CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINAS

En el presente capítulo se detalla el proceso de obtención de harina de zanahoria amarilla, para ser utilizada posteriormente como sustituto parcial de la harina de trigo para panificación. Se realizó la caracterización de la materia prima, analizando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

2.1 Características de Materia Prima

La Zanahoria amarilla (Daucus carota) se la designa como un tubérculo, su forma es gruesa y alargada (similar a un cono) con una

longitud que puede cambiar dependiendo de la variedad, fue adquirida en el mercado local al Sur de la ciudad de Guayaquil.

Características físicas:

El color de la zanahoria amarilla basándonos en el Pantone es 137 U, como se muestra en la figura 2.1.

Figura 2.1: Color 137 U Pantone de la Zanahoria Amarilla

Para realizar la caracterización se utilizó el tipo de zanahoria “corta” que tienen una longitud aproximada a 10 cm y son casi esféricas, la variedad es “Chantenay”. Los datos se encuentran en el Apéndice B.

Se analizó las propiedades físicas de la zanahoria amarilla relacionándola con el tiempo, para efecto se tomó cinco unidades, las cuales se conservaron a temperatura de 27 ºC y humedad ambiente de 66%, las observaciones desarrolladas a la zanahoria amarilla se

muestra en la tabla 4; y en las figuras 2.2 y 2.3 se muestran los cambios físicos y la variación de dimensiones respectivamente.

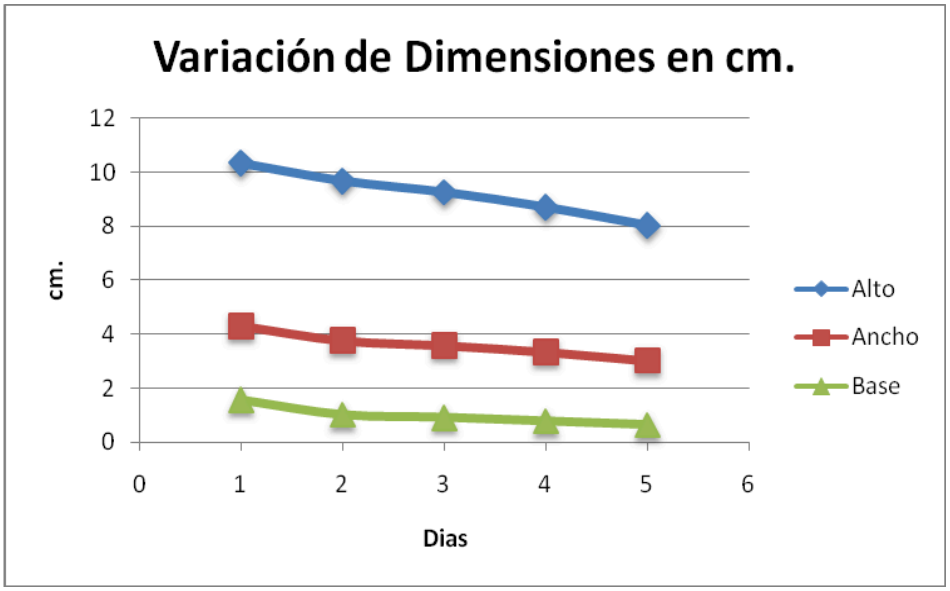
Tabla 4. Propiedades físicas de la zanahoria amarilla en relación al tiempo.

DIA	OBSERVACIONES
1	Estado Normal. Olor ligeramente dulce.
2	Aspecto rugoso. Evidente deshidratación. Olor a almidón. Abolladura al costado, olor a almíbar y supura líquido.
3	Decolorado, arrugado. Se comienza a oscurecer la Base. Sección de la base negra, secas las raíces. Sección seca y color blanquecino.
4	Deshidratado sin olor. Decolorado. Desarrollo mohos blanquecinos apreciables en superficie. Material blanquecino y pegajoso al contacto.
5	Notable reducción de tamaño. Perdida de brillo. Se aprecian rasgos negruzcos acentuados en la superficie. Arrugado y aspecto gomoso.

Elaborado por: Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

Figura 2.2: Características físicas de la Zanahoria Amarilla.

Figura 2.3: Variación de dimensiones de la zanahoria Amarilla.



