CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Materia Prima

1.1.1 Cultivos y Disponibilidad

El Camote es una planta perenne, cultivada anualmente, pertenece a la familia de convolvuláceas (Convolvulaceae). Es una raíz reservante, originaria de la zona tropical (México y América Central), el camote o boniato (*Ipomoea batatas*) se ha cultivado desde tiempos remotos.

En la actualidad, se cultiva en 82 países en desarrollo. El camote es el séptimo cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de producción. China es el primer productor, con más de

121 millones de toneladas. En América Latina, se destacan en su producción Brasil, Argentina, Perú, Haití y Cuba; en este último es considerado un cultivo de primera necesidad.

Es una buena alternativa de diversificación alimenticia para los pequeños productores, así como también al explotar su potencial de industrialización gracias a su adaptabilidad a los campos de productores marginados, por lo que utilizan pocos pesticidas y crece en suelos con poco fertilizante (1).

El camote es una raíz con un elevado contenido de almidón (60% a 70%) y algunas variedades contienen carotenos que pueden ser usados como pigmentantes naturales, lo que implica una ventaja en los costos de producción.

La tabla 1 muestra las características y condiciones ambientales recomendadas para el almacenamiento del camote.

TABLA 1

CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES RECOMENDADAS DE ALMACENAMIENTO

Temperatura de almacenamiento		Humedad Relativa	Producción de etileno	Vida de almacenamiento aproximada
ºC	ºF	%		Meses
13 - 15	55- 59	85 - 95	Muy Baja	4 - 7

Fuente: Postharvest Technology Research Information Center (2).

1.1.2 Composición Química y Valor Nutricional

El camote es un alimento de alta energía, sus raíces tienen un contenido de carbohidratos totales de 25 a 30%, de los cuales el 98% es considerado fácilmente digestible. Es una fuente excelente de carotenoides de provitamina A. El contenido de aminoácidos es balanceado, pero el contenido de leucina es limitado.

La tabla 2 muestra los datos de la composición nutricional por 100 g de la porción comestible.

TABLA 2

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	105 Kcal
Agua	72.84 g
Proteína	1.65 g
Grasa	0.30 g
Cenizas	0.95 g
Carbohidratos	24.28 g
Fibra	3 g
Calcio	22 mg
Hierro	0.59 mg
Fósforo	28 mg
Potasio	337 mg
Vitamina C	22.7 mg
Vitamina A	14.545 IU

Fuente: USDA, 2005 (3)

1.2 Proceso de Secado

El secado es un método utilizado desde épocas muy antiguas, como un medio para alargar la vida útil de los alimentos. El secado consiste básicamente en la remoción del agua de los alimentos, obteniendo un producto desecado y estable durante largos periodos de tiempo. Es un proceso que básicamente inhibe el crecimiento microbiano, sin embargo no los destruye. Para impedir el crecimiento microbiano el nivel de humedad sobre el peso seco, debe de estar por debajo del 15%, en el caso de mohos esta humedad debe estar por debajo del 10% (Holdsworth, 1998) (4).

La deshidratación se aplica a frutas, hortalizas, verduras, destinados esencialmente como materia prima para elaborar productos finales, que ofrecen ventajas apreciables, en lo que se refiere a tiempos de preparación, y que actualmente son de gran aceptación en el mercado por las tendencias de consumo hacia productos de fácil preparación como los alimentos instantáneos.

El proceso de secado esta normalmente dividido en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguido de otra de velocidad de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente, como se muestra en la figura 1.1.

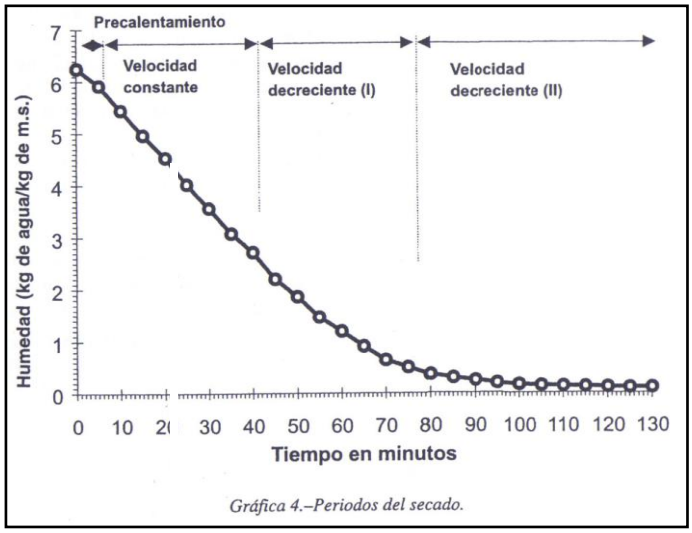


FIGURA 1.1 ETAPAS DEL PERÍODO DE SECADO

Fuente: A.Caspa y J- Abril. Procesos de Conservación de Alimentos (5)

Período de Calentamiento

Este período es muy corto en relación con el tiempo total de secado, transcurre mientras el producto y el agua contenida en el se calientan ligeramente, hasta alcanzar la temperatura del bulbo húmedo. Al principio existe un gradiente de temperatura entre el aire caliente y la superficie fría del producto; produciendo un desequilibrio. El excedente de calor se utiliza para calentar la superficie del producto, lo cual produce una disminución del gradiente de temperatura, que cesará cuando alcance el equilibrio.

Período de velocidad constante

En este período, se evapora la humedad libre o no ligada del material y es el entorno secante que impone la velocidad de secado; es decir cuanto mayor es la velocidad del aire mayor será la velocidad de secado. La evaporación se efectúa en la superficie del producto, a temperatura constante, siendo esta la del bulbo húmedo del aire. En la mayoría de los casos, esta etapa finalizará cuando el contenido de humedad del producto alcance el valor de la humedad crítica.

Período de velocidad decreciente

Este período, ocurre cuando se reduce la superficie efectiva de transferencia, debida a una alimentación insuficiente de agua libre por lo que la migración de agua es más difícil. Los depósitos de solutos obstruyen los poros y el agua ligada migra en forma de vapor.

1.3 Sopas Instantáneas

1.3.1 Tipos y Características

Las sopas se suelen clasificar tradicionalmente en dos grandes bloques, según su densidad:

- Sopas claras o livianas: son las más líquidas, en las que el caldo determina el sabor. En esta categoría entran los consomés.

- Sopas ligadas o cremas: en estas sopas, se trituran los ingredientes cocidos (generalmente verduras) en puré y se ligan con nata o con un roux. En las sopas llamadas veloutés, se parte de un roux que se diluye con un caldo, y se puede añadir yema de huevo.
- Una tercera categoría podría englobar los cocidos, potajes (con legumbres) y un sinfín de sopas en las que los ingredientes se sirven en el caldo.

Las sopas instantáneas son de fácil preparación ya que su tiempo máximo de cocción es de apenas 10 minutos, si bien en algunas de ellas sólo basta con agregar agua hirviendo a una masa de fideos precocidos a la cual se le incorpora el caldo deshidratado.

Las sopas toman su nombre de los ingredientes empleados como sopa de pescado, sopa juliana, sopa de espárragos, sopa de arracacha.

