



Universidad Nacional

**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE  
SECADO RESPECTO A LA CINÉTICA Y  
ACEPTACIÓN EN LA DESHIDRATACIÓN DE LA  
PAPAYA (*Carica papaya*)**

Presentado por:

**CCOLCCA MITMA, FRANCISCA**

**Bachiller** del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **17 % de porcentaje de similitud** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

**APROBADO OBTUVO EL 17% (MENOR AL 20% REQUERIDO)**

Ica, 13 de diciembre de 2022

  
.....  
JUAN MARINO ALVA FAJARDO  
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION  
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE  
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE ALIMENTOS



**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DE SECADO RESPECTO A LA CINÉTICA Y ACEPTACIÓN EN LA DESHIDRATACIÓN DE LA PAPAYA (*Carica papaya*)**

**INVESTIGACION MONOGRAFICA PARA OBTENER EL TITULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO DE ALIMENTOS POR LA  
MODALIDAD DE EXAMEN DE SUFICIENCIA ACADEMICA**

AREA DE INVESTIGACION

AUTOR:

BACH COLCCA MITMA FRANCISCA

PISCO – PERU

2022

## SUMARIO

	<b>Pag</b>
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>4</b>
<b>II OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
<b>III MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Características de la papaya</b>	<b>6</b>
<b>3.1.1 Clasificación taxonómica</b>	<b>6</b>
<b>3.1.2. Tipos de papaya</b>	<b>7</b>
<b>3.1.3 Composición química de la papaya</b>	<b>8</b>
<b>3.1.4 Beneficios del consumo de la papaya</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Deshidratación de productos alimenticios</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1 Periodo de velocidad constante</b>	<b>11</b>
<b>3.2.2 Periodo de velocidad decreciente</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Marco conceptual</b>	<b>12</b>
<b>3.3.1 Deshidratación de alimentos</b>	<b>12</b>
<b>3.3.2 Temperatura de bulbo seco</b>	<b>13</b>
<b>3.3.3 Temperatura de bulbo húmedo</b>	<b>13</b>
<b>3.3.4 Humedad relativa</b>	<b>13</b>
<b>IV DESARROLLO DEL TEMA</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Descripción del procesamiento de la papaya deshidratada</b>	<b>14</b>
<b>4.1.1 Recepción de la materia prima</b>	<b>14</b>
<b>4.1.2 Selección</b>	<b>14</b>
<b>4.1.3 Lavado y desinfección</b>	<b>14</b>
<b>4.1.4 Pelado , trozado</b>	<b>14</b>

<b>4.1.5</b>	<b>Secado</b>	<b>15</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Empaque</b>	<b>17</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Curva de secado y parámetros a la temperatura de 60 °C</b>	<b>18</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Datos experimentales del proceso de deshidratación de la papaya</b>	<b>18</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Curva de secado para la papaya a 60°C</b>	<b>19</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Cálculo de la velocidad de secado en el periodo constante</b>	<b>20</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Calculo de la difusividad aparente en el periodo decreciente</b>	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Análisis microbiológico</b>	<b>22</b>
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>23</b>
<b>VI</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>24</b>

## I INTRODUCCION

El Perú se caracteriza por tener múltiples matices climáticos, que lo convierten en uno de los países más diversos en el mundo. Esta variedad de ecosistemas permite producir una enorme variedad de productos en contraestación, creando oportunidades de desarrollo de productos agropecuarios con fines de exportación.

Sin embargo, muchos de los productos se pierden debido al bajo nivel de articulación entre los distintos factores productivos vinculados a la agroindustria; ocasionando pérdidas debido a la falta de soporte tecnológico – logístico para su procesamiento y comercialización.

Por otra parte, una de las causas de pérdida y deterioro de productos es la cantidad de agua libre presente en los alimentos. A expensas de este elemento vital, muchos microorganismos proliferan, los enzimas catalizan reacciones degradativas que aceleran el deterioro o podredumbre; causando un gran problema a la industria de los alimentos. (Carlos Alberto Suca Apaza).

La deshidratación es una de las alternativas de solución al problema del deterioro. Así los productos secos ofrecen como ventaja el fácil manejo, transporte cómodo de un volumen reducido de producto, abaratando costos de transporte y almacenaje y facilitando los tratamientos posteriores.

La disminución de la actividad de agua a niveles que no promuevan crecimiento microbiano o reacciones degradativas es el requisito fundamental para evitar pérdidas postcosecha en alimentos.