Caracteristicas Químicas:

Se efectuaron ensayos para la caracterización química de la materia prima, para lo cual se procesaron las muestras, mediante la reducción de tamaño de la zanahoria amarilla, en la tabla 5 se muestran los resultados de dicha caracterización y en el Apéndice C se detalla los cálculos realizados.

Tabla 5. Propiedades Químicas de la Zanahoria Amarilla.

ANALISIS	RESULTADOS
pH	*5,315 ± 0,0049*
Acidez	*0.026 ± 0,005 %*
Humedad	*86,715 ± 0,278 %*
Humedad Final	*90,67 ± 0.10 %*
Cenizas	*0,765 ± 0,0047 %*
Grasas	*0,315 ± 0,23 %*
Proteínas	*1,126 ± 0,39 %*
Carbohidratos	*6,986 ± 0,0315%*

Elaborado por: Karla Aragundi y Byron Plua, 2011.

Las figuras 2.4 y 2.5 muestran las Variaciones del pH y del % de Acidez de la zanahoria amarilla en relación al tiempo.

Figura 2.4: Variación de pH de la zanahoria Amarilla en relación al tiempo.

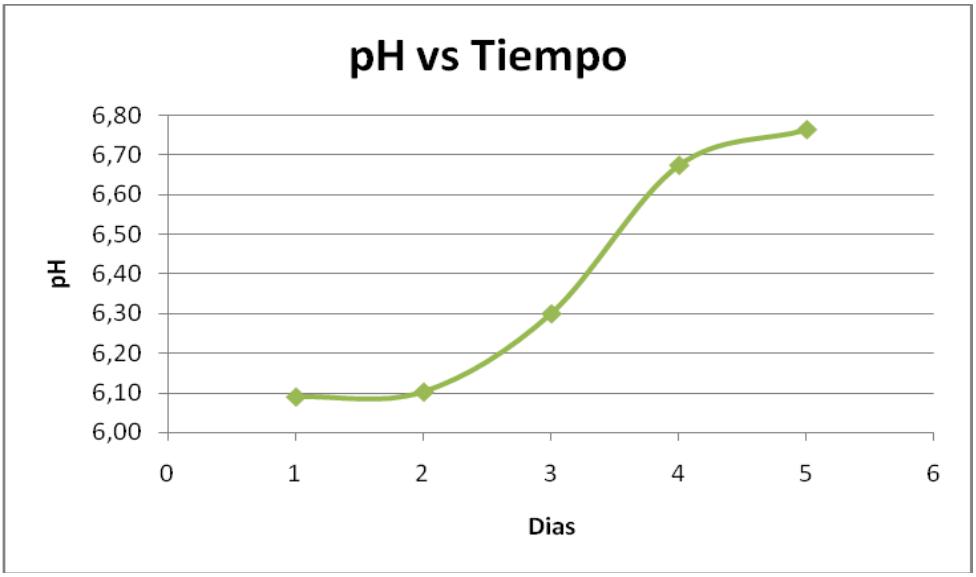
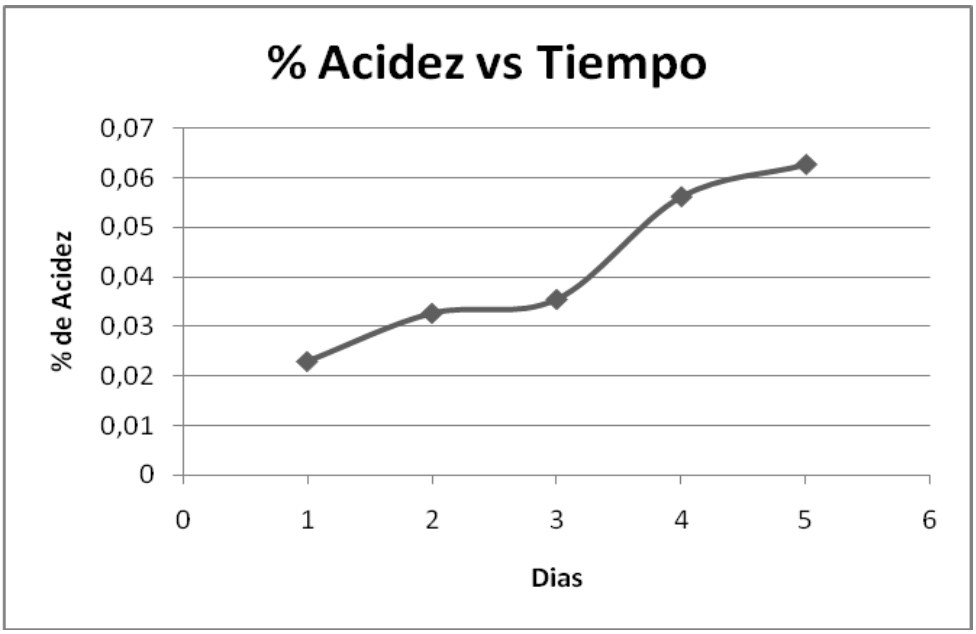