1.3.2 Ingredientes y Especificaciones

Entre los ingredientes y aditivos alimentarios que son utilizados para elaboración de sopas instantáneas se encuentran reguladores de acidez, antiaglutinantes, antiespumantes, antioxidantes, colorantes, emulsionantes, espesantes, estabilizadores, aromatizantes, acentuadores de aroma, humectantes, gasificantes, conservantes y edulcorantes según la norma del Codex Alimentario (CODEX STAN 117-1981, Rev. 2-2001).

Todos los ingredientes deberán estar limpios, sanos y ser aptos para el consumo humano. Serán conformes con lo estipulado en la última edición de los Códigos Internacionales de Prácticas de Higiene del Codex.

1.3.3 Proceso de Elaboración

A continuación se detallan las etapas para la elaboración de sopa instantánea a partir de harina de camote:

Recepción de Materia Prima

En esta etapa se realizó la inspección visual de la materia prima, la cual no debe presentar magulladuras ni estado de podredumbre. Además se estableció parámetros estándares de

calidad para su caracterización. Posteriormente, se realizarán los respectivos cálculos de rendimiento.

Lavado

La limpieza del camote se realizó con agua potable.

Pelado

Se realizó un pelado manual en cual se utilizó el cuchillo.

Triturado

Con el fin de reducir el tamaño del camote, para obtener un secado homogéneo y eficiente se utilizó el rayo.

Secado

El secado fue llevado a cabo mediante un secador horizontal experimental tipo cabina, Modelo Prototipo. En donde, el camote fue puesto una vez rayado sobre bandejas de aluminio.

Pulverizado

La reducción de tamaño del material seco se realizó mediante un Molino UDY Modelo Cyclone Sample Mill Serie 466.

Tamizado

Para determinar el tamaño de partícula se utilizó un tamiz marca Tyler, en el cual se procedió a pasar el polvo fino por una serie de mallas para determinar su granulometría.

Formulación

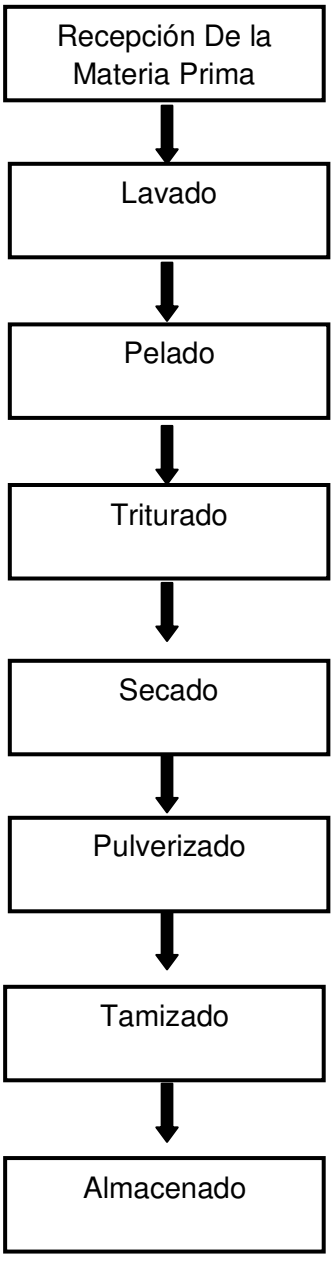
Una vez obtenida la harina de camote, se establecieron los ingredientes para la elaboración de la sopa instantánea.

Almacenado

La harina de camote fue almacenada en fundas de polietileno.

FIGURA 1.2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA

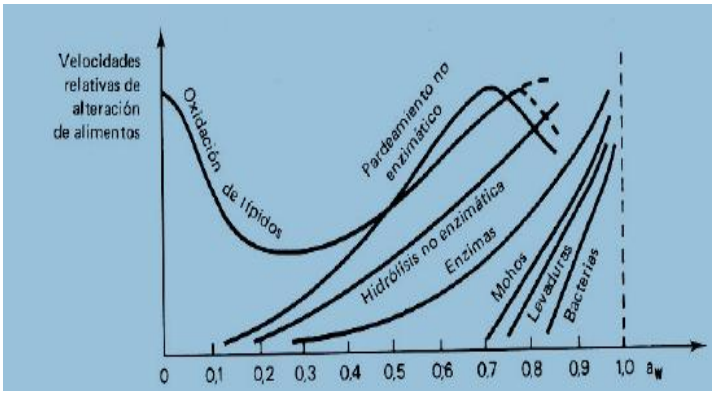


Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

1.3.4 Principales Alteraciones

Las principales alteraciones observadas en productos deshidratados pueden ser químicas o físicas y están gobernadas por la isoterma de sorción, como se muestra en la figura 1.3.

FIGURA 1.3 DEGRADACIÓN EN FUNCIÓN DE LA AW



Fuente: Tecnología de Alimentos. A. Casp y J. Abril. Proceso de Conservación de Alimentos. Segunda Edición, 2003. (5)

El secado aumenta la duración de la conservación del producto pero modifica su calidad: aspecto, textura, gusto y composición nutricional.

En el caso del camote, cuando es expuesto al aire se comienza a oscurecer, es decir se produce el pardeamiento enzimático por lo que fue necesario aplicar un pre-tratamiento para evitar este tipo de reacción.

Por otro lado, durante el secado se alteraron los pigmentos naturales, en el camote son las antocianinas. También el sabor del camote tuvo alteraciones, ya que durante el secado se perdió el sabor dulce del mismo, pero para la elaboración de la sopa instantánea fue conveniente perder esta característica de calidad.

1.4 Rehidratación de Polvos

La rehidratación se puede considerar como una medida del daño en el alimento ocurrido durante la deshidratación, considerándose como un complejo proceso que ayuda a restaurar las propiedades del alimento fresco, anteriormente deshidratado con o sin pre-tratamiento al secado (6).

Las características del producto antes de aplicar la rehidratación a alimentos deshidratados son determinantes ya que las propiedades químicas, sensoriales y nutricionales cambian de un producto fresco a uno deshidratado. Así pues, estos factores son los que determinan el comportamiento de los alimentos en el proceso de rehidratación.

Las propiedades de calidad más importantes a tener en cuenta en un alimento rehidratado son las estructurales como la densidad, la porosidad o el tamaño, las ópticas como el color y la apariencia, las sensoriales como el aroma, el sabor o las nutricionales como el contenido de vitaminas, proteínas o azúcares.

Dentro de los factores que influyen durante el fenómeno de rehidratación de alimentos, están los factores propios del proceso de deshidratación (pre-tratamiento, método de secado, temperatura y velocidad de secado, almacenamiento) y las condiciones de rehidratación.

Factores intrínsicos del proceso de rehidratación:

- Líquido de rehidratación
- La temperatura de la solución de rehidratación
- Agitación durante la rehidratación
- Características del producto

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA

2.1 Características de la Materia Prima

Para la posterior obtención de la harina de camote, fue necesario establecer parámetros estándar de calidad de la materia prima, para así tener uniformidad en el proceso.

Por lo que, el camote utilizado es del mercado Garay de la Ciudad de Guayaquil, en el cual se realizaron las características físicas y sensoriales. Todos los análisis fueron realizados por triplicado para obtener la media.

Características Físicas

- **Dimensiones: Diámetro y altura**

  Para la determinación del diámetro y la altura se utilizó una regla de 30 cm.

  En donde se observó que existen diferencias de tamaños y formas, por lo que no hay uniformidad en esta característica. En la tabla 3, se observa las características físicas.

