo para este tipo de línea, que consta de un tambor cilíndrico recubierto con cerdas para cepillos

suaves que giran en contrasentido con un cepillo interno, y posee un aspersor de agua que ayuda a remover la tierra y las impurezas.

## **1.5.6 Pelador**

El objetivo principal, es el de eliminar la cáscara, en el caso de la batata, este proceso resulta un poco complejo debido a la adherencia de la cáscara con la pulpa, por lo que se utilizan dos métodos.

### **1.5.6.1 Manual**

Este proceso se realiza con cuchillos, siguiendo la forma del producto para eliminar la cáscara.

### **1.5.6.2 Mecánico**

Se utilizan peladores abrasivos que eliminan la cáscara por raspado. Se debe evaluar la eficiencia de este proceso con respecto a la pérdida de pulpa. Puede requerirse un acabado final.

## **1.5.7 Cortador**

El procesador corta en pequeños trozos cualquier fruta o tubérculo con características sólidas. Este trabajo se realiza por la acción de dos discos: uno giratorio y uno estacionario, donde el primer disco corta en rodajas y las empuja hacia el siguiente donde este último corta las rodajas en cuadritos y se obtiene al final pequeños trozos de materia.

### **1.5.8 Secador de tamices transportadores**

Un secador típico de tamiz transportador con circulación a través del sólido, contiene una capa de 25 a 150 mm de espesor del material que se va a secar y se transporta lentamente sobre un tamiz metálico que se mueve a través de una larga cámara o túnel de secado, donde la cámara consiste de una serie de secciones separadas, cada una con su propio ventilador y calentador de aire, a la entrada del secador. El aire por lo general pasa hacia arriba a través del tamiz y de los sólidos, mientras que en el extremo de descarga, donde el material está seco y puede desprender polvo, el aire circula hacia abajo a través del tamiz. La temperatura y la humedad del aire son diferentes en distintas secciones con el fin de alcanzar las condiciones óptimas de secado en cada punto.

Las dimensiones de estos tipos de secadores son de 2 m de ancho y 4 a 50 m de longitud dando lugar a 5 a 120 minutos. El tamaño mínimo del tamiz es de 30 mallas. Material grueso y escamoso o fibroso se puede sacar con circulación a través del sólido sin ningún pretratamiento y sin pérdidas de material a través del tamiz. Sin embargo las tortas y las pastas de filtración de partículas finas deben acondicionarse antes que pueda tratarse en un secador de tamiz transportador. Los agregados conservan su forma durante el secado y sólo cae una pequeña cantidad de polvo sobre el tamiz. A veces se instala un dispositivo para recuperar los finos que son arrastrados desde el tamiz.

Los secadores de tamiz transportador operan de forma continua y suave con una gran variedad de sólidos y su costo es razonable y el consumo de vapor de agua es bajo siendo el valor típico el de 2 kg. de vapor de agua por kilogramo de agua evaporada. El aire recircula a través y es expulsado de cada sección de forma independiente o bien circula de una sección a otra en contracorriente con el sólido. Estos secadores son en especial aplicables

cuando las condiciones de secado se modifican notablemente a medida que disminuye el contenido de humedad del sólido. (Ref. 7).

### **1.5.9 Molino de martillo**

Tiene el más amplio rango de RRT (Razón de reducción de tamaño), pues pueden ser inclusive quebrantadores primarios para partículas gruesas y pueden también recibir partículas finas de pocos milímetros (claro está en unidades de diferente tamaño) y logra reducciones hasta partículas muy finas o intermedias. Sus RRT (Razón de reducción de tamaño) son amplias hasta de 15/1. Se utilizan para sólidos no muy abrasivos y preferiblemente friables, pero son capaces de incluso recibir materiales muy duros. El impactador de martillos se atora poco y existen muchas clases de ellos como: el de estrella (el típico de martillos) de eje horizontal, el de jaula, que rota horizontalmente pero en lugar de martillos tiene una especie de barras en corona a una o varias capas concéntricas, muy productivo. Y el de rotor, que es de eje vertical y proyecta al sólido hacia los lados horizontalmente.

### **1.5.10 Molino de disco**

Se les conoce también como pulverizadores, en estos, tal y como se tiene el típico molinito para café tostado, el sólido avanza en un ducto por acción de un tornillo sin fin o su equivalente, y llega a un punto donde se proyecta radialmente hacia afuera, entre dos discos o muelas, las cuales tienen una convergencia radial, o sea están más separadas entre sí en el centro de rotación que en la periferia de los discos. Estos discos pueden ser uno fijo y el otro móvil o bien los dos móviles (en rotación opuesta). Pueden tener estrías gruesas o finas en las muelas frente a frente (por dentro). Reciben generalmente partículas de 1 cm. (o menos) y pueden producir hasta polvos de

Mesh (apertura de malla) 200. Producen un polvo muy homogéneo y sus RRT (Razón de reducción de tamaño) pueden ser muy altas (20/1). Se trabajan preferiblemente con sólidos poco abrasivos y semiduros, pero con aleaciones correctas en la muela, pueden trabajar duros. Los hay verticales u horizontales, y pueden ser grandes o chicos. Así, como el molino de martillos, el de discos es muy típico.

### **1.5.11 Separadores de tamices**

Al realizarse una separación de tamaño o forma de una o más sólidos, se realiza la separación por tamizado. En la que se puede utilizar un solo tamiz u una pila de tamiz.

Existen tamices planos, fijos, o vibrantes de igual manera algunos con grandes cedazos cilíndricos que estando inclinados rotan, y que en lugar de tener una pila de tamices de mayor a menor tienen una variedad de secciones en serie, de diferente tamaño de MESH (apertura de malla), Al operar se vierte el sólido colado en tolvas separadas, de manera que en la primera cae el más fino y en la última el más grueso, en la que puede tener muchas secciones. Los rotatorios son más productivos ya que su eficiencia y grado de precisión de separación es mejor y mas controlable, pues se puede jugar con el ángulo de caída y la velocidad de rotación.

La selección del tipo de mesh (apertura de malla), será a la elección del tamaño y/o forma de sólido que se quiera obtener, para ello es conveniente consultar las normas de la serie de tamices de estados unidos y equivalentes de Tyler (ASTM – E-11-61). (Ref. 5. tabla. 21-6).

### **1.5.12 Silos y tolvas**

Un silo es un cilindro metálico o de cemento cuyo techo es cónico hacia arriba y cuyo fondo es plano. Se carga por arriba y al centro, se descarga por el centro del mismo con un transportador de sólido o tornillo sin fin u otro. Una tolva es una especie de embudo que se pone en la parte baja del contenedor de sólidos y que permite sacar en un punto mas estrecho el material donde se puede poner un saco o un dosificador automático.

Las tolvas como tales acumulan poco material, y por lo tanto a menudo van unidas a un silo cilíndrico ubicado encima de ellas. La pareja casi siempre va unida y se les confunde, siendo prudente tener los silos con fondo tolvado. La sección puede ser cuadrada pero lo mejor es que sea circular. Los silo - tolva pueden tener agitación mecánica interna o externa. Se pueden hacer de madera, cemento metal o plástico reforzado y conviene que sean de un material liso y pulido. SE CALCULAN PARA ACUMULAR MATERIAL PARA UN DÍA O HASTA UNA SEMANA DE LABOR. (Ref. 5).

## **1.6 Análisis importantes**

Al finalizar el proceso del producto final, de la obtención de la harina de camote (*Ipomoea Batata*); para la determinación del valor nutricional, le realizaré análisis químico proximal, una evaluación organoléptica en base a escala hedónica de nueve (9) puntos como análisis sensorial.