## **II OBJETIVOS**

- Brindar información de los beneficios del consumo de papaya
- Describir el procesamiento de deshidratado de la papaya
- Brindar información de los parámetros del procesamiento del deshidratado de papaya

### III MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 3.1 Características de la papaya

La papaya es un frutal tropical, que posee sabor agradable, un alto valor nutritivo al ser una fuente excelente de vitamina C, alto contenido de fibra y folato, que es una vitamina B requerida para la producción de glóbulos rojos normales, además de ser un gran auxiliar para la digestión, la papaya roja es rica en vitamina A. ([www.portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs](http://www.portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs))

Es una baya ovoide-oblonga, casi cilíndrica, grande, carnosas, jugosa y ranurada longitudinalmente en su parte superior.

De 10-25 centímetros de largo y 7-15 o más de diámetro, su peso ronda los 500-1000 gramos, llegando algunos ejemplares a pesar más de 5 kilogramos. En África, existen variedades enanas de unos 300-400 gramos de peso.

Presenta una piel fina y de color verde amarillento, amarillo o anaranjado cuando madura. Algunas variedades siguen siendo verdes cuando ya están maduras, aunque por lo general la piel amarillea con la maduración. La pulpa es roja anaranjada o rojiza, con un tono más o menos intenso.

([www.buenastareas.com/ensayos](http://www.buenastareas.com/ensayos))

### 3.1.1 Clasificación taxonómica

División	:	Spermatophyta
Subdivision	:	Magnoliophytina
Clase	:	Magnoliatae
Orden	:	Violales
Familia	:	Caricaceae
Género	:	<b><i>Carica</i></b>
Especie	:	<b><i>papaya</i></b>



Fig 1 La papaya

### 3.1.2 Tipos de papaya

De acuerdo a su tamaño y a su forma se clasifica en dos tipos:

Tipo Hawaiano: Son las que más se exportan y consumen en todo el mundo. Tienen la forma de pera y un peso aproximado de medio kilogramo. Sus frutos tienen la carne claramente amarilla cuando están maduras. Crecen de árboles de bajo porte muy fáciles de cultivar. Presentan pepitas pequeñas.

Tipo mexicano: son más grandes y de forma más alargada, llegando a pesar más de cuatro kilogramos y hasta casi 40 cm de longitud. La carne,

además de amarilla, puede también ser rosa o naranja. Su sabor no es tan dulce como el tipo hawaiano. ([www.botanical-online.com](http://www.botanical-online.com))

### 3.1.3 Composición química de la papaya

La composición química de la papaya se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química de la Papaya

<b>Composición química correspondiente a 100 gramos de Papaya</b>	
Calorías (gramos)	36,10
Proteínas (gr)	0,50
Calcio (gr)	20
Hierro (miligramos)	0,40
Vitamina A (unidades internacionales)	110
Vitamina B1 (miligramos)	0,03
Vitamina B2 (miligramos)	0,04
Vitamina C (miligramos)	48

### 3.1.4 Beneficios del consumo de papaya

La papaya es muy apreciada por sus propiedades nutritivas y destaca por su alto contenido en vitamina C y vitamina A, calcio, magnesio y potasio.

Por ello, comer esta fruta aporta muchos beneficios:

- ✓ La papaya tiene un componente llamado papaína, una enzima que ayuda en el proceso de digestión.
- ✓ Al igual que el resto de las frutas ayuda a evitar estreñimiento por su contenido en agua y fibra.

- ✓ Ayuda a la diuresis por su contenido en agua y también antiácidamente pero no proviene el envejecimiento
- ✓ Al tener un alto contenido en vitamina C, mas que una naranja, ayuda a mantener las defensas del organismo.
- ✓ Gracias a su alto nivel de vitamina A colabora a mejorar la salud de la piel.

### **3.2 Deshidratación de productos alimentarios**

La deshidratación es un proceso en el cual se elimina la humedad de un producto alimentario para reforzar su estabilidad, transportabilidad, sabor y textura.

