



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>



CONSTANCIA DE REVISION DEL TRABAJO DE TESIS PARA TITULACION POR  
EL SISTEMA ANTIPLAGIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE  
ALIMENTOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

El encargado de la revisión del Trabajo de Tesis para Titulación de la Facultad de  
Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", hace  
constar que: El Trabajo de Tesis titulado:

**"DESHIDRATACIÓN DEL HIGO (*Ficus carica* L.) CON AIRE  
CALIENTE A DIFERENTES TEMPERATURAS"**

De la Bachiller: **QUISPE VILLANUEVA LUIGI ANTONIO**, pasó satisfactoriamente la  
revisión por el Sistema Anti Plagio, con un porcentaje de originalidad del 76.15% y una  
similitud del 23.85%

Se expide la presente, a solicitud del Interesado para los fines del caso.

Pisco, 20 de octubre del 2021

COMISION ANTIPLAGIO – FIPA

COMISION ANTIPLAGIO – FIPA

  
**JULIO HERNAN ARENAS VALER**  
COORDINADOR

  
**ANGEL PASCASIO RUIZ FIESTAS**  
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”  
FACULTAD INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**TESIS:**

**“DESHIDRATACIÓN DEL HIGO (*Ficus carica L.*) CON AIRE  
CALIENTE A DIFERENTES TEMPERATURAS”**

**Bach: QUISPE VILLANUEVA LUIGI ANTONIO**

**Para optar el título profesional de Ingeniero de Alimentos**

**ASESOR:**

**DRA. AVALOS SEGOVIA NELIDA LUCIA**

**PISCO - ICA**

**2019**

## INDICE

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
II MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	2
1.1 Antecedentes del problema la investigación	2
1.1.1 Antecedentes a nivel internacional	2
1.1.2 Antecedentes a nivel nacional	3
1.1.3 Antecedentes a nivel local	4
1.2 Bases teóricas de la investigación	5
1.2.1 Descripción general del higo	5
1.2.1.1 Clasificación taxonómica	7
1.2.1.2 Propiedades medicinales del higo	7
1.2.1.3 Composición química del higo	10
1.2.2 Deshidratación de alimentos	10
1.2.2.1 Periodos de secado	12
1.3 Marco conceptual	15
1.3.1 Contenido de humedad en equilibrio	15
1.3.2 Secado con aire caliente	16
1.3.3 Temperatura de bulbo seco	16

1.3.4	Humedad relativa	16
<b>CAPITULO II</b>		<b>17</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION</b>		<b>17</b>
2.1	Situación problemática	17
2.2	Formulación del problema	18
2.2.1	Problema general	18
2.2.2	Problemas específicos	18
2.3	Delimitación del problema	18
2.4	Justificación e importancia de la investigación	19
2.4.1	Justificación	19
2.4.2	Importancia	19
2.5	Objetivos de la investigación	20
2.5.1	Objetivo general	20
2.5.2	Objetivos específicos	20
2.6	Hipótesis de la investigación	20
2.6.1	Hipótesis general	20
2.6.2	Hipótesis específicas	20
2.7	Variables de investigación	21
2.7.1	Identificación de variables	21

2.7.2	Operacionalización de variables	21
<b>CAPITULO III</b>		
<b>ESTRATEGIA METODOLÓGICA</b>		<b>23</b>
3.1	Tipo, nivel y diseño de investigación	23
3.1.1	Tipo de investigación	23
3.1.2	Nivel de investigación	23
3.1.3	Diseño de la investigación	23
3.2	Población y muestra	23
3.2.1	Población de estudio	24
3.2.2	Muestra de estudio	24
<b>CAPITULO IV</b>		<b>25</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		<b>25</b>
4.1	Materiales	25
4.2	Metodología para la elaboración del higo deshidratado	25
<b>CAPITULO V</b>		<b>28</b>
<b>RESULTADO Y DISCUSIÓN</b>		<b>28</b>
5.1	Resultados de la deshidratación del higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C.	28
5.1.1	Datos experimentales y gráficas para el higo deshidratado a 50 °C.	28
5.1.2	Datos experimentales y gráficas para el higo deshidratado	