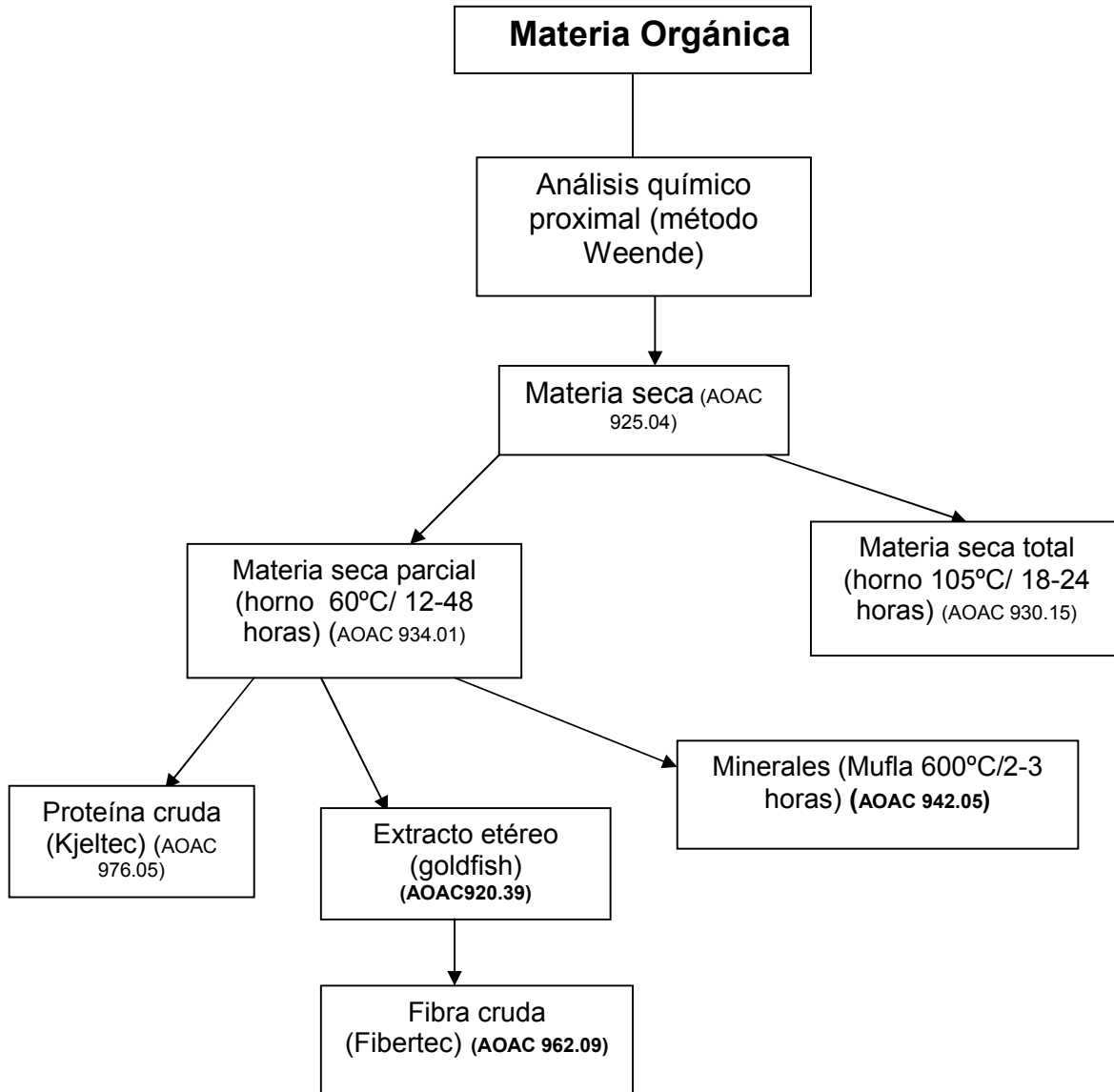
### **1.6.1 Análisis químico proximal**

El análisis del químico proximal es un método por el cual se conoce cuantitativamente el valor nutricional de un alimento o materias primas y sirve para la formulación específica de un alimento, para consumo humano o animal, así como para el tipo de producción.



- **Composición química de los alimentos**
- **Alimentos o materia prima**
- **Agua (agua):** Cantidad de humedad que posee el alimento
- **Materia seca**
- **Porción incombustible:** Cenizas, sales y sales inorgánicas.
- **Porción combustible:** proteína cruda o bruta (P.C), Grasa cruda o bruta (E.E), Fibra cruda (F.C), Extracto libre de nitrógeno ( E.L.N)

### 1.6.1.1 Esquema del análisis químico proximal.



### **1.6.1.2 Cenizas o minerales totales (AOAC 942.5)**

Se conocen como cenizas al residuo inorgánico de una muestra incinerada. Una determinación de este tipo no revela los elementos específicos presentes ni aclara las combinaciones en que este se encuentre en un material determinado. En los análisis bromatológicos el propósito del análisis es para determinar el porcentaje de minerales totales, definir la cantidad de materia orgánica y para señalar la presencia de adulteraciones. En la estimación matemática del análisis químico proximal es necesario conocer el porcentaje de cenizas, para calcular el Extracto Libre De Nitrógeno y así llegar a determinar el total de nutrientes digestibles.

### **1.6.1.3 Extracto etéreo (AOAC 920.39)**

En este análisis el extracto etéreo se incluye todas aquellas sustancias que son insolubles en el agua, pero solubles en éter, etanol entre otras. Dentro de estas sustancias se encuentran: las grasas, glicolípidos, fosfolípidos, terpenos, esteroides, prostangladinas, vitamina **A, D, E y K**, aceites y ceras esenciales. De tal manera que al momento de determinar el porcentaje de extracto etéreo, se desconocen las proporciones de cada una de estas sustancias.

Sin embargo, existen algunas referencias que explican en el caso de granos y otras semillas que casi todo el extracto etéreo está constituido con verdadera grasa.

Desde el punto de vista nutricional, es de sumo interés conocer el valor del extracto etéreo, ya que aquí se encuentran los elementos que proporcionan energía o le dan el valor energético a determinado alimento. Dentro de estos elementos se pueden identificar a los lípidos, los cuales le sirve al organismo como reserva condensada de energía, como elementos estructurales de los tejidos y son esenciales para diversas reacciones del metabolismo.

Desde un punto de vista cuantitativo, se puede decir, que las grasas son el mayor constituyente de los lípidos (aproximadamente 98%) que se encuentra en la mayoría de los alimentos concentrados, razón por la cual son importantes fuentes de energía almacenada. Sin embargo, la grasa no solo es fuente concentrada de energía si no desempeña otras funciones como:

- Son fuentes de energía.
- Ayudan a la absorción de la vitamina A de los alimentos y en especial el caroteno.
- Facilitan la absorción del calcio.

#### **1.6.1.4 Fibra cruda (AOAC 962.09)**

En los análisis bromatológicos cuando se habla de fibra cruda se refiere a carbohidratos, sin embargo, determinar todos los carbohidratos en una muestra en cuestión sería muy difícil y llevaría mucho tiempo.

No obstante, diversos estudios (Método de Weende) han determinado a los carbohidratos en dos grupos.

- Los menos digeribles (fibra cruda)
- Los digeribles (extracto libre de nitrógeno)

##### **1.6.1.4.1 Determinación de fibra cruda.**

La determinación de la fibra cruda se realiza a través de la ebullición que es alternada de una muestra de ácido débil y después con un álcali, el residuo de este queda libre de componentes solubles como grasa, proteína y azúcares dando como resultado la fracción de carbohidratos menos solubles como la celulosa, hemicelulosa y lignina.

La pérdida en la incineración representa la fibra cruda y proporciona la información sobre la cantidad de fibra en el alimento analizado.

Por orden de digestibilidad tenemos hemicelulosa, celulosa y lignina.

#### **1.6.1.5 Proteína cruda. (AOAC 976.05)**

El término de proteína se deriva del griego “proteas” que significa primario o primero, lo cual resulta muy adecuado, ya que las proteínas son los componentes fundamentales de los tejidos.