Si consideramos un producto alimenticio húmedo que tiene su superficie expuesta a una corriente de aire a una velocidad, temperatura, presión y humedad relativa especificadas y se puede obtener el peso del material y realizar una gráfica en función del tiempo, se encuentran dos pares diferenciadas dentro de ellas:

Una primera parte lineal

Otra parte curva, que se acerca asintóticamente a un contenido de humedad en equilibrio que depende de la temperatura y de la humedad relativa de la corriente de aire. (Lomas Esteban María)

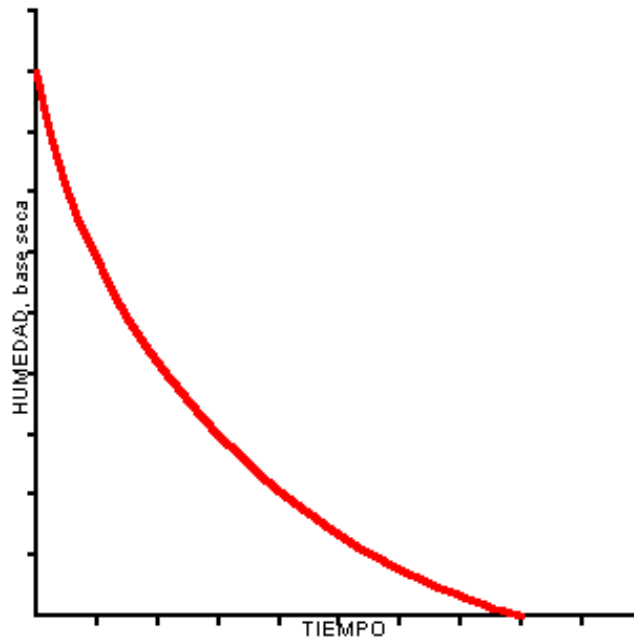
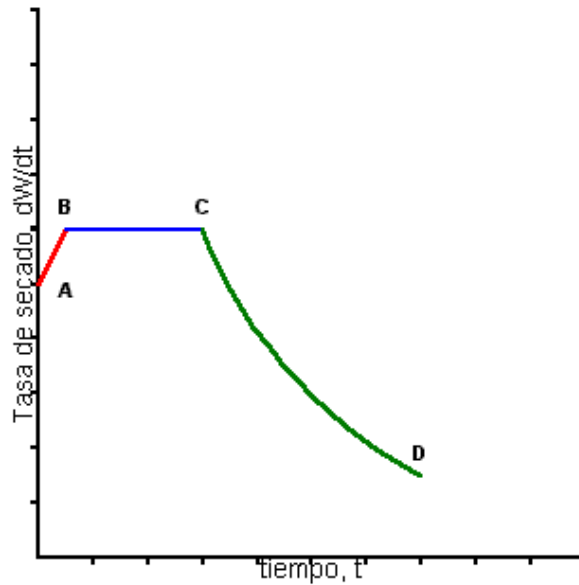


Fig.2. Curva de deshidratación. Contenido de humedad vs tiempo

La velocidad de eliminación de la humedad del alimento viene dada por la pendiente en cada uno de los puntos de la gráfica anterior. Y si ahora representamos la velocidad de deshidratación respecto al tiempo obtenemos otra curva con dos tramos:

- Una parte lineal de velocidad constante: a esta parte se le denomina periodo de velocidad constante.
- Otra parte curva descendente, que se le denomina periodo de velocidad descendente. (Lomas Esteban María)



**Fig. 3 Curva de deshidratación velocidad de secado vs tiempo**

### 3.2.1 Periodo de velocidad constante

Durante este periodo, mientras la superficie se encuentre húmeda, la deshidratación sólo depende del estado del aire que rodea al alimento, especialmente de su velocidad, temperatura y contenido de humedad. Si las condiciones permanecen constantes, la velocidad de deshidratación permanecerá constante.

En la figura 3 el periodo de velocidad constante corresponde a la porción BC, que corresponde a un modelo lineal.

$$W = W_0 - B \cdot t \quad (1)$$

Donde:

$W$  = Contenido de humedad en cualquier tiempo

$W_0$  = Contenido de humedad inicial

$t$  = Tiempo

$B$  = pendiente de la curva que es igual a la velocidad constante

Derivando se obtiene

$$\frac{dW}{dt} = |-B| \quad (2)$$

### 3.2.2 Periodo de velocidad decreciente

Esta fase ocurre cuando se ha evaporado el agua de la superficie del producto y depende principalmente de la “velocidad de difusión” del agua desde las partes internas a las partes externas de éste. La velocidad de difusión depende del tipo de materia prima y de su espesor.

En este periodo, a medida que avanza la deshidratación se hace más difícil el paso del agua desde las partes internas, debido al engrosamiento de la parte exterior del producto dando como resultado un periodo de velocidad decreciente variable.