a 60 °C.	31
5.1.3 Datos experimentales y gráficas para el higo deshidratado	
a 70 °C.	34
5.1.4 Curvas de deshidratación para el higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C.	37
5.1.5 Curva de velocidad de secado para el higo a las temperaturas de 50°C, 60° y 70°C	39
5.1.6 Parámetros de la deshidratación	41
5.1.7 Ecuaciones de los Modelos matemáticos de la deshidratación del higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C	43
<b>CAPITULO VI</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
<b>CAPITULO VII</b>	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>45</b>
<b>CAPITULO VIII</b>	
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>46</b>

## LISTADO DE FIGURAS

	Pag.
<i>Figura 1.</i> Higo fruta obtenida de la higuera	7
<i>Figura 2.</i> Curva de secado típica de materiales húmedos	13
<i>Figura 3.</i> Recepción y pesado del higo	26
<i>Figura 4.</i> Higo lavado cortado y colocado en las bandejas	26
<i>Figura 5.</i> Higo deshidratado empacado en bolsa de plástico ziploc	27
<i>Figura 6.</i> Grafica contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 50° C para el higo	30
<i>Figura 7.</i> Grafica velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 50° C para el higo.	31
<i>Figura 8.</i> Grafica contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 60° C para el higo	33
<i>Figura 9.</i> Grafica velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 60° C para el higo	34
<i>Figura 10.</i> Grafica contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 70° C para el higo.	36
<i>Figura 11.</i> Grafica velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 70° C para el higo	37
<i>Figura 12.</i> Curvas de secado para el higo a diferentes temperaturas	39
<i>Figura 13.</i> Velocidades de deshidratación para el higo 50 ° C, 60°C y 70°C	41

## LISTADO DE TABLAS

	Pag.
<b>Tabla 1</b> <i>Composición química del higo</i>	10
<b>Tabla 2</b> <i>Contenido de humedad, porcentaje de humedad y velocidad de secado para el higo deshidratado a 50°C y humedad relativa de 38%</i>	29
<b>Tabla 3</b> <i>Contenido de humedad, porcentaje de humedad y velocidad de secado para el higo deshidratado a 60°C y una humeade relativa de 32 %</i>	32
<b>Tabla 4</b> <i>Contenido de humedad, porcentaje de humedad y velocidad de secado para el higo deshidratado a 70°C y una humedad relativa de 28%</i>	35
<b>Tabla 5</b> <i>Contenido de humedad a diferentes temperaturas</i>	38
<b>Tabla 6</b> <i>Velocidad de secado a diferentes temperaturas (50°C, 60°C y 70°C )</i>	40
<b>Tabla 7</b> <i>Parámetros de secado</i>	42
<b>Tabla 8</b> <i>Ecuaciones de la deshidratación del higo en el periodo constante y decreciente.</i>	43

## RESUMEN

La realización de la presente tesis tuvo como objetivo general determinar el efecto de las temperaturas de proceso en la cinética de deshidratación con aire caliente para el higo. Para realizar la parte experimental se utilizaron higos provenientes de la ciudad de Chincha, el secado se realizó en un deshidratador de alimentos marca BLANIK. Para obtener el producto final se siguió el siguiente flujo: recepción de la materia prima, Lavado, Cortado, Secado a 50 °C, 60 °C y 70° C , Empacado y Almacenamiento. En este estudio se llegaron a las siguientes conclusiones: Los contenidos de humedad de equilibrio final para el proceso a 50 °C fue de 0,192 g de agua/ g.m.s, para 60 °C 0,167 g de agua/g.m.s, para 70° C 0,132 g de agua/ g.m.s, a mayor temperatura de proceso se obtiene menor contenido de humedad. Los tiempos de proceso fueron : Para 50 °C fue de 1080 minutos, para 60 °C 960 minutos, para 70 °C. a mayor temperatura de proceso menor tiempo. Las difusividades en el periodo decreciente fueron : para el proceso a 50 °C fue de  $2,47 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$ , para 60 °C  $2,833 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$  y para 70 °C  $2.859 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$ , a mayor temperatura de proceso menor difusividad. Del análisis microbiológico se concluye que el higo deshidratado es apto para consumo humano.