TABLA 3

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CAMOTE

N° Muestra	Dimensiones	
	Altura (cm)	Diámetro (cm)
Promedio	14,3 +/- 0.6	4,7 +/- 0.4

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

- **Peso**

  Para este análisis se utilizó una balanza electrónica. También se obtuvo los rendimientos de la cáscara y de la pulpa, que se muestran en la tabla 4.

TABLA 4

RELACIÓN CÁSCARA-PULPA DEL CAMOTE

Muestra	**Promedio**
Peso Total (g)	215,02 +/- 12
Peso Cascara (g)	52,46 +/- 4
Peso Pulpa(g)	162,57 +/- 11
% Cáscara	24,42 +/- 2
% Pulpa	75,57 +/- 1

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Características Sensoriales

Para determinar las características sensoriales se tomaron 3 camotes y se procedió a guardarlos por un tiempo de 7 días para observar los cambios de color, firmeza y olor.

En la figura 2.1, se muestra la evaluación del camote durante siete días.

FIGURA 2.1 EVALUACIÓN DEL CAMOTE VS EL TIEMPO

A continuación, en la tabla 5 se muestra los resultados de las características sensoriales.

TABLA 5

CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL CAMOTE

Muestra	Color	Firmeza	Olor
Promedio	Pantone 221 U	Dura	Característico

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

2.2 Metodología de Trabajo

2.2.1 Ensayos Físico- Químicos

Se realizó en la materia prima análisis físico - químico en la práctica experimental, las muestras fueron analizadas por triplicado para obtener un promedio.

TABLA 6

MÉTODOS PARA LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL CAMOTE

ENSAYO	EQUIPO	METODO	VALOR
Ph	Potenciómetro	AOAC 943.02 Ed 17 th 2000	6.41 +/- 0.1
% Acidez	----------	AOAC 943.53 (2000) 37.1.37	0.016 +/- 0.004
% Humedad	Aqualab	AOAC 64.22 (2000) 42.1.05	69.68 +/- 0.7
% Ceniza	Mufla	AOAC 923.03 Ed 17th 2000	0.997 +/- 0.5

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la tabla 6, se observa los valores de los parámetros químicos que se produce en el camote.

2.2.2 SECADO

Para realizar el secado se utilizó un secador horizontal de bandejas, el mismo que opera por convección con aire caliente. Al iniciar el proceso se realizó una estabilización del sistema previo a la colocación de la muestra. Además, se registró las condiciones ambientales, la temperatura de entrada del aire y la humedad relativa del mismo.

La materia prima entró al secador con el mínimo tamaño de partícula posible para garantizar un secado homogéneo. El proceso de secado se prolonga hasta alcanzar peso constante en el sistema. Con los datos obtenidos se calculó las curvas de secado y la velocidad de secado.

PRE-TRATAMIENTO

Durante el proceso de secado, el camote perdió ciertas características organolépticas como el color. Por lo tanto, se realizó diferentes pre-tratamientos con el objetivo de establecer el más adecuado. El color café que se forma cuando se exponen al aire las superficies cortadas y maltratadas de frutas; esto se conoce como pardeamiento enzimático (4).

Para que se produzca el pardeamiento enzimático, debe haber tres componentes: la polifenoloxidasa activa, oxígeno y sustrato adecuado. La eliminación de cualquiera de estos, evitará que se produzca la reacción.

Para el control del pardeamiento enzimático de los alimentos se utilizan varios métodos basados en una o más consideraciones anteriores. Los métodos se detallan a continuación:

- Inactivación de la PFO con calor.
- Inhibición química de la PFO.
- Agentes reductores.

Para nuestras pruebas experimentales se escogieron tres métodos que se detallan a continuación:

Escaldado

Es un proceso térmico que se aplica para inactivar enzimas, el tiempo y temperatura del mismo depende de las características del alimento. Para determinar si el escaldado ha sido el adecuado se realizó la prueba del guayacol (4).

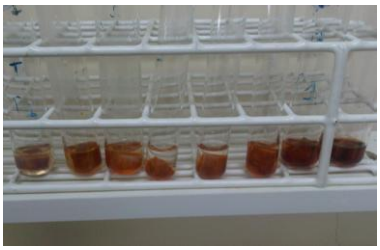


FIGURA. 2.2 PRUEBA DE GUAYACOL

Como se muestra en la figura 2.2, la prueba de guayacol se realizó en intervalos de 30 segundos. La actividad está indicada por la formación de un color rojo, sino aparece ningún color en 3.5 minutos, se considera que el producto fue escaldado correctamente. Por lo tanto, no se eligió

el escaldado como pre-tratamiento ya que durante el secado el producto se oscureció y también dejó un sabor a cocido, es decir que el secado altera los pigmentos naturales, en el camote son las antocianinas.

Solución con Metabisulfito al 0.5%

Según estudios realizados por Chávez y Avanza (2006), la concentración adecuada para la inactivación enzimática es de 0.5% de Metabisulfito por 3 minutos (3).

Cabe indicar que estos compuestos tienen la capacidad de reaccionar con los grupo cetona y aldehído de los alimentos, por lo que la concentración residual que puede activar la fenolasa se puede reducir considerablemente; sólo las moléculas libres sirven como agentes activos y por lo que el simple hecho de añadirlos no implica que los sulfitos vayan a tener un efecto activo.

El resultado de utilizar el metabisulfito como pre-tratamiento es que durante la aplicación del mismo, se pierde el color característico del camote, ya que las antocianinas son fácilmente decoloradas por los sulfitos, además que el uso de sulfitos puede provocar alergias, por lo tanto no se eligió el metabisulfito como pre-tratamiento.

Solución de Ácido Cítrico 0.5% y Ácido Ascórbico 1%

Los ácidos ascórbico y cítrico presentan una capacidad reductora y convierten las quinonas en sus respectivos fenoles; además, tienen propiedades de secuestradores y eliminan el cobre necesario para la enzima.

FIGURA. 2.3 SOLUCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO Y ASCÓRBICO

Como se puede observar en la figura 2.3, sumergir la materia prima en una solución de acido cítrico y acido ascórbico, al 0.5 y 1% respectivamente, obtenemos que durante el secado no se oscureció el producto, por lo tanto se concluyó que este pre- tratamiento fue el más adecuado sensorialmente.

2.3 Isotermas de Sorción

Para la elaboración de las isotermas de sorción, se realizaron pruebas por triplicado según el método gravimétrico, en el cual se pesaron 10 gr de las muestras procesadas con pre-tratamiento, que fueron puestas a la estufa 30°C cada 30 minutos. Adicionalmente se tomó humedad inicial del camote y aw para cada intervalo de tiempo.

Para obtener la humedad inicial de la materia prima se utilizó el método de la lámpara infrarroja establecido por la AOAC. A continuación se efectuaron los cálculos respectivos para obtener la humedad en base húmeda con la siguiente ecuación:

$$Hbh = \frac{(Pi * Hi) - (Pi - Pf)}{Pf} \qquad \textbf{Ec.1}$$

Donde:

Pi: Peso Inicial de la muestra

Pf: Peso Final de la muestra

Hi: Humedad inicial de la muestra

Para transformar la humedad en base húmeda en humedad en base seca se utilizó la siguiente fórmula:

$$Hbs = \frac{\%Hbh}{100 - \%Hbh} \qquad \textbf{Ec.2}$$

Donde:

Hbs: Humedad en base seca

Hbh: Humedad en base húmeda

La tabla 7 muestra los datos de humedad en base seca y aw de la materia prima.