Cuando la difusión de los líquidos controla el periodo de velocidad decreciente se emplea la ecuación de Sherwood y Newman.

$$\frac{W - W_e}{W_o - W_e} = \frac{8}{\pi^2} \left[ e^{-D \cdot t \cdot \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2} + \frac{1}{9} \left[ e^{-9 \cdot D \cdot t \cdot \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2} \right] \dots \right] + \frac{1}{25} \left[ e^{-25 \cdot D \cdot t \cdot \left(\frac{\pi}{2 \cdot L}\right)^2} \right] + \dots \quad (3)$$

Donde:

D = Difusividad del líquido en metros cuadrados por hora

L = Mitad del espesor de la capa solida a través de la cual difunde le líquido.

### **3.3 Marco Conceptual**

#### **3.3.1 Deshidratación de alimentos**

Se entiende por deshidratación de alimentos la extracción deliberada del agua que contiene, operación que se lleva a cabo en la mayoría de los casos evaporando el agua por adición de su calor latente de evaporación. Por tanto, en la operación básica de secado intervienen dos factores importantes. Transferencia de calor, para suministrar el calor latente de evaporación necesario y el movimiento del agua o del vapor de agua a través del producto alimenticio y su separación del mismo.

#### **3.3.2 Temperatura de bulbo seco**

Temperatura de bulbo seco o temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco.

#### **3.3.3 Temperatura de bulbo húmedo.**

El **termómetro de bulbo húmedo** es un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua. Al proporcionarle una corriente de aire, el agua se evapora más o menos rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua

#### **3.3.4 Humedad relativa**

La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

## **IV DESARROLLO DEL TEMA**

### **4.1 Descripción del procesamiento de la papaya deshidratada**

#### **4.4.1 Recepción de la materia prima**

La papaya se recepción en la planta procesadora, donde se almacena a temperatura de 2 a 5 °C, para poder mantenerlo lo mas fresco posible y evitar cambios en su estructura y composición.

#### **4.4.2 Selección**

En esta etapa se evalúa el tamaño, grado de maduración, temperatura durante transporte, la selección se realiza desde tres puntos de vista:

- ✓ De acuerdo al tamaño (grande, mediano o pequeño)
- ✓ Madurez (verde, media madurez o pintón, maduro y pasado o sobremaduro)
- ✓ Aspecto (sano o alterado)

#### **4.1.3 Lavado y desinfección**

Consistió en la remoción de residuos indeseables presentes en la materia prima y un posterior enjuague con agua, con una concentración de 50 ppm de cloro durante 5 minutos.

#### 4.1.4 Pelado, Trozado

Se procedió a pelar la papaya y se eliminaron las semillas y se corto el fruto en cubos de aproximadamente 1 cm



Figura 4. Palado y corta en mitad de la papaya



Figura 5. Trozado en cubos de la papaya

#### 4.1.5 Secado

Previa pesada para determinar las curva de secado, la papaya se seca a una temperatura de 60°C durante 9 horas aproximadamente, en un secador con aire caliente.



Figura 6 pesado de la papaya en cubitos



Figura 7. Papaya deshidratada

#### 4.1.6 Empaque

Debe hacerse de preferencia en un empaque de celofán polietileno con sellado al vacío



Figura 8. Empaque del producto final

**4.1.7 Almacenamiento** Debe hacerse en lugares secos, con buena ventilación, sin exposición a la luz y sobre anaqueles.

## **4.2 Curva de secado y parámetro a la temperatura de 60°C**

### **4.2.1 Datos experimentales del proceso de deshidratación de la papaya a 60°C**

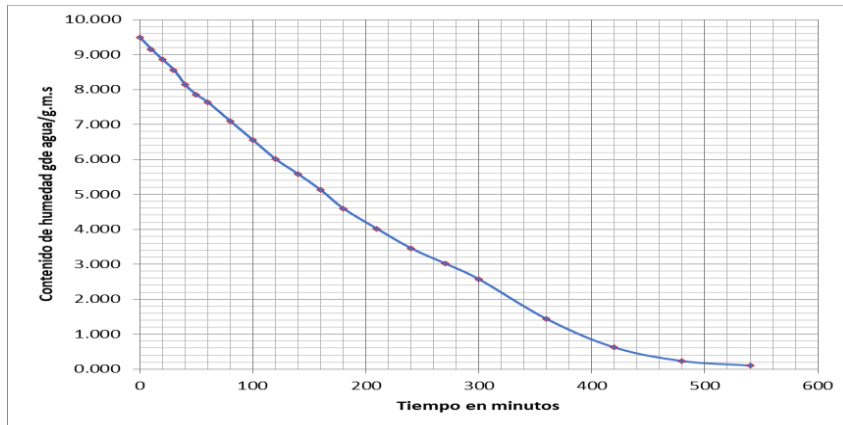
**A continuación se presentan los datos de secado para la papaya a 60°C , para una humedad inicial de 90.46% , peso inicial de 72.43 gramos**