Figura 2.5: Variación del % de Acidez de la zanahoria Amarilla en relación al tiempo.



2.2 Metodología de trabajo

Proceso de elaboración de harina

Recepción: La materia prima (Zanahoria Amarilla) se receptó previa inspección, luego se tomó el peso para establecer parámetros de rendimiento para el proceso de la harina.

Lavado: Se hizo un lavado con agua a la materia prima para impedir todo tipo de agentes extraños y además para eliminar los olores y sabores extraños que puedan afectar o disminuir la calidad del producto final.

Triturado: En esta etapa se procedió a rayar la zanahoria amarilla para disminuir el espacio en el área de las bandejas y aumentar la eficacia de la velocidad del aire caliente del secador.

Secado: El secado de la zanahoria amarilla se realizó mediante un secador de bandeja de cámara metálica rectangular (armario), de fabricación a pequeña escala de marca Gunt Hamburg.

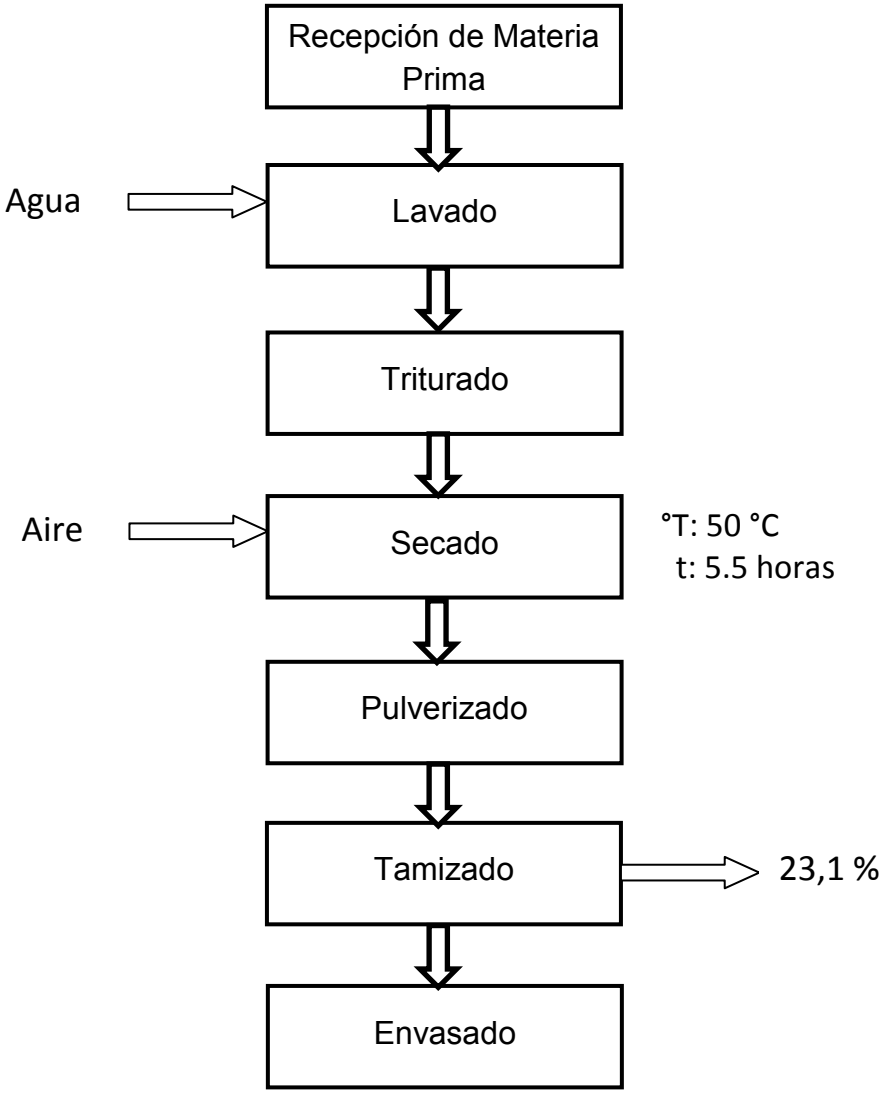
Pulverizado: En esta operación se redujo el tamaño del material seco, transformándolos a partículas mucho más pequeñas mediante un molino CYCLONE SIMPLE MLL marca UDY, para su posterior etapa.