Palabra clave : deshidratado, contenido de humedad de equilibrio difusividad

## SUMMARY

This thesis "Influence of the dehydration parameters of the fig (*Ficus carica* L.) in the kinetics of drying with hot air at the process temperatures of 40 ° C, 50 ° C and 60 ° C has as its general objective to determine the effect of the process temperatures in the dehydration kinetics with hot air for the fig

The main conclusions were:

The final equilibrium moisture contents for the process at 50 ° C was 0.192 g water / grams of dry mass, for 60 ° C 0.167 g water / grams of dry mass, for 70 ° C 0.132 g water / grams of dry mass, the higher the process temperature the lower moisture content. The process times were: For 50 ° C it was 1080 minutes, for 60 ° C 960 minutes, for 70 ° C. to maypr process temperature less time. The diffusivities in the decreasing period were: for the process at 50 ° C it was  $2.47 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ , for 60 ° C  $2,833 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{ s}$  and for 70 ° C  $2.859 \times 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{ s}$ , at higher process temperature less diffusivity

Keyword: dehydrated, moisture content of equilibrium diffusivity

## INTRODUCCIÓN

La higuera está considerada como una de las primeras especies frutales cultivadas en el mundo, siendo especialmente característica de toda la zona mediterránea. Su origen fue establecido en Asia Central, Persia y Siria. Actualmente, crece de forma salvaje o cultivada en la mayor parte de países mediterráneos, Su rápida diseminación se debe principalmente a su simplicidad de propagación, la cual se puede conseguir simplemente a través de estaquillas leñosas semillas. La higuera tolera bien tanto las altas como las bajas temperaturas, además es poco exigente en cuanto a suelos se refiere, si bien en el caso de cultivos con fines comerciales se requiere unas condiciones climáticas más restringidas, optando por un clima cálido y seco. Villalobos (2015)

El Perú es un gran productor de Higo. Esta fruta de color morado intenso y que es perfecta para la mazamorra, tiene el poder de ayudarnos a regular nuestro sistema digestivo gracias a su poder laxante. Es ideal consumirlo seco, así se concentran todos sus nutrientes que nos ayudan a regular el tráfico intestinal. Aparte es un gran proveedor de fibra.

El agregado de valor de un producto se refiere al incremento en valor económico que adquiere el mismo al ser sujeto a una transformación durante su proceso productivo. La importancia de incentivar el agregado de valor de la producción no solo se basa en la mejora de los indicadores productivos sino también el grado de desarrollo que se genera en las comunidades. Por ese motivo, el agregado de valor en origen supone una vía de integración vertical, que sostiene a la familia rural en la actividad, asociada a sus pares para avanzar en los eslabones de mayor rentabilidad

## **CAPITULO I.**

### **MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL**

#### **1.1 Antecedentes del problema de investigación.**

##### **1.1.1 Antecedentes a nivel internacional.**

A nivel internacional tenemos el trabajo de investigación de Catraro(2014) “El cultivo de la higuera: Producción de higos y su deshidratación como método para el agregado de valor del producto”, donde se menciona que El cultivo de la higuera está adaptado a diferentes regiones y climas, pero su crecimiento es óptimo en zonas templadas. En Argentina, a excepción de las tres provincias del extremo sur, se puede cultivar en forma comercial en todo su territorio. Las principales zonas productoras se encuentran en el noroeste, en la región de Cuyo y en Buenos Aires. En la zona central de la provincia de Santa Fe su cultivo es relativamente reciente. A partir de los últimos 10 años se comenzaron a realizar pequeñas plantaciones debido a que se está convirtiendo en una alternativa complementaria a la producción hortícola y/o como nueva opción productiva para emprendedores. El mercado interno no está abastecido según su demanda de higos frescos, secos y otros subproductos. La misma podría ser cubierta por la producción local mediante la implementación de las tecnologías adecuadas tanto en el manejo del cultivo como en su posterior proceso de industrialización. La posibilidad de producir higos con el fin de ser industrializados permite contar con un mayor poder de negociación en el mercado y así también aumentar los