Tabla 2 Datos experimentales del secado para la papaya, contenido de humedad y velocidad de secado

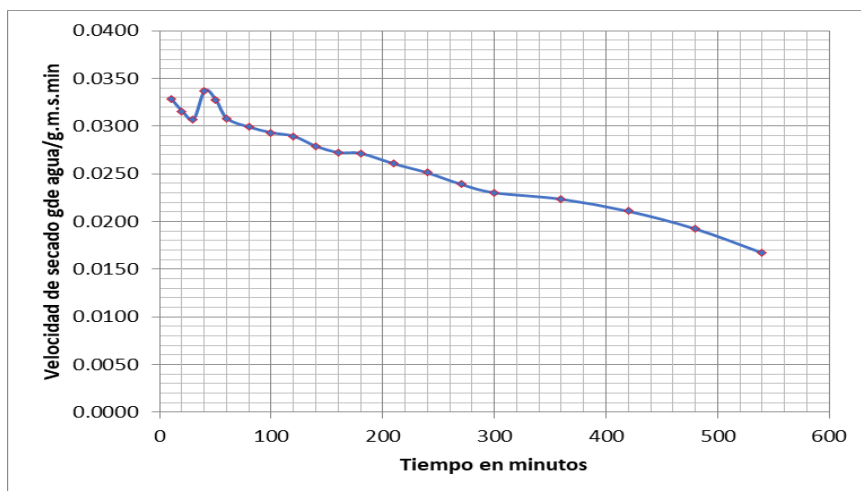
Tiempo	Peso muestra	Humedad muestra	Contenido de Humedad	Velocidad de secado
0	72.43	90.46	9.482	0.00000
10	70.16	90.15	9.154	0.03285
20	68.07	89.85	8.851	0.03155
30	66.06	89.54	8.560	0.03073
40	63.11	89.05	8.133	0.03372
50	61.12	88.69	7.845	0.03274
60	59.66	88.42	7.634	0.03080
80	55.9	87.64	7.090	0.02990
100	52.17	86.76	6.550	0.02932
120	48.43	85.73	6.009	0.02894
140	45.45	84.80	5.578	0.02789
160	42.31	83.67	5.123	0.02724
180	38.66	82.13	4.595	0.02715
210	34.62	80.04	4.010	0.02606
240	30.79	77.56	3.456	0.02511
270	27.81	75.15	3.025	0.02392
300	24.69	72.01	2.573	0.02303
360	16.82	58.92	1.434	0.02236
420	11.21	38.36	0.622	0.02109
480	8.55	19.18	0.237	0.01926
540	7.67	9.91	0.110	0.01675

#### 4.2.2 Curva de secado para la papaya a 60°C

A continuación, en la figura 9 se presenta la curva de secado contenido de humedad vs tiempo y velocidad de secado vs tiempo



**Figura 9** Curva de secado contenido de humedad (g de agua/g.m.s) vs tiempo para la papaya



**Figura 10.** Curva de secado, velocidad de secado vs tiempo

### 4.2.3 Calculo de la velocidad de secado en el periodo constante

$i := 0..10$

Tiempo1<sub>i</sub> := W1<sub>i</sub> :=

0	9.482
10	9.154
20	8.851
30	8.560
40	8.133
50	7.845
60	7.634
80	7.090
100	6.550
120	6.009
140	5.578

Analsis de regresion

$A := \text{intercept}(\text{Tiempo1}, W1)$      $A = 9.372$

$B := \text{slope}(\text{Tiempo1}, W1)$      $B = -0.028$

$r := \text{corr}(\text{Tiempo1}, W1)$      $r = -0.998$

$Wc := 5.578$     g de agua/ g.m.s    Contenido de humedad critica

$\frac{dW}{dt} = 0.028$     g de agua/g.m.s.min    velocidad de secado periodo constante