TABLA 7

DATOS PARA LA ISOTERMA DE SORCIÓN

#	Hbs	Aw °T: 30C
1	3.64	0,984
2	3.47	0,98
3	3.12	0,975
4	2.00	0,847
5	1.19	0,5556
6	0.84	0,387

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Los datos de humedad en base seca y aw fueron ingresados en el programa Water Analyzer para ajustar la isoterma de sorción.

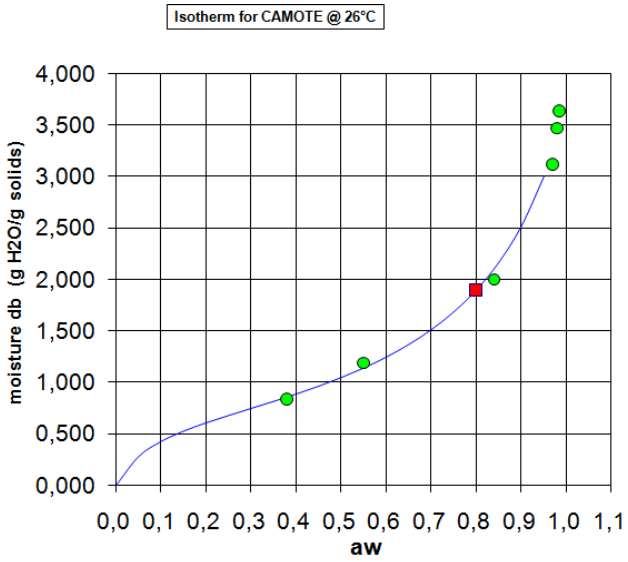


FIGURA 2.4 ISOTERMA DE SORCIÓN DEL CAMOTE

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la figura 2.4 muestra la isoterma de sorción del camote utilizando el programa Water Analyzer. Este programa calculó un valor de monocapa de 0.5511 g H20/ g ss, con un R^2 de 0.9894.

2.4 Proceso de Secado

En el proceso de secado es esencial la selección de parámetros de secado a partir de las experiencias prácticas. En la tabla 8 se muestra los parámetros de secado, en la cual se utilizaron 3 bandejas del secador.

TABLA 8

PARÁMETROS DE SECADO

Largo (m)	0.36
Ancho (m)	0.28
Área de la muestra (m2)	0.3024

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

TABLA 9

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE SECADO

°T de trabajo (ºC)	50
°T entrada del aire (ºC)	45.5
°T del ambiente	26
Humedad relativa del ambiente (%)	66
Velocidad del aire (m/s)	0.62

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Los datos del proceso de secado fueron obtenidos pesando periódicamente las muestras a intervalos de 5 minutos durante las 2 primeras horas, luego cada 10 minutos durante el tiempo restante de secado. El tiempo requerido para que el producto llegara a peso constante fue de 3 horas con 50 minutos.

Velocidad de Secado

Se define como el parámetro que relaciona la cantidad de agua que se elimina durante un tiempo determinado en el área de secado definida.

Para calcular la Velocidad de secado, se determinó primero el peso de sólidos secos por medio de la siguiente relación:

$$Ws = \frac{W \times \%Sólidos}{100\%} \qquad \textbf{Ec. 3}$$

Donde:

Ws = Peso de sólidos secos

W = masa inicial de la muestra

%Sólidos= porcentaje de sólidos secos en la muestra.

Luego se realizó los cálculos para obtener la humedad en base seca, mediante la siguiente fórmula, considerando que Ws es constante (5).

$$X_t = \frac{W - W_S}{W_S} \qquad \textbf{Ec. 4}$$

Donde:

Xt = Humedad en base seca de la muestra

W= Peso de la muestra

Ws= Peso de sólidos secos

Para obtener los valores de humedad en base seca (x_t), se recalca que el peso de sólidos secos (W_s) permanece constante durante el secado.

También, para determinar la velocidad de secado, se debe calcular el parámetro de humedad libre, el cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$X = X_t - X^* \qquad \textbf{Ec. 5}$$

Donde:

X = Humedad Libre

Xt = Humedad en base seca de la muestra

X*= Humedad de equilibrio de la muestra

Para determinar la humedad de equilibrio (X*), se utilizó la carta psicrométrica en g H2O/ g sólido seco. En donde, se entró con temperatura 26 °C y humedad relativa 66% del aire del ambiente y se calentó hasta la temperatura de 45.5 °C el aire de secado y se lee la %HR en este punto fue de 24 % (Ver Apéndice E).

Con este dato, se ingresó a la gráfica de la isoterma en el eje de las x (Aw), y se determinó la humedad de equilibrio que fue 0.006 g de Agua / 100 g de ss (Ver Apéndice F).

Posteriormente, se calculó la Humedad media, promediando los valores de humedad libre previamente obtenidos.

Finalmente para obtener la curva de secado se utilizó la siguiente ecuación.

$$Rc = -\frac{W_S}{A}\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right) \qquad \textbf{Ec. 6}$$

Donde:

Ws = Peso de sólidos secos

A= Área superficial de la muestra

Δ x = Diferencial de humedad libre media

Δ t = Diferencial de intervalos de tiempo

Todos los datos del proceso de secado se muestran en el Apéndice A.

2.4.1 Curvas de Secado

Para realizar las curvas de secado se requirió de los datos mencionados en la tabla 10.

TABLA 10

DATOS PARA HALLAR CURVA DE SECADO

Peso de la muestra inicial w(g)	328.70
Sólidos iniciales en la muestra (%)	21.21
Peso de Sólidos Secos Ws (g)	74.04
Humedad de Equilibrio (g H_20/ 100g s.s)	0.006
Área de secado (m^2)	0.3024

Elaborado por: Albán,Figueroa, 2011

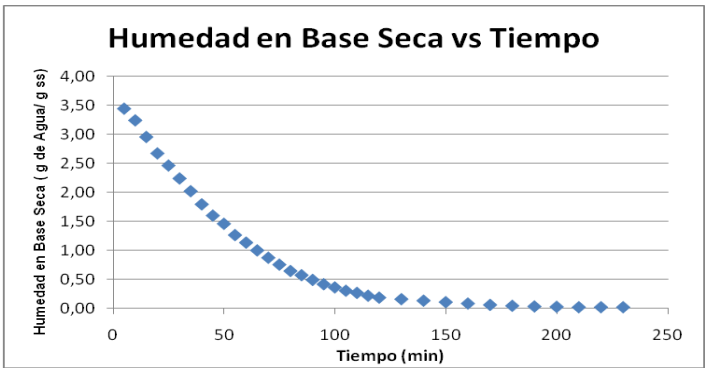


FIGURA 2.5 HUMEDAD EN BASE SECA VS TIEMPO

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

La figura 2.5, muestra la relación humedad en base seca vs tiempo, donde se puede observar que durante las dos primeras horas del proceso, se presentó una disminución significativa del contenido de humedad del sólido, durante el tiempo restante de secado hubo una pérdida constante.