Cuando se habla de la composición de las proteínas se puede decir que tienen un contenido relativamente constante de elementos individuales como.

- Carbono 50 – 55 %
- Hidrógeno 05 – 08 %
- Oxígeno 20 – 25 %
- Nitrógeno 15 – 17 %
- Azufre 01 – 03 %
- Fósforo 0.2 – 1.5 %

De los cuales el nitrógeno distingue a las proteínas de las grasas y carbohidratos, por el hecho que considera que el nitrógeno este presente en las diferentes proteínas en porcentajes más o menos constantes al 16%, de tal manera que lo que se obtiene a través del Kjeldahl es el porcentaje de nitrógeno presente en la muestra. (Ref. 4).

### **1.6.1.6 Cromatografía**

Las técnicas cromatográficas se emplean para separar los componentes individuales de una mezcla y, en ciertos casos, para identificar un compuesto comparando su comportamiento cromatográfico con el de sustancias conocidas empleadas como patrón.

La base de la técnica es que cuando un determinado soluto interactúa con dos fases, una de ellas, habitualmente sólida, llamada fase estacionaria, experimenta una serie de procesos (adsorción en fase sólida, solubilización en cada fase, arrastre por la fase móvil, etc.) que, en último extremo, llevan a que el soluto se reparta entre ambas fases. En el equilibrio, la relación entre las concentraciones del soluto entre ambas fases es constante, y se denomina coeficiente de reparto. Si en una mezcla, cada componente tiene un coeficiente de reparto diferente del de los otros, la separación será buena. Naturalmente, dicho coeficiente depende de la naturaleza de las fases, así como de las condiciones de la cromatografía.

#### **1.6.1.6.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)**

Este análisis es uno de los más largos y complicados que se realiza para la cuantificación de vitamina, el equipo de cromatografía líquida de alta resolución consiste en cuatro partes principales que son:

1. Sistema abastecedor de solvente.
2. Sistema de inyección de muestra.
3. Columna.
4. Registrador de datos (integrador).

Donde el sistema abastecedor consiste en este caso en el sistema en donde el solvente como fase móvil para realizar el análisis de la cantidad de vitamina que se quiere determinar y por ello debe ser filtrado cada solvente que se vaya a utilizar, para trabajar con un nuevo solvente se debe de realizar tres lavadas con el mismo solvente para que el solvente nuevo no contamine al solvente. Y con ello, cambiar los filtros con cada solvente a utilizar para utilizar los filtros se debe de realizar una prueba de compatibilidad del solvente con la membrana de filtración.

El sistema de filtro consiste en un equitazato, un embudo con filtro y una bomba al vacío, los recipientes donde se depositan los solventes después del filtrado, deben ser previamente identificados y fechados, esto ayudará para no confundirse con que solvente se esta trabajando, estos recipientes también tienen que ser lavados de dos a tres veces para eliminar cualquier solvente que contamine o que no sea compatible.

El sistema de inyección, actúa de la misma manera que el sistema de solvente, ya que las muestras y el patrón que se utilizara para cada inyección también debe estar filtrada por medio de una jeringa especial y así como filtros, también debe tenerse precaución respecto a la compatibilidad de las muestras y el filtro así como se describió anteriormente, la jeringa mencionada anteriormente no es la misma que se utilizará para la inyección dentro del equipo, respecto a la inyección que se realizara en el equipo también el sistema se tiene que realizar tres lavadas a la jeringa para que este no contenga residuos de otras soluciones en ella o que no contenga polvo, ya que esto perjudicará al equipo, por tal razón, todo solvente muestra y patrón tienen que estar previamente filtrados para su uso en el sistema del HPLC.

### 1.6.1.7 Polisacáridos

Los polisacáridos son carbohidratos más abundantes, son el resultado de la unión de más de 10 unidades de azúcares sencillos (generalmente la glucosa) mediante enlaces glucosídicos, entre otros se pueden citar el almidón y la celulosa (en plantas) y el glucógeno (en animales).

El almidón es un polisacárido de estructura helicoidal, su función es de reserva en las plantas. Consta de una mezcla de dos tipos diferentes de polímeros; la amilosa y la amilopectina. La primera es una molécula recta sin ramificaciones en la cual las moléculas de glucosa se unen mediante enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4), la amilopectina es una molécula ramificada como el glucógeno o almidón animal, en donde las moléculas de glucosa se unen con enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) en su porción recta y enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) en sus ramificaciones que están separadas por 24-30 unidades de glucosa. Un extremo de la cadena de almidón lleva un grupo -OH que constituye el terminal reductor de la gran molécula. La amilopectina difiere del glucógeno porque tiene menos ramificaciones y un peso molecular general más bajo, sus terminales no son reductores ya que los carbonos que tendrían el grupo -OH están participando en los enlaces glucosídicos. El almidón es un compuesto insoluble en agua fría, aunque tiende a ser más soluble en agua caliente cuando su molécula permite "atrapar" el agua, de manera que cuando baja la temperatura adquiere un aspecto gelatinoso comúnmente denominado "engrudo". Se encuentra en las plantas almacenado como reserva energética en los amiloplastos, plastidios sin color que son abundantes en los bulbos, tallos subterráneos (papa) y semillas como el maíz y el fríjol. Cuando la planta necesita energía para sus procesos metabólicos, adquiere la glucosa degradando el almidón por la acción de la enzima alfa amilasa.



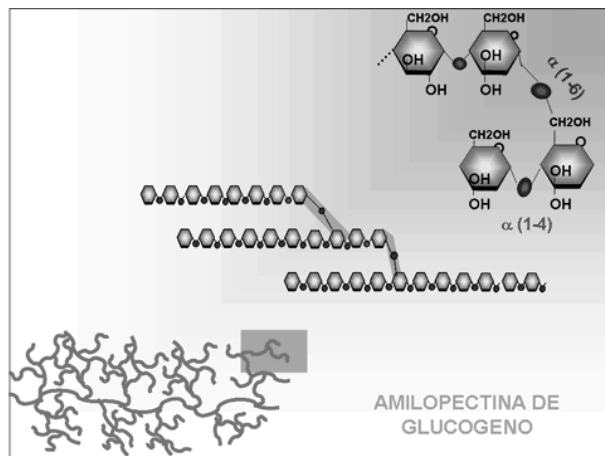
El glucógeno es un polisacárido helicoidal de reserva semejante a la amilopectina vegetal con enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) y  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) sin embargo, sus ramificaciones son cortas y se establecen cada 8-12 sub-unidades de glucosa razón por la cual se obtienen fácilmente cuando se necesita energía. Se almacena en los músculos y en el hígado en donde las enzimas allí presentes hidrolizan con facilidad los enlaces glucosídicos del glucógeno. Dado que su molécula es semejante a la amilopectina, el glucógeno se puede degradar en los animales por la alfa amilasa del páncreas y de la saliva a nivel de los enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) obteniéndose como producto una mezcla de glucosa, maltosa y dextrina límite. Esta última corresponde al glucógeno parcialmente hidrolizado con abundantes enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) que la alfa amilasa no puede digerir, de manera que las amilo  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) glucosidasas actúan sobre esos enlaces y posteriormente la alfa amilasa puede continuar la degradación sobre los enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4).

Figura 2. Polisacárido constituyente del almidón y el glucógeno. Conformado por unidades de glucosa en enlace alfa 1-4.



Fuente: Ramificación de la  $\alpha$ -amilosa, referencia bibliográfica 9

Figura 3. Polisacárido ramificado (amilopectina) constituyente del almidón y el glucógeno.



Fuente: Ramificación de la amilopectina, referencia bibliográfica 9.