***Tamizado*:** Se procedió a pasar el polvo fino por una serie de mallas para determinar su granulometría.

Envasado: Una vez obtenida la harina de zanahoria amarilla se envasó en fundas de polietileno para su posterior caracterización. Para una mayor duración se debió almacenar en ambiente seco y libre de humedad, además se debe evitar la exposición a la luz solar por motivos de la oxidación.

En la figura 2.6 se muestra el diagrama de flujo el proceso de elaboración de harina de zanahoria amarilla.

Figura 2.6: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de zanahoria amarilla



Elaborado por Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

2.2.1 Ensayos Físico – Químicos

En la tabla 6 se indica los ensayos físico – químicos realizados y su respectivo equipo y método.

Tabla 6: Ensayos físico – químicos

Parámetro	Equipo	Método
pH	pHmeter OAKTON – Modelo Series pH 510	AOAC Oficial Method 943.02
Acidez Titulable	Titulación	AOAC Oficial Method 942.15
Humedad	Termo Balanza Gravimétrica Kern MLB 50-3	AOAC Oficial Method 967.19
Cenizas	Mufla-Termo Scientific FB1315M	AOAC Oficial Method 923.03
Actividad de Agua	Medidor de Aw AQUALAB 3TE	AOAC Oficial Method 32.005
Grasa Total	Batería Soxhlet –Quimis Q308168	AOAC Oficial Method 2003.05
Proteínas	Digestor Kjeldahl – Remadel Macro Kjeldahl	AOAC Oficial Method 920.152
Granulometría	Tamizador RX 22 (25A–2A)	NTE INEN 517

Elaborado por Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

2.2.2 Secado

En la siguiente tabla se indica las características del Secador de Bandejas, utilizado para la obtención de harina de zanahoria amarilla.

Tabla 7: Características del secador de bandejas.

Equipo: Secador	
Modelo	Secador de bandejas
Marca	Gunt Hamburg
Características del secador:	
Velocidad de Aire	4,19 m/s
% Humedad Relativa del Aire	26 %
Temperatura	50 ± 2 °C
Características de las bandejas:	
Ancho	36,2 cm
Largo	28,5 cm
Número de bandejas	4
Área	0,41268 m^2