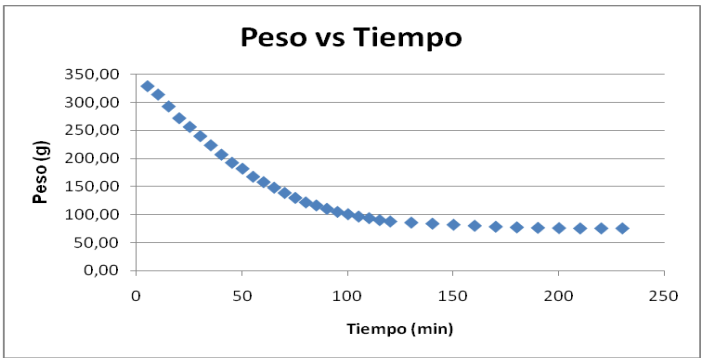


FIGURA 2.6 PESO VS TIEMPO

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

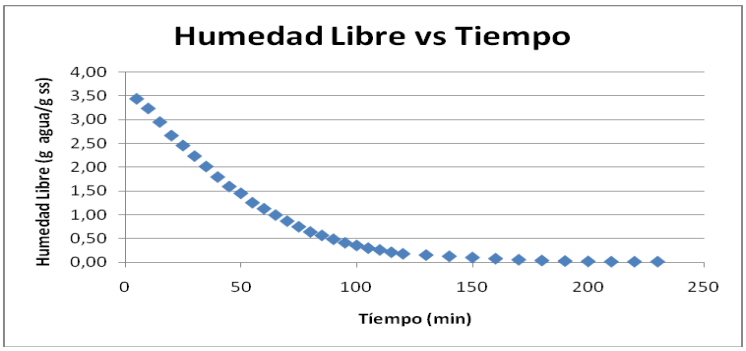


FIGURA 2.7 HUMEDAD LIBRE VS TIEMPO

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

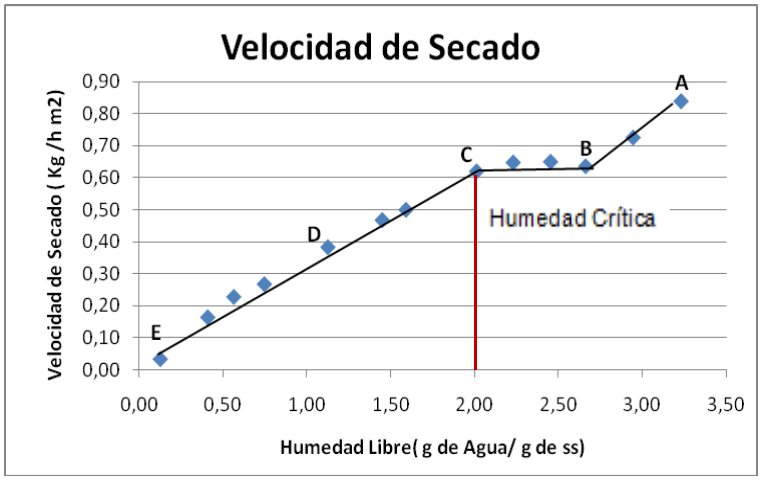


FIGURA 2.8 VELOCIDAD DE SECADO

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Al observar la curva de secado se pudo determinar que en el intervalo A-B existió una disminución de la velocidad de secado. En el intervalo de B-C la velocidad se mantuvo constante y el contenido de humedad superficial fue elevado. En el intervalo C-D es el período de velocidad decreciente. En el intervalo D-E se observó un segundo período de velocidad decreciente que finalizó al llegar a la humedad de equilibrio. Por lo tanto se concluyó de acuerdo a la figura que el valor de la humedad crítica (punto C), fue de 2 g de Agua/ g de ss, es decir cuando cambia el período de velocidad constante a período de velocidad decreciente.

2.5 Caracterización de la Harina

La harina de camote es un producto fino, que se obtiene del secado y molienda de camote. En la tabla 11 se muestra la caracterización sensorial de la harina de camote.

TABLA 11

CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

DE LA HARINA DE CAMOTE

Producto	Color	Olor
Harina de Camote	PANTONE 726 U	Característico

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Características Físico-Químicas

Los análisis se realizaron por duplicado y los resultados promedios se encuentran en la tabla 12.

TABLA 12

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA

HARINA DE CAMOTE

Ensayo	Promedio
ph	5.58 +/- 0.05
% Acidez	0.105 +/- 0.005
% Humedad	7.05 +/- 0.16
Aw	0.387 +/- 0.007
% Ceniza	2.917 +/- 0.002

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Granulometría

La prueba se realizó en un tamiz en el Instituto Ciencias Químicas. En la operación de tamizado, se utilizaron 150 gramos de harina de camote durante un tiempo de 5 minutos. En la tabla 13 se muestra la cantidad retenida de harina en las diferentes mallas.

TABLA 13

CANTIDAD DE HARINA RETENIDA POR MALLA

Malla	Masa Retenida(g)	AXi	Xi	Dpi
50	7.8	0.052	1	0.244
70	41.9	0.28	0.95	0.174
100	29	0.193	0.67	0.1915
140	49.6	0.331	0.47	0.01835
200	6.8	0.045	0.14	
Fondo	10.89			

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En donde se obtuvo 4.1 gramos de pérdida, debido a la adherencia de la harina en la paredes del equipo. Como se observa en la tabla 13, el 95% de harina pasa la malla 70 es decir que cumplió con la norma INEN 517 (Determinación del tamaño de partículas).

Los resultados del análisis de granulometría se muestran en el Apéndice B.

Diámetro Superficial Medio (Diámetro Reboux)

Es el diámetro de partícula cuya superficie específica sea idéntica a la superficie específica real que presenta el sólido granular.

$$Dp = \frac{1}{\sum \frac{\Delta Xi}{\overline{D}pi}} \qquad \textbf{Ec. 7}$$

Reemplazando en la fórmula tenemos que el diámetro superficial medio (Dp) es de 0.0328 (Apéndice B)

CAPÍTULO 3

3. OBTENCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS A BASE DE HARINA DE CAMOTE

3.1 Ingredientes

En la elaboración de la sopa instantánea de camote se utilizó ingredientes como almidón de papa, harina de camote, cebolla en polvo, ajo en polvo, nuez moscada, pimentón rojo, glutamato monosódico, sal y comino; basados en recetas culinarias.

Todos los ingredientes utilizados fueron adquiridos en el mercado local.

El Glutamato Monosódico es un potenciador de sabor, no enmascara sabores no deseados que se hayan desarrollado en el producto debido

al ingreso de oxígeno y vapor en el producto empacado, durante el almacenamiento.

3.2 Formulaciones

3.2.1 Evaluación Sensorial

Para la evaluación sensorial se realizaron 5 formulaciones de sopas que fueron evaluadas por observación y así se escogieron las mejores para realizar las pruebas de evaluación sensorial.

Las formulaciones se muestran en las tablas a continuación:

TABLA 14

FORMULACIÓN A

Ingredientes	**Porcentajes (%)**
Harina de camote	84.3
Cebolla en polvo	0.3
Ajo en polvo	0.3
Perejil	0.2
Comino	0.3
Curry	0.6
Nuez Moscada	0.5
Glutamato Monosódico	0.2
Sal	14
TOTAL	**100 %**

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la formulación A, resultó un sabor ligeramente y color agradable.