márgenes de ganancia. Si bien la producción de higos es rentable para los productores de la provincia de Santa Fe, esta presenta importantes inconvenientes en la poscosecha por ser altamente perecederos. El deshidratado de alimentos es uno de los métodos de conservación más antiguos conocidos. Este proceso conlleva una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos, consiguiéndose así disminuir los costos de transporte y almacenamiento de los mismos. La importancia de incentivar el agregado de valor de la producción regional no solo se basa en la mejora de indicadores productivos sino también el grado de desarrollo que se genera en las comunidades

### **1.1.2 Antecedentes a nivel nacional**

A nivel nacional tenemos la tesis de Morante (2017) “Evaluación de los parámetros adecuados en el deshidratado de aguaymanto (*Physalis peruviana Linnaeus*) para ser recubierto con chocolate” cuyo objetivo fue evaluar los parámetros adecuados para el deshidratado de aguaymanto (T1:55°C, T2:65°C y T3:75°C) con intervalos de tiempo de 30 minutos, velocidad constante de 3m/s, hasta conseguir el porcentaje máximo de humedad 18%, cuantificándose el contenido de vitamina A y C. Se caracterizó mediante análisis fisicoquímico y microbiológico, asimismo se realizó un análisis sensorial con recubrimiento de chocolate y sin el, mediante una escala hedónica de 5 puntos, valorándolo mediante la aplicación de un ANOVA y Prueba T-Student. El tratamiento óptimo de deshidratado, fue 65 °C con un tiempo de 12

h y humedad de 14,13%, Vit. A 300 $\mu$ g y Vit. C 47,3g. La caracterización para el aguaymanto fresco fue de: 14°Brix; pH 4,59; acidez total 1,79%; índice de madurez 7,8; humedad 78,54%; proteína 1,62g; grasa 0,28g; ceniza 1,05g; fibra 4,02g; carbohidratos 14,47g; azúcares reductores 5,96g y energía total 66,96Kcal. Para el aguaymanto deshidratado se obtuvo: 41,2°Brix; pH 4,41; acidez total 5,95%; humedad 14,13%; proteína 5,06g; grasa 1,45g; ceniza 4,14g; fibra 8,13g; carbohidratos 67,12g; azúcares reductores 28,12g y energía total 301,77Kcal.; y para el aguaymanto deshidratado recubierto con chocolate se tuvo: humedad 8.50%, proteína 7,02g; grasa 13,46g; ceniza 3,09g; fibra 7,18g; carbohidratos 60,76g; azúcares reductores 31,15g y energía total 392,13Kcal. El análisis microbiológico determinó un producto inocuo por cumplir los estándares microbiológicos. El aguaymanto deshidratado recubierto con chocolate fue la de mejor aceptabilidad. Se estudió la isoterma de sorción siendo el mejor modelo, el GAB, con coeficiente de determinación 0,99 y valor de monocapa de 6,11%. Se encontró cero mg de índice de peróxido por lo que el producto presenta duración de más de 3 meses.