### 1.6.2 Evaluación sensorial.

Para la aceptación de la harina de camote (*Ipomoea Batata*) es necesario realizar un análisis organoléptico y para se toman muestra de la harina, por el cual se utilizará como harina para realizar pan y otra como papilla, donde el ensayo se realizará con diferentes consumidores, donde se aplicara la metodología de agrado de cada preparado, empleando para ello una escala hedónica de nueve puntos:

- Me gusta muchísimo
- Me gusta mucho
- Me gusta moderadamente
- Me gusta un poco.
- Me es indiferente.
- Me disgusta un poco.
- Me disgusta moderadamente
- Me disgusta mucho.
- Me disgusta muchísimo.



## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Recursos**

#### **2.1.1 Recursos humanos**

Investigador: Mercedes Esther Roquel Chávez

Asesora: Inga. Qca. Hilda Palma.

#### **2.1.2 Recursos de equipo**

Para la elaboración de la harina, se utilizó los equipos del laboratorio de Bromatología Facultad de Veterinaria, así como los del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería, ambas de la Universidad de San Carlos (USAC).

### **2.2 Localización**

#### **2.2.1 Obtención de las muestras**

La materia prima se obtuvo en la región del occidente en el departamento de Sololá, camote anaranjado (Ipomoea Batata).

#### **2.2.2 Desarrollo de la harina de camote (Ipomoea Batata).**

El desarrollo para la obtención de la harina de camote, se realizó con los siguientes pasos:

1. Recepción de la materia prima.
2. Almacenamiento.

3. Lavado y desinfectado por hipoclorito (HClO) durante 20 min.
4. Pelado
5. Cortado en distintos fragmentos (Cubos, Julianas y Rodajas).
6. Pesados
7. Secado (tomar pesos a distintos tiempos para realizar curva de secado)
8. Molienda (molino de cuchillas).
9. Tamizado ( tamiz de 325 y 200 mm)
10. Empacar.

### **2.2.3 Localización de la línea de producción de harina.**

La localización de la línea de producción de camote se ubicara en el departamento de Sololá, ya que la producción registrada es de 2500 quintales al año, cifra que presenta los análisis estadístico del MAGA de la localidad, ya que en otros lugares la producción de la batata es insignificativa y no presentan datos exactos de producción por ser una producción no usual, siendo este un estudio iniciado por el MAGA central de Guatemala.

### **2.2.4 Análisis químico.**

La parte experimental de la investigación se realizo en la siguiente instalación:

1. Laboratorio de bromatología del Centro de Investigaciones de alimentos en la Facultad de Veterinaria del campus central.

### 2.2.5 Análisis sensorial.

Este análisis se realizó en distintos lugares, y varios consumidores, en la que se prepararon dos productos con la harina obtenida: pan con 100% de harina de camote (muestra 1) y pan con 50% de harina de camote y 50% de harina de trigo (muestra 2), esta prueba fue evaluado en la ficha de evaluación sensorial.

## 2.3 Metodología experimental para la obtención de la composición química de la harina de camote (Ipomoea Batata)

### 2.3.1 Materiales y equipo

#### 2.3.1.1 Materia prima

Camote (Ipomoea Batata): camote anaranjado

#### 2.3.1.2 Cristalería utilizada para el análisis químico

Materia seca	Ceniza	Extracto Etéreo	Fibra Cruda (F.C.)	Proteína cruda	HPLC (cromatografía líquida de alta resolución)
Desecadora	Balanza	Balanza	Crisol de gooch	Tubos Kjeldahl	Columna Lichrocart CART <sup>®</sup> 250-4mm

Espátula	Mechero	Porta dedal	Balanza analítica	Balanza analítica	Lichrocart SI 60,5 µm
Pinzas	Regia de asbesto	pinzas	_____	_____	Precolumna Si – 60
Espátula	Desecadora	Dedal de vidrio	_____	_____	Pipeta
Balanza	Guantes de asbesto	Beacker de goldfish	_____	_____	Micropipeta
_____	Crisol	_____	_____	_____	Microjeringas

**2.3.1.3 Cristalería para la determinación de azúcares reductores en la harina de camote (Ipomoea Batata).**

- Tubos de ensayo
- Filtros
- Pipetas
- Probeta 25 ml.
- Mechero o estufa
- Beacker de 250 ml y 25 ml.

### 2.3.1.4 Equipo utilizados para la obtención del químico proximal

Materia seca	Ceniza	Extracto Etéreo	Fibra Cruda (F.C.)	Proteína cruda	HPLC (cromatografía líquida de alta resolución)
Horno 105°C	Mufla	Aparato de goldfich	Aparato fibertec	Destilador Kjeldhl	Cromatografo

### 2.3.1.5 Reactivos utilizados para el análisis químico

Materia seca	Ceniza	Extracto Etéreo	Fibra Cruda (F.C.)	Proteína cruda	HPLC (cromatografía líquida de alta resolución)
_____	_____	Éter de petróleo	Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico	Acetonitrilo
_____	_____	_____	Hidróxido de sodio	Ácido clorhídrico	2- propanol
_____	_____	_____	Agua destilada	Hidróxido de sodio	acetato de etilo
_____	_____	_____	_____	Agua destilada	Agua destilada

### 2.3.1.6 Reactivos utilizados para la determinación de azúcares reductores.

- Alcohol 95%
- Reactivo de Fehling.



- Agua destilada.

## 2.4 Ficha para la evaluación sensorial de la harina de camote (Ipomoea Batata)

Prueba de escala hedónica de nueve puntos

Nombre \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

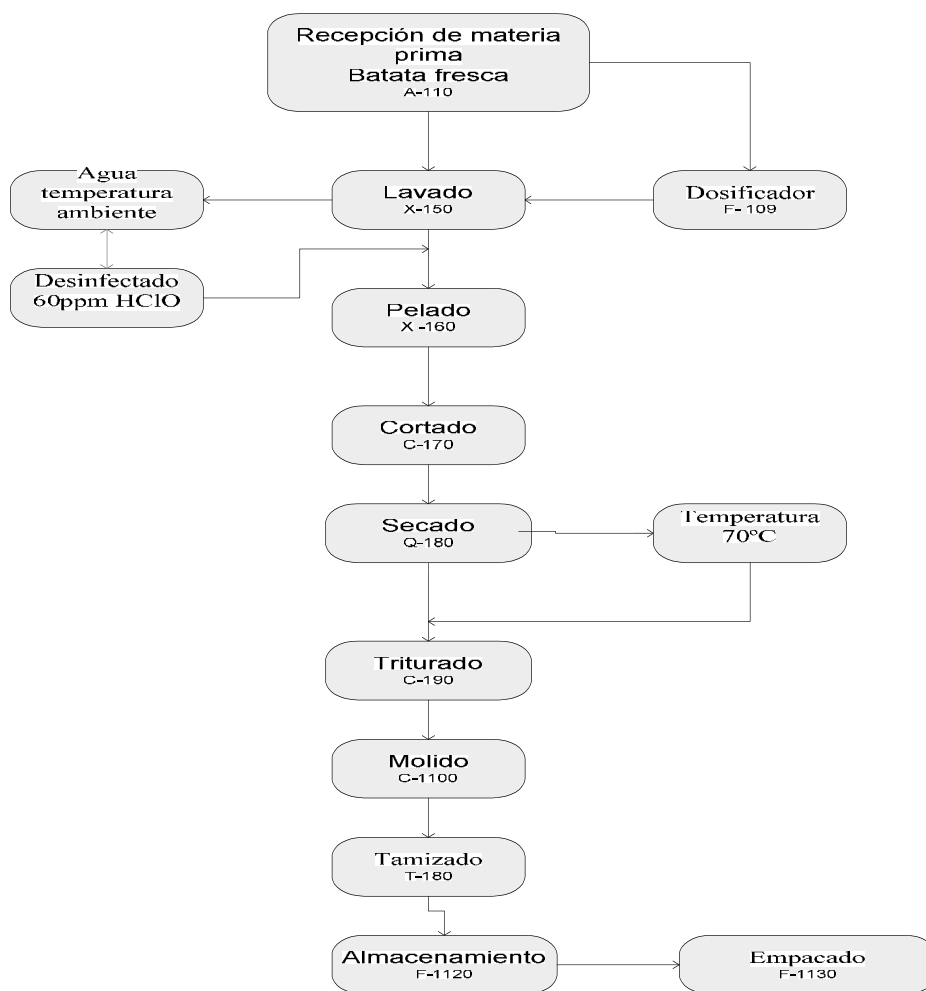
Instrucciones:

Por favor, pruebe las muestras en el orden indicado de izquierda a derecha y ubique en la escala deseada con una X.