TABLA 15

FORMULACIÓN B

Ingredientes	**Porcentajes (%)**
Harina de camote	71
Leche en polvo	14
Ajo en polvo	0.2
Perejil	0.2
Comino	0.2
Curry	0.3
Glutamato Monosódico	0.2
Sal	14
TOTAL	**100 %**

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la formulación B, resultó un color más claro lo que se atribuyó a la presencia de la leche en polvo, pero no se sentía mucho sabor, esto también se puede atribuir a que los porcentajes de las especies fueron menores que la formulación A.

TABLA 16

FORMULACIÓN C

Ingredientes	**Porcentajes (%)**
Harina de camote	60
Leche en polvo	15
Almidón de Papa	12
Ajo en polvo	0.3
Perejil	0.1
Curry	0.4
Glutamato Monosódico	0.2
Sal	12
TOTAL	**100 %**

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la formulación C, se añadió el almidón de papa, leche en polvo y no se utilizó comino, pero el sabor y la consistencia fueron muy agradables.

TABLA 17

FORMULACIÓN D

Ingredientes	**Porcentajes (%)**
Harina de camote	50
Almidón de Papa	34
Ajo en polvo	0.1
Cebolla en polvo	0.2
Perejil	0.2
Comino	0.1
Curry	0.2
Glutamato Monosódico	0.2
Sal	15
TOTAL	**100 %**

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la formulación D, se utilizó menor porcentaje de harina de camote y mayor porcentaje de almidón de papa, cabe recalcar que el almidón de papa no aporta sabor. En esta sopa se obtuvo una consistencia espesa que no resultaba agradable.

TABLA 18

FORMULACIÓN E

Ingredientes	**Porcentajes (%)**
Harina de camote	34
Almidón de Papa	50
Ajo en polvo	0.1
Cebolla en polvo	0.2
Perejil	0.2
Comino	0.1
Curry	0.2
Glutamato Monosódico	0.2
Sal	15
TOTAL	**100 %**

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En la tabla 18 se decidió utilizar los porcentajes al contrario de la formulación D, en esta sopa se obtuvo al igual que la anterior una consistencia espesa que no resultó agradable, ya que el camote es rico en almidones.

Según el criterio de evaluación por observación se concluye que las sopas que presentaron un sabor agradable y una consistencia adecuada fueron las formulaciones A y C por lo que estas fueron puestas en la evaluación sensorial.

Para garantizar la veracidad de la prueba sensorial se utilizó 30 panelistas, en donde las muestras fueron puestas a una temperatura de 60°C, que es la temperatura en que se sirven las sopas según (Caul, 1957; ASTM, 1968).

La prueba sensorial consistió básicamente en determinar que tanto nivel de gusto o disgusto puede expresar el consumidor ante la muestra realizada, mediante escala hedónica de 5 puntos, y así poder comparar y comprobar si hubo alguna diferencia significativa entre las dos muestras de distintas proporciones.(Ver Apéndice G)

El método estadístico que se escogió fue la prueba de t de student (Ver Apéndice H). En donde, lo primero que se realizó fue sumar los resultados obtenidos de ambas muestras para luego obtener un promedio de las calificaciones mediante la siguiente ecuación:

$$d = \frac{t1}{n} - \frac{t2}{n}$$ **Ec. 8**

Donde:

d = Diferencia de los promedios de calificaciones

t1 y 2 = Totales de calificaciones

n = Número de jueces

Después, se realizaron las diferencias de las calificaciones obtenidas para cada par de muestras para luego sumar los valores obtenidos como se muestra en la ecuación 9. También con los valores obtenidos de las diferencias de cada par de muestras se procedió a elevar al cuadrado tomando en cuenta el signo, como se muestra en la ecuación 10.

$$\sum(D^2) = (\,)^2 + (\,)^2 + \ldots + (\,)^2$$ **Ec. 9**

$$\sum(D)^2 = (\,)^2$$ **Ec. 10**

Luego se utilizaron los datos obtenidos en las ecuaciones anteriores para hallar la varianza, como se muestra en la ecuación 11:

$$S = \frac{\sqrt{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}}{n-1} \qquad \textbf{Ec. 11}$$

Donde:

S = Varianza

$(\sum D^2)$=Suma de las diferencias de las calificaciones cuadrado

$(\sum D)^2$=Suma de los cuadrados de la diferencias de calificaciones

Lo siguiente fue buscar el valor de la tabla T utilizando el 0.95 y el valor de n -1. Para este caso fue de 29, y este se lo comparó con el resultado de la ecuación 12:

$$\frac{d}{(\frac{S}{\sqrt{n}})} > T \qquad \textbf{Ec. 12}$$

Si se cumplía la desigualdad mostrada en la ecuación 12, entonces, se podría concluir que las formulaciones tendrían una diferencia significativa.

En la tabla 19 se muestran los datos obtenidos en la prueba sensorial.

TABLA 19

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Valor	Resultado
d	0.36
$\sum(D^2)$	15
$\sum(D)^2$	81
S	0.37
T	1.711

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

En este caso se cumplió la desigualdad que se muestra en ecuación 12, por lo que se concluyó que si existía una diferencia significativa entre la formulación A y C, por lo tanto se escogió la formulación A por haber obtenido la mayor calificación.

Los datos de la evaluación sensorial se muestran en el Apéndice I.

3.2.2 Aporte Nutricional y Energético

La nutrición es el proceso biológico en el que los organismos asimilan y utilizan los alimentos, para el funcionamiento, el crecimiento y el mantenimiento de las funciones normales.

Para determinar la energía que aporta la sopa instantánea de camote, se utilizaron tablas de composición química de los diferentes ingredientes empleados en el producto.

Luego, se determinó la cantidad total de carbohidratos, proteínas, grasas, fibra y minerales. Después se utilizaron los coeficientes de ATWATER para determinar la cantidad de Kilocalorías regeneradas por los nutrientes, los cuales corresponde 4 Kcal/ gramo para los carbohidratos, 9 Kcal/ gramo para los lípidos y 4 Kcal/ gramo para las proteínas.

En la tabla 20 se muestra la composición nutricional de la sopa basada 50 g.

TABLA 20

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA SOPA DE CAMOTE

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Porción 1 plato: (13 g aprox. En 250 ml de agua). Porción por envase: 4.		
Ingredientes	**100g**	**1 porción**
Proteína g.	6.46	0.243
Grasa Total g.	0.12	0.015
Carbohidratos g.	71.67	8.96
Fibra g.	25.41	3.17
Potasio (mg)	3.88	0,485
Calcio (mg)	2.78	0,35
Fósforo (mg)	0.1	0,0125
Hierro (mg)	0.04	0,005
Magnesio (mg)	22.2	2.77
Zinc (mg)	0,02	0,0025

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

De acuerdo a la tabla nutricional se obtuvo que la sopa de camote tuvo 313.73 Kilocalorías Totales, de las cuales 25.87 Kilocalorías de Proteínas, 1.14 Kilocalorías de Grasa y 286.70 Kilocalorías de Carbohidratos.

3.2.3 Rehidratación

Se realizaron diferentes pruebas de hidratación para determinar la cantidad óptima de agua, necesaria para la harina de camote. Como se observa en la figura 3.1.

FIGURA.3.1 HIDRATACIÓN 1:20

En la cual se estableció una proporción de 1:20; es decir 100 ml de agua por cada 5 gramos de harina, ya que en esta medida la consistencia no era muy espesa ni muy fluida.

Para este caso se realizó la prueba de gelatinización en la cual se determinó que el almidón gelificó en caliente, es decir a 66°C a los 8 minutos.