**Tiempo del periodo constante: 140 minutos**

#### 4.2.4 Calculo de la difusividad aparente en el periodo decreciente

$$\frac{W - W_e}{W_0 - W_e} = \frac{8}{\pi^2} \cdot e^{\left[ \frac{-\pi^2 \cdot D \cdot t}{(2 \cdot L)^2} \right]} \quad +$$

i := 0..8

Tiempo<sub>2i</sub> :=

W<sub>2i</sub> :=

0	5.578
20	5.123
40	4.595
70	4.010
110	3.456
140	3.025
170	2.573
230	1.434
290	0.622
350	0.237

Tomando logaritmos se obtiene la expresion de una linea recta

$W_e := 0.110$

$W_0 := 5.578$

$$y_i := \frac{W_{2i} - W_e}{W_0 - W_e}$$

$$y_{1i} := \ln(y_i)$$

**ANALISIS DE REGRESION**

$$A := \text{intercept}(\text{Tiempo2}, y1)$$

$$A = 0.176$$

$$B := \text{slope}(\text{Tiempo2}, y1)$$

$$B = -7.398 \times 10^{-3}$$

$$r := \text{corr}(\text{Tiempo2}, y1)$$

$$r = -0.958$$

$$B = -\pi^2 \cdot \frac{D}{(2 \cdot L)^2}$$

L = Mitad del espesor de la capa solida

$$L := 0.5 \quad \text{cm}$$

$$D := |B| \cdot \frac{(2L)^2}{\pi^2}$$

$$D = 7.495 \times 10^{-4} \quad \frac{\text{cm}^2}{\text{min}}$$

$$D := D \frac{\text{cm}^2}{\text{min}}$$

$$D = 1.249 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Difusividad aparente

**4.3. Análisis microbiológico**

A continuación, se presenta el análisis microbiológico realizado en BioLab

4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Método de Ensayo	Resultados
Aerobios mesófilos (UFC/g)*	ICMSF. Edit. Acribia 2000	60
Coliformes (NMP/g)	ICMSF. Edit. Acribia 2000	< 3
Coliformes fecales (NMP/g)	ICMSF. Edit. Acribia 2000	< 3
Mohos (UFC/g)*	CMME-APHA 4 Th edition. 2001	< 10
Levaduras (UFC/g)*	CMME-APHA 4 Th edition. 2001	< 10
<i>Salmonella sp</i> (en 25 g)	ISO 6579: 2002/Cor.1:2004 (E)	Ausencia

UFC/ g: Unidades formadoras de colonias por gramo, NMP/ g: Número más probable por gramo.  
 En las operaciones analíticas, < 10, < 3: son indicadores de ausencia de crecimiento.  
 \* Recuento estimado.

## V CONCLUSIONES

El tiempo de secado a 60°C fue de 540 minutos

La velocidad en el periodo constante fue de: 0.028 g de agua/g.m.s.min

El contenido de humedad crítico fue 5.578 g de agua/g.m.s

La difusividad aparente fue de  $1.249 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

El contenido de humedad de equilibrio fue: 0.110 g de agua/g.m.s

Del análisis microbiológico se puede concluir que es apto para consumo humano

**VI BIBLIOGRAFÍA**

- 1 Adams M.R y Moss M.O.(1997) Microbiología de los Alimentos  
Editorial Acribia España
- 2 Aguado José(1990)Ingeniería de la industria alimentaría  
volumen I,II,II Editorial Síntesis España
- 3 Badui Dergel Salvador(2006) Química de los Alimentos Ed  
Pearson
- 4 Cheftel, J.C y Cheftel, H (1976) Introducción a la Bioquímica y  
Tecnología de los Alimentos. Editorial Acribia España
- 5 Earle R.L. (1998) Ingeniería de los Alimentos Editorial Acribia
- 6 G.J. Geankoplis (1998) Procesos de transporte y operaciones  
unitarias editorial CESCA México
- 7 Gustavo V. Barbosa-Cánovas (2000) Deshidratación de  
Alimentos Editorial Acribia España
- 8 Lomas Esteban Maria(2002) Introducción al cálculo de los  
proceso tecnológicos de los alimentos Editorial Acribia España

## Páginas de internet

[www.unesco.org.uy/educacion/fileadmin/templates/educacion/archivos/GuiaSecaderosSolar.pdf](http://www.unesco.org.uy/educacion/fileadmin/templates/educacion/archivos/GuiaSecaderosSolar.pdf) (2013) Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes

[www.depa.pquim.unam.mx](http://www.depa.pquim.unam.mx) (2013) Distribución del agua en los alimentos.