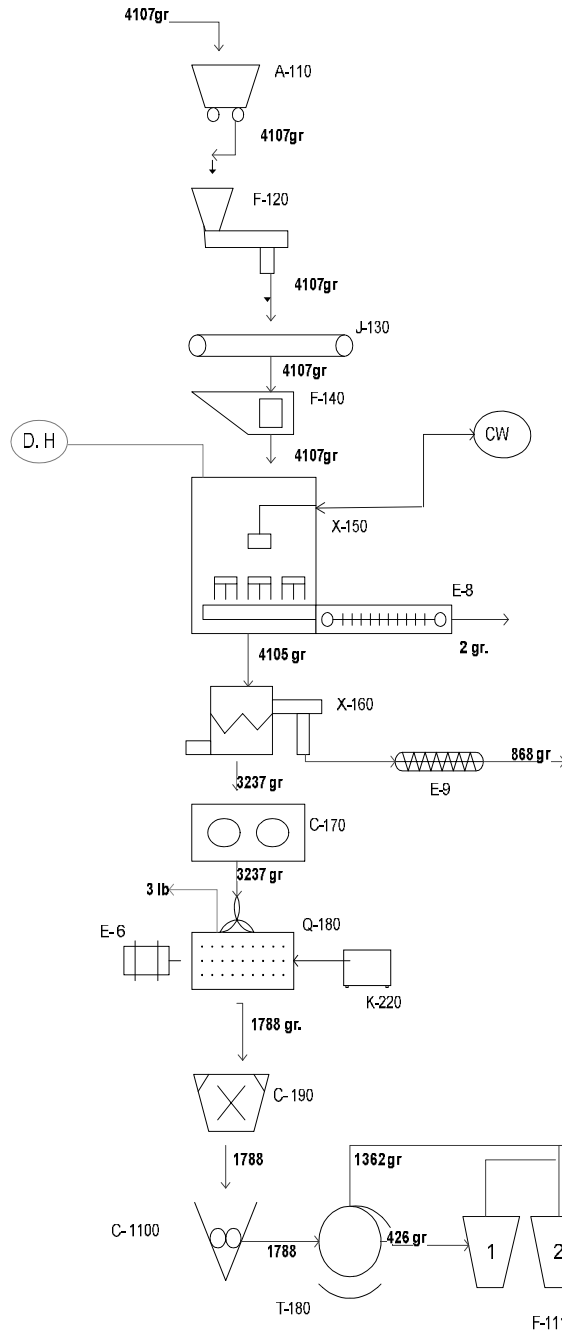
Descripción	Valor	muestra No. 1	Muestra No.2
Me gusta muchísimo	+4	_____	_____
Me gusta mucho	+3	_____	_____
Me gusta moderadamente	+2	_____	_____
Me gusta un poco.	+1	_____	_____
Me es indiferente.	0	_____	_____
Me disgusta un poco.	-1	_____	_____
Me disgusta moderadamente	-2	_____	_____
Me disgusta mucho.	-3	_____	_____
Me disgusta muchísimo	-4	_____	_____

### 3. RESULTADOS

Figura 4. Diagrama propuesto del proceso de harina de camote (Ipomoea Batata), en base al resultado obtenido.



**Figura 5. Balance de masa del diseño del sistema de producción de harina de camote (Ipomoea Batata).**



Balance de masa  
 Entrada = Salida  
 $E = S$   
 $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{10} + m_{11} = m_{12} + m_{13} + m_{14} + m_{15} + V$   
 Donde  
 $m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = m_j$      $m_9 = m_{10} = m_k$      $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_r$   
 Entonces:  
 $m_j + m_k + m_r = m_6 + m_8 + m_{14} + m_{15} + V$

Simbología		
Equipos	Descripción	Servicios
A-110	Transporte	→ Batatas
F-120	Dosificador	→ Agua
J-130	Banda sinFin	CW Agua Fria
F-140	Descargado	D.H Desinfectante HClO
X-150:	Lavador por aspersion de agu	→ Desecho de lavado
E-8	Transporte de lavado	
X-160	Pelador	→ Desecho del pelado
E-9	Transporte de desecho	
C-170	Cortador	→ Vapor
Q-180:	Secador de tamices transportadores	
K-220	Generador de vapor	
E-6	Motor	
C-190:	Molino de martillos	
C-1100:	Molino de discos	
T-180	Tamizador de cilindrico	
F-1110:	Tolva	
F-1120:	Silos	
F-1130	Empaquetados	

**Tabla II. Valor nutricional de la harina de camote (Ipomoea Batata), obtenida a nivel de laboratorio.**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (%)</b>
<b>Minerales</b>	2.90
<b>Extracto Etéreo</b>	4.29
<b>Fibra cruda</b>	5.23
<b>Proteína cruda</b>	11.50
<b>Materia seca</b>	96.33
<b>Humedad</b>	3.67
<b>Carbohidratos (extracto libre de nitrógeno)</b>	75.62

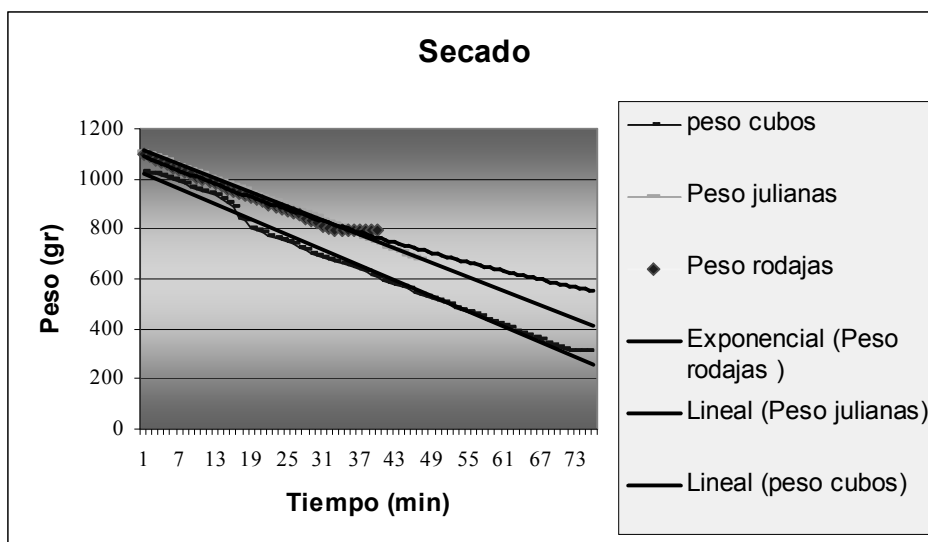
Fuente: Datos obtenidos en laboratorio

**Tabla III. Otros valores nutricionales de la harina de camote (Ipomoea Batata), obtenida a nivel de laboratorio.**

<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>
Provitamina B-caroteno	1540 UI
Azúcares reductores	0.54gr/1gr
Energía Bruta	4634 Kcal/gr.
Análisis bacteriológico	0.00