3.3 Estabilidad

3.3.1 Determinación de la Humedad Crítica

Con el fin de determinar la vida útil de los productos alimenticios fue importante definir parámetros como la humedad crítica o el rango de actividad de agua, por lo que fue necesario conocer la isoterma del producto terminado para determinar el valor de la humedad crítica.

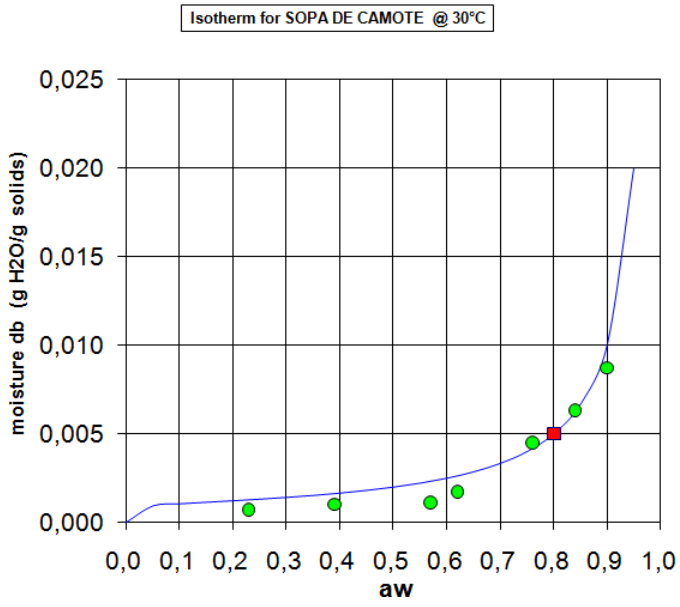


FIGURA.3.2 ISOTERMA DE SORCIÓN DE LA SOPA DE CAMOTE

La humedad crítica consiste en conocer el contenido de humedad en el cual el producto deja de ser apto para el consumo humano desde cualquier punto de vista, ya sea microbiológico o sensorial.

La prueba consistió en pesar 3 gramos de sopa los cuales fueron colocadas en el AQUABATH. Las muestras fueron tratadas con vapor a 100 ºC como muestra la figura 3.3.

FIGURA.3.3 AQUABATH

Se utilizaron 7 muestras que fueron puestas cada 40 segundos en el AQUABATH, a las cuales se les tomaron la humedad y actividad de agua, para conocer el punto de la humedad crítica en el cual, la sopa empezó a perder sus características organolépticas, el factor evaluado fue el apelmazamiento y la consistencia.

En la tabla 21 se muestra los contenidos de humedad y la consistencia de las diferentes muestras.

TABLA 21

CONTENIDOS DE HUMEDAD PARA LA DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD CRÍTICA DE LA SOPA DE CAMOTE

Contenido de Humedad	% Hbh	Hbs g de agua/ g ss	Consistencia (cm/ 20 s)
A	9.9	0.11	13
B	11.8	0.13	12
C	14.8	0.17	11.5
D	16.3	0.18	11
E	17.6	0.19	10
Inaceptable	18.4	0.21	9.5

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Como se observa en la tabla 21, a medida que aumenta el contenido de humedad aumenta la consistencia de la sopa esto se debe a que a medida que aumenta la temperatura los gránulos empiezan a hincharse e incrementar su volumen debido a la retención de agua, este fenómeno se conoce con el nombre de gelatinización que es cuando la muestra alcanza su máxima viscosidad, es decir que la muestra F se consideró inaceptable por lo que presentó forma de gel.

Además la muestra F (3 minutos con 20 segundos) el producto se apelmazó como se muestra en la figura 3.4. Para determinar el valor

de la humedad crítica se estableció que la muestra F tenía una aw de 0.63 con este dato se ingresó a la isoterma de la sopa y se determinó el valor de la humedad crítica fue de 0.21 g de Agua / g ss (Ver Apéndice K).

FIGURA.3.4 APELMAZAMIENTO

En la figura 3.5 se muestra la consistencia de la sopa inaceptable.

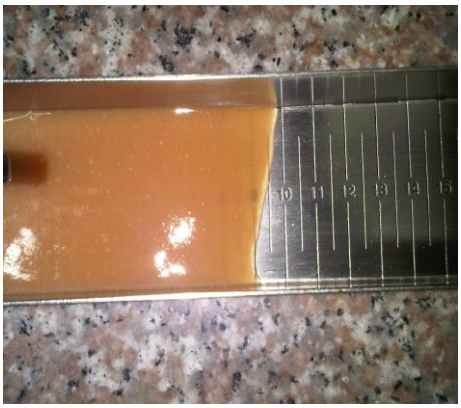


FIGURA.3.5 CONSISTENCIA DE LA SOPA DE CAMOTE

Además según estudios realizados en México de la caracterización físico-química a diversos tipos de tubérculos entre los cuales está el camote se realizó la prueba de estabilidad a la refrigeración y congelación, en donde se utilizó el método de Eliasson y Ryang (1992). La prueba se realizó por gelificación y almacenamiento 4-10 °C, centrifugando y midiendo el agua separada de un gel de almidón en ciclos de un día, durante 5 días, en el camote se obtuvo que presentó sinéresis en el último día de almacenamiento en refrigeración, con 2,17% de agua expulsada, y en congelación se mantuvo constante durante todo el período de almacenamiento, teniendo 7,73% de agua expulsada en el último día (11).

3.3.2 Elaboración de Isoterma del producto terminado

Para la elaboración de la isoterma de la sopa de camote se utilizó el método isopiéstico; primero se realizaron las pruebas para obtener la curva de desorción en el cual se pesaron 4.46 g las cuales fueron puestas en la estufa a 30°C por 30 minutos, luego por cada 1 hora, hasta obtener aw de 0.227. Luego se realizó la prueba para obtener la curva de adsorción, en las cuales se pesaron 4.1 gramos las cuales fueron puestas en el Aquabath a 100° C por 10 minutos, luego

cada 20 minutos, hasta obtener aw de 0.90. Las muestras fueron realizadas por triplicado. Los datos se muestran en el Apéndice J.

Después, los valores de humedad en base seca (hbs) y actividad de agua (aw) fueron ingresados en el programa Water Analyzer el cual determinó el valor de la monocopa de BET fue de 0.07 g de Agua/ g ss con un R^2 de 0.918209.

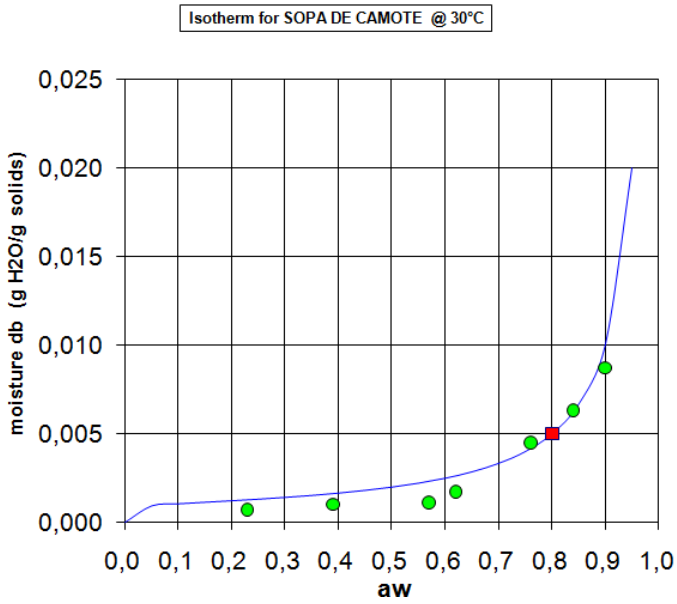


FIGURA 3.6 ISOTERMA DE LA SOPA DE CAMOTE

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Con los datos obtenidos experimentalmente se realizó la isoterma de producto final, como se muestra en la figura 3.6.