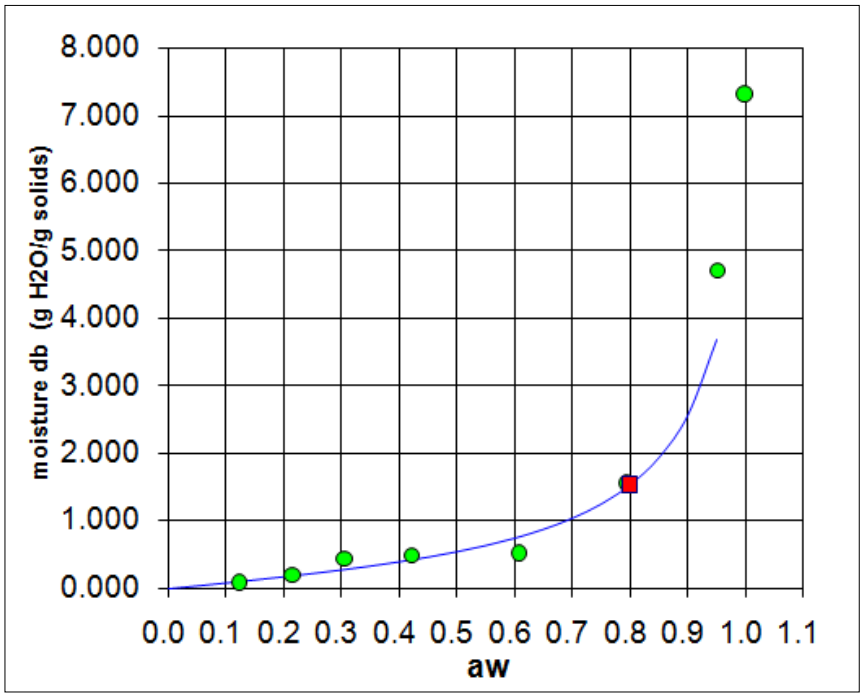
2.3 Isotermas de absorción

Una isoterma nos indica la cantidad de agua absorbida o adsorbida en el componente, con una actividad de agua conocida o presión de vapor relativa cuando está en equilibrio. La Isoterma fue obtenida por el

método isopiéstico utilizando los equipos de medición de Actividad de agua (AquaLab) y el determinador de humedad (Kern y Sohn Gmbh) para obtener así los datos de humedad inicial y actividad de agua de la zanahoria amarilla.

Los resultados fueron ajustados a la ecuación de GAB mediante el uso del programa Wáter Analyser, la figura 2.7 muestra la isoterma de adsorción de la harina de la zanahoria amarilla y en el Apéndice D se encuentran los datos para la elaboración de dicha Isoterma.

Figura 2.7: Isoterma de Adsorción de la zanahoria amarilla.



Utilizando el modelo de GAB, se determinó que el valor de la monocapa de BET es 0.4655 g de agua/ g s.s. y con un R^2 de 0,945726.

2.4 Proceso de secado

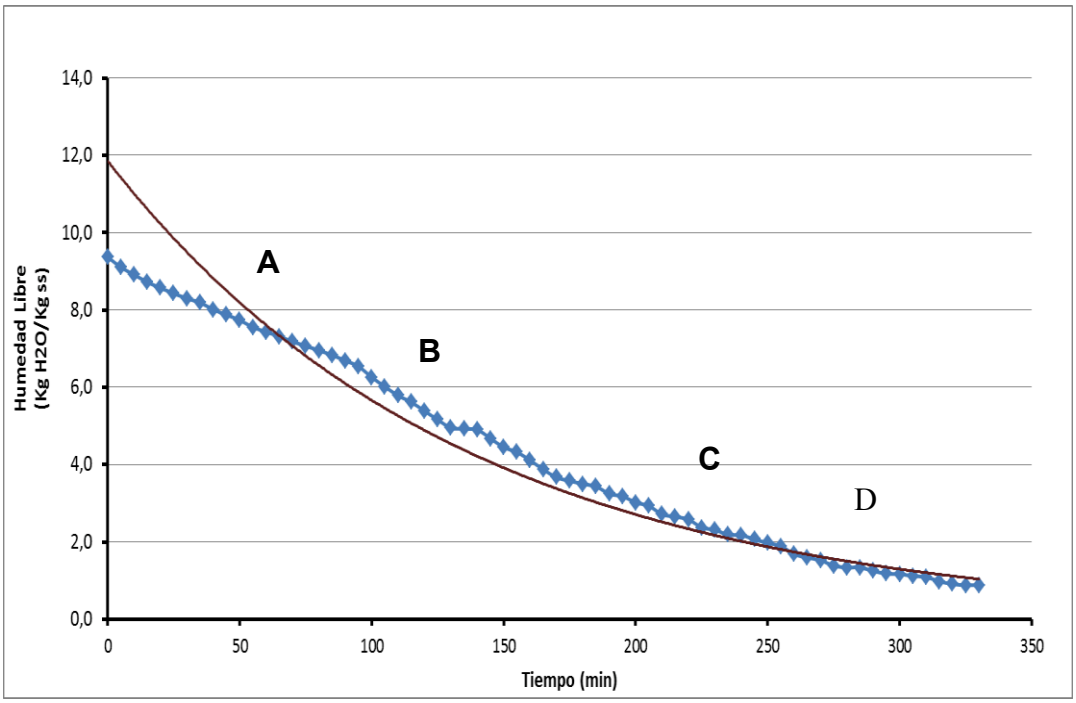
En el proceso de secado se colocó una fina capa de 0.3 mm de materia prima procesada en bandejas de aluminio para su respectivo secado. Los datos del peso, temperatura, velocidad de aire y humedad relativa fueron tomados en periodos de tiempo seguidos (cada 5 minutos). Una vez superado el descenso crítico del peso, se registran los parámetros antes mencionados a mayores intervalos de tiempo.