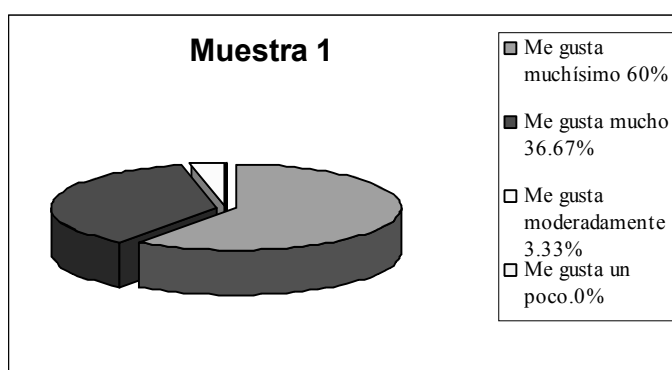
Fuente: Datos obtenidos en el laboratorio

**Figura 6. Correlación de secado para la obtención óptima de la harina de Camote (Ipomoea Batata).**



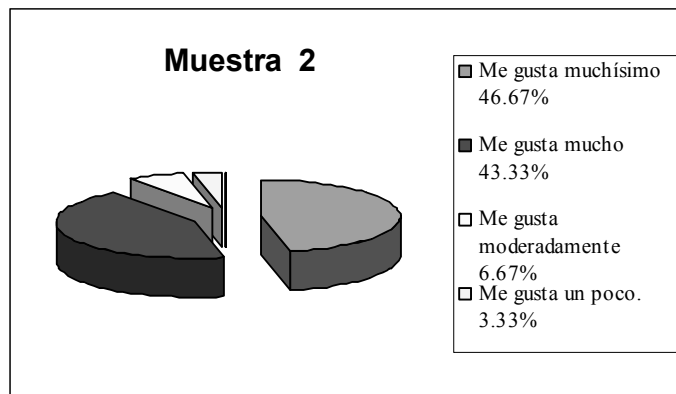
Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.

**Figura 7. Análisis sensorial de la harina de Camote (Ipomoea Batata), utilizando una porción de 50% de harina de camote y 50% de harina de trigo.**



Fuente: anexos, Tabla VII.

**Figura 8. Análisis sensorial de la harina de Camote (Ipomoea Batata), utilizando harina de camote al 100%.**



Fuente: anexos, tabla VII.



## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación se realizó el diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (*Ipomoea Batata*), a nivel laboratorio, por el cual se obtuvo una harina evaluando en ello sus valores nutricionales así como una evaluación sensorial. El camote *Ipomoea Trífida* (camote anaranjado) posee ciertas propiedades que ayuda a la población a manejar una alimentación balanceada gracias a sus propiedades antioxidantes, Guatemala; posee varias riquezas naturales en la que no se han explorado por la falta de conocimiento e investigaciones en el país, ya que sus suelos pertenecen a una fauna muy estable.

Para la obtención de la harina se obtuvo por tres figuras distintas de corte que son: cuadritos, rodajas y julianas, de estas figuras se procedió a realizar la curva de secado de la harina evaluando el tiempo en la que se completará el secado, por el cual se tomaron tiempos de 15 minutos en cada peso hasta llegar a un peso constante de las muestras, es por ello que se obtuvieron tres curvas indicándose en ella el mejor secado refiriéndose a la forma que es conveniente proceder para obtener la harina, siendo esta la de rebanadas, ya que se obtuvo en el menor tiempo posible de secado, pero la velocidad de secado es mejor y constante cuando se trabaja cuando se trabaja con la de cubos a lo que refiere una mejor eficiencia y en último lugar, la de diseño en julianas, ya que este posee o almacena una humedad siendo muy lenta su secado. Una vez seco el camote (*Ipomoea Batata*), se molió hasta obtener la harina, el cual se tamizó con tamices de 325 y 200 mm, obteniéndose tres tipos de harina: fina, mediana y granular.

Para la evaluación de los valores nutricionales fue necesario realizar una serie de análisis referente al químico proximal en la que se evaluaron:



proteínas, minerales, fibra, extracto etéreo, energía bruta por medio de distintos métodos normados por la OAC, en la cual se procedió a trabajarlos, y con los equipos correspondientes para cada análisis, de la misma manera se procedida la evaluación del contenido de pro-vitamina A como  $\beta$ - caroteno mediante el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

La evaluación de la escala hedónica de la aceptación de la harina de camote fue muy pronunciada en el punto que me gusta muchísimo en la muestra número uno, donde se utilizó una proporción de 50:50 de las harinas, y la segunda muestra que fue el 100 por ciento de harina de camote, la aceptación fue un poco más elevada que la muestra uno, pero el cual no hubo rechazo con respecto a la harina, que se considera un buen rendimiento para la producción de la harina.

La cantidad de azúcares reductores dentro de la harina fue del 0.54gr/gr., por el cual la harina se podría implementar para la alimentación de personas con enfermedades de la glucosa, ya que es un producto dulce, y como también, para los que son alérgicos al gluten.

## CONCLUSIONES

1. Es factible la obtención de la harina de camote (*Ipomoea Batata*) por medio de cortes en rodajas a nivel del laboratorio.
2. El rendimiento de la harina de camote (*Ipomoea Batata*) más alto se obtuvo por cortes en rodajas, seguido por las de cubo y finalmente en julianas.
3. El diseño de producción basado en la manufactura a nivel de laboratorio permite la obtención de tres productos de harina de camote (*Ipomoea Batata*) en función de su granulometría.
4. En la obtención de la harina en el diseño de producción a nivel de laboratorio, permite obtener un tipo de harina grueso, la que posee el mayor contenido de  $\beta$  caroteno.
5. El valor nutricional que proporciona el camote (*Ipomoea Batata*) es alto, por que se podría utilizar como complemento nutricional.
6. La cantidad de pro-vitamina A como  $\beta$ - caroteno es de 1540 UI, por lo tanto la harina de camote (*Ipomoea Batata*) es una fuente adecuada de provitamina A.
7. La cantidad de azúcares reductores presentes en las harina de camote (*Ipomoea Batata*) fue de  $0.54 \pm 2$  gr/ 1gr.
8. La evaluación organoléptica de la harina de camote (*Ipomoea Batata*) obtenida fue de un 90% de aceptación.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de manufactura de repostería con los distintos tipos de harina.
2. Evaluar el camote como fritura.
3. Evaluar la eficiencia de distintas raíces o tubérculos para la implementación de nuevos productos de harina y abastecer los intereses del país.
4. Implementar nuevas variables de proceso para la obtención de harina de camote (*Ipomoea Batata*) en distintas regiones del país, evaluando la caracterización endoclimático y así comparar su rendimiento.
5. Fomentar proyectos que abarquen las comparaciones entre las propiedades nutricionales de las plantas en su uso comercial, como parte de la patentización de las mismas para fines industriales
6. Evaluar la cantidad de colorante en la cáscara por el método de lixiviación con hexano.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro de Investigación de la Papa (CIP). Memorias sobre el mejoramiento de la batata. Lima del 9 al 12 de junio 1987.
2. Centro Internacional de la Papa. Utilización del camote en pos-cosecha. (en línea). Lima, Perú. Consultado 12 de oct. 2007. Disponible en [http://www.cipotato.org/publications/annual\\_reports/2000spa/11.asp](http://www.cipotato.org/publications/annual_reports/2000spa/11.asp).
3. Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES). 2004. Revista Agraria N° 59. Camote su valor y sabor (en línea). Lima, Perú. Consultado 15 de oct. 2007. Disponible en <http://www.cepes.org.pe/revista/r-agra60/tecn-01.htm>.
4. Chalí Silimox, Juan Gabriel. Caracterización agramorfológica del camote del Norte y Nor – oriente. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1986. 19 pp.
5. De León De Paz, Otto Raúl. Manejo de sólidos en Ingeniería Química. Tercera remodelación. Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.
6. Desarrollo de productos de raíces y tubérculo. Vol. 2. América Latina. Edit. Gregory J. Scout.
7. McCabe, Smith Harriott. Operaciones Unitarias ingeniería química. Sexta edición. Editorial McGRAW – Hill. México 2003.