También se determinó el contenido de humedad inicial de la sopa de camote, donde se utilizó la termobalanza en la que se obtuvo 11% de humedad.

3.3.3 Cálculos de permeabilidad al vapor de agua en empaque.

La vida útil de los productos alimenticios depende de las características de los mismos así como también del empaque y del almacenamiento (8).

Para determinar el tiempo de vida útil, fue necesario establecer los valores de humedad inicial (mo), crítica (mc) y de equilibrio (me). Primero, se estableció la humedad crítica como indicador de calidad, ya que esta determina que el producto no se considera aceptable. Es decir que a una actividad de agua de 0.63 presenta una humedad de 0.21 g de Agua / g de ss en la cual el producto empieza a perder sus características organolépticas.

Después se calculó la humedad inicial expresada en humedad en base seca (g H_2O/ g ss), utilizando la ecuación 13:

$$Hbs = Hi / (100-Hi) \qquad \textbf{Ec. 13}$$

La sopa de camote tuvo una humedad inicial del 11% por lo tanto utilizando la ecuación 13 se obtuvo un valor de humedad en base seca de 0.1235 g H_2O / g ss.

Luego, se determinó el valor de la humedad de equilibrio, considerando que la Humedad relativa del ambiente de la ciudad de Guayaquil es de 85%. Con este dato se ingresó a la isoterma de producto terminado donde se obtuvo una humedad de 0.7 g de Agua/ g de ss.

Por otro lado, se calculó el área de empaque necesaria para 50 g de producto, la cual es de 0.0192 m^2

Para determinar el tiempo de vida del producto se aplicó la siguiente ecuación 14 (6).

$$\theta = \frac{\ln \tau}{\left(\frac{k}{x}\right) \times \left(\frac{A}{W_S}\right) \times \left(\frac{P_0}{b}\right)}$$

Ec. 14

Donde:

θ = tiempo de vida útil en días

$\ln \tau$ = Contenido de humedad no completado (tendencia de Permeabilidad del empaque)

K/x = Permeabilidad máxima del alimento en gH2O/día m^2 mmHg

A = Área del empaque (m^2)

W_s =Peso de sólidos secos (g)

P_0 =Presión de vapor de agua a la temperatura T=30°C (mmHg) (Ver apéndice M).

b = Pendiente de la isoterma (tangente entre la Humedad Crítica e Inicial).

El valor de gamma crítico (ln τ) se calculó mediante la ecuación 15, que predice un cambio de peso en alimentos secos empacados:

$$\ln \tau = \ln\left(\frac{m_e - m_0}{m_e - m_c}\right) \qquad \textbf{Ec. 15}$$

Donde:

m_e= Humedad de equilibrio (base seca)

m_o= humedad inicial (base seca)

m_c= humedad crítica (base seca)

Reemplazando en la fórmula los valores de las humedades se obtuvo el valor de gamma crítico (ln τ) fue de 0.1625.

El porcentaje de sólidos secos (Ws) se calculó utilizando la ecuación 16.

$$\% \text{ sólidos} = (1 - (mo)\ (1+mo)) * 100 \qquad \textbf{Ec. 16}$$

Luego de obtener el porcentaje de sólidos se multiplicó por la cantidad de producto contenido en el empaque (50 gramos) entonces se obtuvo 43 g de sólido seco.

El valor de b (pendiente de la isoterma) se obtuvo mediante la ecuación 3.10.

$$b = \frac{m_c - m_0}{aw_c - aw_0} \qquad \textbf{Ec. 17}$$

Reemplazando en la fórmula los valores de la pendiente entre humedad crítica y humedad inicial se obtuvo el valor b de 0.234.

En la tabla 22 se muestran los valores para el cálculo del tiempo de vida útil de la sopa de camote en días.

TABLA 22

DATOS PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL

Ln τ_c	0.1625
K/x (g de agua / m^2 – día – mm Hg)	0.00446
A (m_2)	0.0192
W_s (g)	43
P_0 (mm de Hg)	31.82
b	0.234

Elaborado por: Albán, Figueroa, 2011

Finalmente, aplicando la ecuación 14 se obtuvo que, utilizando un empaque multicapas de Poliéster, Polipropileno, Polietileno se obtiene una vida útil de 1 año con 7 meses (9).

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El camote por ser un tubérculo sensible a la oxidación, fue necesario aplicar un pre-tratamiento antes del secado, el cual ayudó a que durante el proceso de secado no se produzca oscurecimiento. El tratamiento más adecuado según las pruebas experimentales fue sumergir el producto en una solución de ácido cítrico y ácido ascórbico al 0.5% y 1 % respectivamente.

2. Para la evaluación sensorial se utilizaron cinco formulaciones las cuales, tuvieron diferentes ingredientes y porcentajes, por lo tanto para

determinar si existían o no diferencias significativas se utilizó el método de la t de Student por medio del cual se concluyó si existe diferencia significativa, obteniendo mayor grado de aceptación en la formulación A.

3. Al evaluar el rendimiento de la materia prima resultó que en la etapa de pelado se perdió aproximadamente un 25% (cáscara), por lo que se utilizó solo el 75% (pulpa) para el proceso de secado, en el cual se perdió aproximadamente el 58% debido a la evaporación del agua, es decir solo se obtuvo un 17% de harina de camote, teniendo en cuenta estos valores se definió que la fabricación de sopas instantáneas de camote es rentable por los bajos costos de adquisición de la materia prima (camote), es un proceso fácil para la industria.

4. Desde el punto de vista nutritivo, la sopa de camote contiene los 3 macro-nutrientes; carbohidratos, proteínas y lípidos, también posee un contenido considerable de fibra. La sopa de camote aporta con 313 Kilocalorías totales, por lo que junto con los demás alimentos de la dieta diaria se ajusta a los requerimientos diarios que una persona normal debe ingerir, que es de 1400 Kcal /diarias.

5. La sopa de camote por ser un producto deshidratado, posee una alta estabilidad, ya que mediante los cálculos realizados con un determinado

tipo de empaque (poliéster-polietileno-polipropileno), se obtuvo un tiempo de vida útil de 1 año con 7 meses, lo cual es una ventaja ya que se puede consumir de forma segura sin perder o disminuir ninguna de las característica de calidad.

6. Se debería realizar un estudio de costos de fabricación para determinar la rentabilidad del producto, además se podría utilizar el 25% de la cáscara para la elaboración de un subproducto.

7. Los empaques son utilizados para alargar el tiempo de vida útil de los productos, este debe cubrir las amenazas ambientales y mecánicas, también debe ofrecer facilidad de manipulación y transporte. Además que debe poseer una alta barrera contra la humedad, por lo que es recomendable realizar un estudio profundo para determinar el empaque más apropiado para la sopa de camote.