Con cada dato registrado se procederá a la elaboración de las curvas de secado y de velocidad de secado. En el Apéndice E se registra los valores del proceso de secado de la zanahoria amarilla.

2.4.1 Curvas de secado

En la gráfica 2.11 de humedad libre vs. Tiempo consta 4 puntos, donde: A: Contenido inicial de humedad libre, A-C: Velocidad constante, se elimina la mayor cantidad de humedad del producto, C-D: Período de velocidad decreciente

Figura 2.8: Humedad Libre vs. Tiempo.



Elaborado por: Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

Velocidad de Secado

Para calcular la Velocidad de secado se aplicaron las siguientes ecuaciones:

Cálculo del Peso de sólidos secos.

$$Ws = (W * \% S.S) / 100 \qquad \textit{Ec. 1}$$

Donde:

Ws: Peso de sólidos secos

W: masa inicial de la muestra

%S.S: porcentaje de sólidos secos en la muestra

Cálculo de humedad en base seca.

$$X_t = (W - W_s) / W_s \qquad \textit{Ec. 2}$$

Donde:

X_t = Humedad en base seca de la muestra.

W = Peso de la muestra.

Ws= Peso de sólidos secos.

Determinación la humedad libre.

$$X = X_t - X^* \qquad \textit{Ec. 3}$$

Donde:

X = Humedad Libre

X_t = Humedad en base seca de la muestra

X*= Humedad de equilibrio de la muestra

La humedad de equilibrio se la obtuvo usando la carta psicrométrica, entrando con temperatura y humedad relativa del ambiente, llegando hasta la temperatura del aire de secado, deesta manera obtuvimos la %HR en este punto (ver Apéndice F). Con este dato, se ingresa a la gráfica de la isoterma por el lado de Aw, y se determina la humedad de equilibrio (Ver Apéndice G).

Determinación de la velocidad de secado

$$Rc = -(W_s / A)(\Delta x / \Delta t) \qquad \textit{Ec. 4}$$

Donde:

Rc = Velocidad de secado

W_s = Peso de sólidos secos

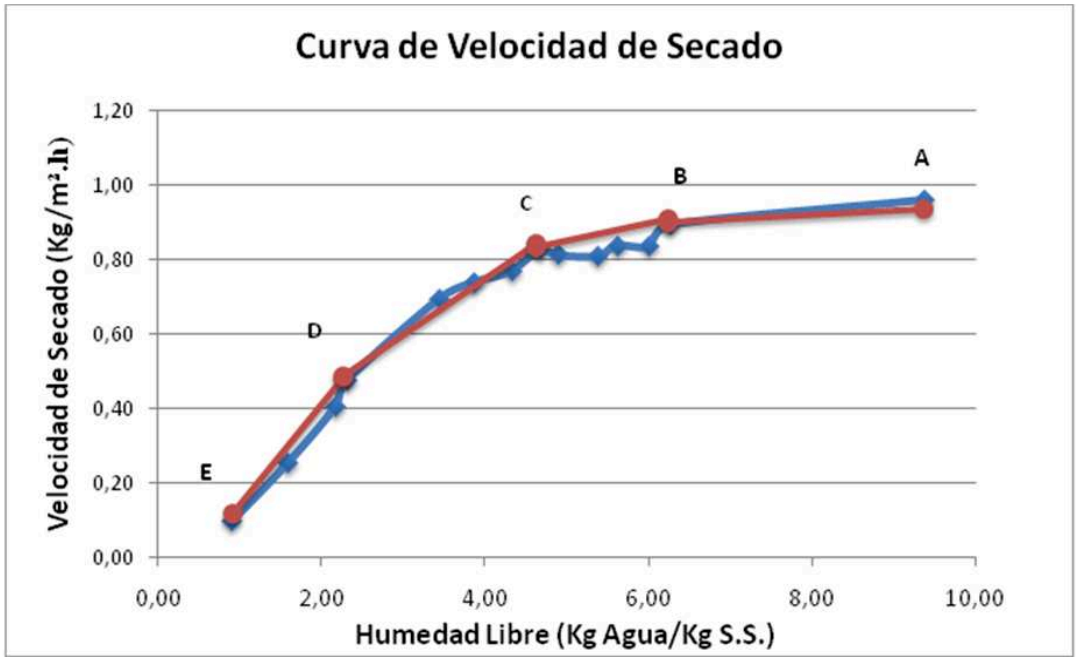
A= Área superficial de la muestra

Δ x = Diferencial de humedad libre media

Δ t = Diferencial de intervalos de tiempo

Con estos resultados se procede a graficar las curvas de secado, la cual se muestra en la Figura 2.9. En el Apéndice H se muestran la Curva de Secado con todos los valores.

Figura 2.9: Curva de Secado



Elaborado por: Karla Aragundi y Byron Plúa. 2011

En la curva de secado en el intervalo A-B indica la extracción de la humedad libre en el producto. En los puntos B–C se observa el período de velocidad constante, la humedad se mantiene entre el rango de 0,8956 y 0,8287 Kg de agua/Kg s.s a partir de esta punto se da inicio al periodo de velocidad decreciente y por lo tanto la Humedad Crítica del producto. En el período D - E se observa un segundo descenso, el cual es conocido como segundo período decreciente hasta llegar a una Humedad de equilibrio.

2.5 Caracterización de la harina

La harina de Zanahoria Amarilla (Daucus carota), tiene una coloración anaranjada, como se puede apreciar en la figura, de la gama de colores pantone 463U.

Figura 2.10: Color 413 U Pantone de la Zanahoria Amarilla

En la tabla 8 se muestra los ensayos físico – químicos realizados a la harina obtenida de la Zanahoria Amarilla.

Tabla 8: Ensayos físico- químicos de la harina de Zanahoria Amarilla

ANALISIS	RESULTADO
pH	5,28 +/- 0,041
Humedad	6,29 +/- 0,90 %
Humedad Final	6,06 +/- 0,82 %
Actividad de agua (25°C)	0,34 +/- 0,038
Ceniza	7,62 +/- 0,17 %
Grasa	0,71 +/- 0,0057 %
Proteína	10,73 +/- 0,45 %
Carbohidrato	45,79 +/- 0,71 %
Vitaminas y minerales	28,86 %

Elaborado por: Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

Granulometría

La granulometría es un parámetro crítico para las harinas y polvos. Se utilizaron las mallas N° 50, 70, 100, 140 y 200. El tamizado se realizó por 5 minutos, al final se pesó cada tamiz determinando la cantidad de material retenido y el porcentaje de partículas que pasaron cada malla. Además constatamos que el 76,9% de la harina, pasó la malla número 70 ajustado a la norma NTE INEN 517 (ver Apéndice I).

En la tabla 9 se muestra el porcentaje de masa retenida y la malla utilizada.

Tabla 9: Granulometría - Masa retenida de Harina de la Zanahoria Amarilla.

Malla	Masa Retenida %
50	23,29
70	23,43
100	14,19
140	17,74
200	7,90

Elaborado por Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.

En la tabla 10, se registran los resultados del análisis granulométrico realizado a la harina de zanahoria amarilla.

Tabla 10. Análisis granulométrico de harina de Zanahoria Amarilla.

Clase	Malla (N◦ Tamiz)	Masa Retenida (g)	▲Xi	Xi	Yi	Diámetro superior (mm)	Dpi (mm)	▲Xi/ Dpi	Diametro Reboux
1	50	34,8	0,231	1	0	0,300	0,255	3,922	
2	70	35	0,232	0,768	0,232	0,210	0,180	4,277	
3	100	21,2	0,141	0,627	0,373	0,149	0,127	4,938	
4	140	26,5	0,176	0,451	0,549	0,105	0,093	4,878	**0,06**
5	200	11,8	0,078	0,373	0,627	0,080		-	
6	Fondo	21,4	0,142	0,231	0,769				
Total		150,7						18,015	

Elaborado por Karla Aragundi y Byron Plúa, 2011.