8. Medina García, Juan Antonio. Caracterización preliminar en 16 entradas de camote en Moyuta, Jutiapa, Santa Rosa, Quiché, Baja Verapaz y Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1986. 4pp.
  
9. Polisacáridos. Almidón, amilosa y amilopectina (en línea). Universidad Nacional de Colombia. Consultado 20 de feb. 2008. disponible en [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap01/01\\_01\\_05.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap01/01_01_05.htm).
  
10. Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas. Camote fuente de energía y caroteno (en línea). La Molina, Perú. Consultado 15 de oct. 2007. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/programa/camote/>.
  
11. Segura Góngora, Guillermo Antonio. Caracterización de 18 cultivadores de camote (ipom. L. poir) San Jerónimo Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1990. 14 pp.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Association Of Official Analytical Chemest (AOAC), Methods of analysis . library of congress catalog card number 20-21343, Eleventh edition, 1970, Washington, DC 20044.
2. Chalí Silimox, Juan Gabriel. Caracterización agramorfológica del camote del Norte y Nor – oriente. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 1986. 19 pp.
3. Matz A. Samuel. The chemistry and tecnology of cereals as food and feed. Cuarta edición. Editorial the avi publishing company, inc. Vol I y II.
4. Perry, Robert H. Manual del Ingeniero Químico. Quinta Edición. Editorial McGRAW – Hill. México 1973.
5. Sinay, Jorge. Manual de operaciones de alimentos. Guatemala, Universidad de san Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria. Junio 2001.





## ANEXOS

**Tabla IV. Secado para la obtención de la harina de camote (Ipomoea Batata), por cortes en cubos.**

Tiempo (min)	Cubo	Peso Bruto (gr)	(Velocidad gr/min)
0	2057	1029	0.40
15	2051	1023	0.20
30	2048	1020	0.33
45	2043	1015	0.47
60	2036	1008	0.60
75	2027	999	0.53
90	2019	991	0.67
105	2009	981	0.80
120	1997	969	0.80
135	1985	957	0.53
150	1977	949	0.67
165	1967	939	0.13
180	1965	937	1.40
195	1944	916	0.67
210	1934	906	1.13
225	1917	889	2.93
240	1873	845	0.93
255	1859	831	1.87
270	1831	803	0.60
285	1822	794	0.27
300	1818	790	1.00
315	1803	775	0.60
330	1794	766	0.73
345	1783	755	0.60
360	1774	746	0.60
375	1765	737	0.73
390	1754	726	0.67
405	1744	716	0.73
420	1733	705	0.73
435	1722	694	0.67
450	1712	684	0.47
465	1705	677	0.60
480	1696	668	0.53
495	1688	660	0.53

Continúa			
510	1680	652	0.47
525	1673	645	0.47
540	1666	638	0.47
555	1659	631	1.27
570	1640	612	0.47
585	1633	605	0.80
600	1621	593	0.53
615	1613	585	0.53
630	1605	577	0.67
645	1595	567	0.60
660	1586	558	0.73
675	1575	547	0.47
690	1568	540	0.67
705	1558	530	0.53
720	1550	522	0.60
735	1541	513	0.60
750	1532	504	0.60
765	1523	495	0.67
780	1513	485	0.60
795	1504	476	0.60
810	1495	467	0.67
825	1485	457	0.40
840	1479	451	0.80
855	1467	439	0.60
870	1458	430	0.60
885	1449	421	0.67
900	1439	411	0.60
915	1430	402	0.60
930	1421	393	0.53
945	1413	385	0.73
960	1402	374	0.53
975	1394	366	0.67
990	1384	356	0.67
1005	1374	346	0.60
1020	1365	337	0.53
1035	1357	329	0.53
1050	1349	321	0.53
1065	1341	313	0.00
1070	1341	313	0.00
1075	1341	313	

Fuente: Datos obtenidos en laboratorio

**Tabla V. Secado para la obtención de la harina de camote (Ipomoea Batata), por cortes en julianas.**

Tiempo (min)	Julianas (gr)	Peso bruto (gr)	Velocidad (gr/min)
0	2141	1108	0.60
15	2132	1099	0.60
30	2123	1090	0.60
45	2114	1081	0.60
60	2105	1072	0.60
75	2096	1063	0.60
90	2087	1054	0.60
105	2078	1045	0.60
120	2069	1036	0.60
135	2060	1027	0.60
150	2051	1018	0.60
165	2042	1009	0.60
180	2033	1000	0.60
195	2024	991	0.60
210	2015	982	0.60
225	2006	973	0.60
240	1997	964	0.60
255	1988	955	0.60
270	1979	946	0.60
285	1970	937	0.60
300	1961	928	0.60
315	1952	919	0.60
330	1943	910	0.60
345	1934	901	0.60
360	1925	892	0.60
375	1916	883	0.60
390	1907	874	0.60
405	1898	865	0.60
420	1889	856	0.60
435	1880	847	0.67
450	1870	837	0.67
465	1860	827	0.67
480	1850	817	0.67
495	1840	807	0.67
510	1830	797	0.67
525	1820	787	0.67

Continúa			
540	1810	777	0.67
555	1800	767	0.67
570	1790	757	0.67
585	1780	747	0.67
600	1770	737	0.67
615	1760	727	0.67
630	1750	717	1.00
640	1740	707	2.00
645	1730	697	2.00
650	1720	687	2.00
655	1710	677	

Fuente: Datos obtenidos en laboratorio

**Tabla VI. Secado para la obtención de la harina de camote (Ipomoea Batata), por cortes en rodajas.**

Tiempo (min)	Rodajas(gr)	peso bruto (gr)	Velocidad (gr/min)
0	2140	1098	0.67
15	2130	1088	0.67
30	2120	1078	0.67
45	2110	1068	0.67
60	2100	1058	0.67
75	2090	1048	0.67
90	2080	1038	0.67
105	2070	1028	0.67
120	2060	1018	0.67
135	2050	1008	0.67
150	2040	998	0.60
165	2031	989	0.60
180	2022	980	0.60
195	2013	971	0.60
210	2004	962	0.60
225	1995	953	0.60
240	1986	944	0.60
255	1977	935	0.60
270	1968	926	0.60
285	1959	917	0.60
300	1950	908	0.60
315	1941	899	0.60

Continúa			
330	1932	890	0.60
345	1923	881	0.60
360	1914	872	0.60
375	1905	863	0.60
390	1896	854	0.67
405	1886	844	0.67
420	1876	834	0.67
435	1866	824	0.67
450	1856	814	0.67
465	1846	804	0.40
480	1840	798	0.00
495	1840	798	0.00
500	1840	798	0.00
505	1840	798	0.00
507	1840	798	0.00
510	1840	798	0.00
512	1840	798	0.00
514	1840	798	

Fuente: datos obtenidos en laboratorio

**Tabla VII. Porcentaje de aceptación de la harina de camote, por el método de la escala hedónica de 9 puntos.**

Descripción	Valor	Muestra No. 1 (%)	Muestra No. 2 (%)
Me gusta muchísimo.	4	46.67	60%
Me gusta mucho.	3	43.33	36.67%
Me gusta moderadamente	2	6.67	3.33
Me gusta un poco.	1	3.33	0
Me es indiferente.	0	0	0
Me disgusta un poco.	-1	0	0
Me disgusta moderadamente	-2	0	0
Me disgusta mucho.	-3	0	0
Me disgusta muchísimo	-4	0	0

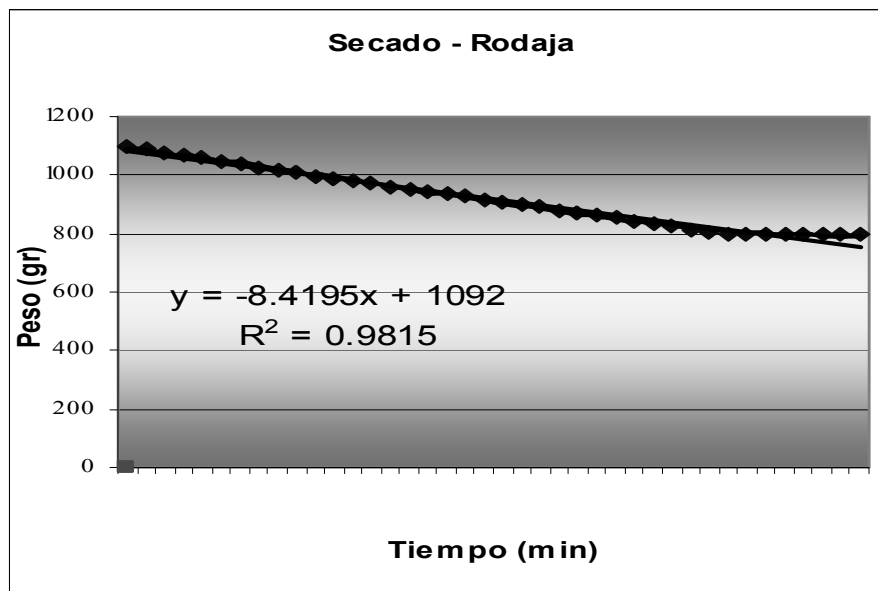
Fuente: Encuesta realizada

**Tabla VIII. Provitamina A como B-caroteno en harina de camote (Ipomoea Batata), según su granulometría.**

Granulometría	Cantidad UI
Fragmento Fino	1540
Fragmento Mediano	1545
Fragmento Grueso	1785

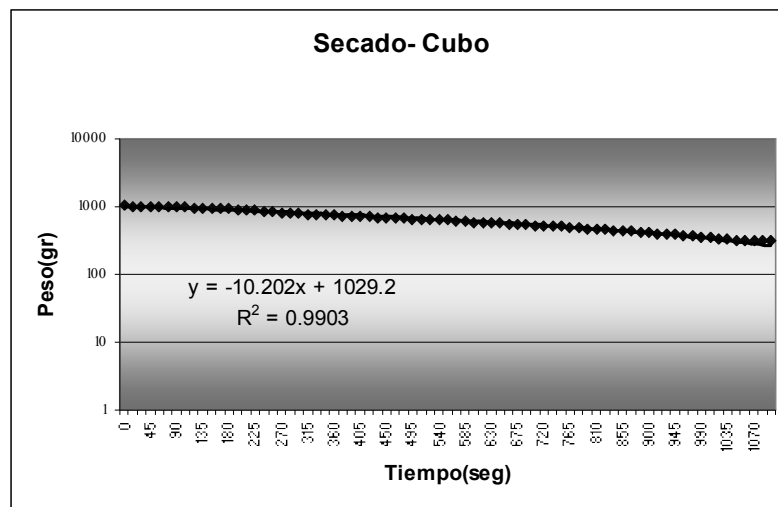
Fuente: Datos obtenidos en laboratorio por HPLC

**Figura 9. Correlación de secado para la obtención óptima de la harina de Camote (Ipomoea Batata), en función del tiempo y del peso en cortes en rodajas.**



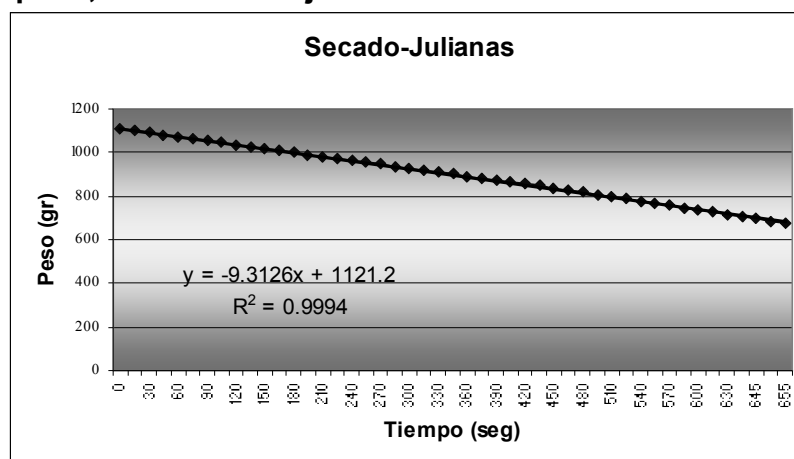
Fuente: tabla VI.

**Figura 10. Correlación del secado en la obtención de harina de camote (Ipomoea Batata), en función del tiempo y del peso, en cortes en cubo.**



Fuente: tabla IV.

**Figura 7. Correlación del secado en la obtención de harina de Camote (Ipomoea Batata), en función del tiempo y del peso, en cortes en julianas.**



Fuente: tabla V.



## **Datos del proceso de la producción de harina de camote (Ipomoea Batata)**

### **1. Datos de secado:**

- Horno de convección forzada
- T      50°C (122°F)
- T<sub>bulbo húmedo</sub> 29.44°C (4485°F)
- Humedad 30%
- Humedad lb de vapor de agua por libre de aire seco 0.018
- Calor de humedad 0.248 cal/gr. °C (0.248 Btu/Lbm.°F)

### **2. Datos de materia prima:**

- Dimensiones de camote en diseño en cubos  
0.015x0.015x0.015 mts
- Dimensiones de camote en diseño en rodajas  
Ancho 0.005 mts y diámetro de 0.045 mts
- Dimensiones de camote en diseño en julianas  
Altura 0.07 mts y un área de 0.01x0.01 mts

Peso de pirex (P1): 1033 gr

Peso de pirex (P2): 1028 gr

Peso de pirex (P3): 1042 gr

Peso de materia prima: 4107 gr

### **3. Datos después del lavado:**

Peso de camote: 4105

Tierra del lavado: 2 gr

#### **4. Datos después de desinfectarlo y pelado:**

Peso del fruto: 3237 gr

Peso cáscara: 867 gr

#### **5. Pesos para secado:**

Tipos de cortes:

Julianas (pirex # 1): 1108 gr

Cubos (pirex # 2): 1029 gr

Rodajas (pirex #3) : 1098 gr.

#### **6. Pesos del secado:**

Julianas (pirex # 1) : 313 gr

Cubos (pirex # 2) : 677 gr

Rodajas (pirex #3) : 798 gr.

#### **7. Peso de tamizado:**

Usando tamiz de 300 y 270 mm

Harina fina 1362 gr

Harina gruesa 426 gr.

- Harina Reductores

0.54 gr. de azúcar reductor en 1.50 gr. de muestra

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento teórico}} * 100\%$$

$$\% \text{ de rendimiento} = (0.54 \text{ gr}/1.50 \text{ gr}) * 100 = 54\%$$

**Balance de masa para la obtención de harina de camote:**

$$m_1+m_2+m_3+m_4+m_5+m_7+m+m_9+m_{10}+m_{11}= m_6+m_8+m_{14}+m_{15}+V$$

**Donde:**

$$m_1=m_2=m_3=m_4=m_5=m_j$$

$$m_9=m_{10}=m_k$$

$$m_{11}=m_{12}=m_{13}=m_r$$

**Entonces:**

$$m_j+m_k+m_r = m_6+m_8+m_{14}+m_{15}+V$$

**Donde el balance es:**

- $m_j= 4107\text{gr}$        $m_9=3237\text{gr}$        $m_{15}=426\text{ gr}$
- $m_6=2\text{ gr}$        $m_{10}= 3237\text{ gr}$        $V = 3\text{ Lbr.}$
- $m_7=4105\text{gr}$        $m_{11}= 1788\text{ gr}$
- $m_8=868\text{ gr}$        $m_{14}=1362\text{ gr}$

**Rendimiento:**

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento teórico}} * 100\%$$

$$\% \text{ de rendimiento: } (1788\text{ gr}) / (4107\text{gr}) * 100$$

$$\% \text{ de rendimiento: } 43.53\%$$