### **1.1.3 Antecedentes a nivel local**

A nivel local tenemos la tesis de Arbizu y Samaniego (2017) “Influencia del diámetro de turión de esparrago (*Asparagus officinalis*) en la cinética de deshidratación con aire caliente a las temperaturas de proceso de 40°C, 50°C y 60°C” que tuvo como objetivo general: Determinar la influencia del diámetro del turión

de espárragos en la cinética de deshidratación con aire caliente a las temperaturas de proceso de 40°C, 50°C y 60°C . y como objetivos específicos: Determinar el tiempo y la velocidad de secado en la deshidratación con aire caliente a diferentes temperaturas (50°C, 60°C y 70°C) para cada espesor seleccionado y determinar la difusividad aparente a diferentes temperaturas (40°C,50°C y 60°C). La formulación del problema fue: ¿El diámetro de turión del espárrago influye en la cinética de la deshidratación con aire caliente a las temperaturas de proceso de 40°C, 50°C y 60°C ?. Las principales conclusiones de la tesis fueron: Los diámetros de los turiones del espárragos (0.75 cm, 1.00 cm y 1.50 cm) influyen en el tiempo de deshidratado, para la temperatura de 40 °C, el tiempo de secado aumento en función al aumento del diámetro, los mismo se apreció a las temperaturas de 50°C y 60°C. Las velocidades en el periodo constante a la temperatura de 40°C disminuyen en función al aumento del diámetro, lo mismo sucedió a las temperaturas de 50°C y 60°C. Las difusividades aparentes para la temperatura de 40°C se aprecia que estas disminuyen en fusión al aumento del diámetro, lo mismo se observa a las temperaturas de 50°C y 60°C..

## **1.2 Bases teóricas de la investigación.**

### **1.2.1 Descripción general del higo**

Su origen se remonta a siglos antes de Cristo e incluso fueron considerados como manjares en la época de la Grecia Clásica. Esta

fruta también fue el manjar predilecto de Platón, de hecho se le conoce como la fruta de los filósofos.

Galeno los aconsejaba a los atletas e Hipócrates los usaba para combatir los estados febriles. Por su parte, los bereberes los consideran un símbolo de fecundidad y resurrección. En la India el higo es árbol sagrado, Buda lo tiene en su famoso "balete", representando fuerza y vida, ejes del mundo donde viven los genios, representando el conocimiento adquirido tras la meditación. La bella Cleopatra no se escapa de la historia del higo, ya que ella fue envenenada por una serpiente aspid que llegó en un canasto con higos.

El higo o breva es un fruto completo, típicamente mediterráneos que durante siglos ha sido muy apreciado por diferentes culturas. Está compuesto por un 80% de agua y un 12% de azúcar.

La familia de este fruto consta de más de 1.500 especies de árboles y arbustos. La breva es el primer fruto que anualmente da la higuera, siendo el higo el fruto de la segunda cosecha del mismo árbol.

De este fruto se puede obtener abundante jugo, por lo que se utiliza en la cocina como un ingrediente exótico en salsas. Resulta un excelente acompañamiento para cualquier tipo de carne asada. Su combinación con el cerdo y el pato resulta perfecta. Como postre, se pueden tomar solo o en preparaciones más sofisticadas. EcuRed (2018)



**Figura 1.** Higo fruta obtenida de la higuera

#### **1.2.1.1 Clasificación taxonómica**

<b>Reino</b>	<b>: Plantae</b>
<b>Subreino</b>	<b>: Tracheobionta</b>
<b>Division</b>	<b>: Magnoliophyta</b>
<b>Clase</b>	<b>: magnoliopsida</b>
<b>Orden</b>	<b>: Rosales</b>
<b>Familia</b>	<b>: Moraceae</b>
<b>Tribu</b>	<b>: Ficeae</b>
<b>Genero</b>	<b>: Ficus</b>
<b>Subgenero</b>	<b>: <i>Ficus</i></b>
<b>Especie</b>	<b>: <i>Ficus carica</i></b>

#### **1.2.1.2 Propiedades medicinales del higo**

Riobo (2011), pone de manifiesto que los componentes del higo hacen de su consumo una de las dietas más ricas en vitaminas anti-

oxidantes, los mismos que conllevan una gran cantidad de beneficios; entre ellos se mencionan:

-Retrasan la aparición de catarata senil. - El efecto de los antioxidantes es muy beneficioso pues actúan sobre los radicales libres que producen el envejecimiento celular, en la aterosclerosis (endurecimiento de las arterias) y en la prevención del cáncer de colon y otros tipos de cánceres

- Reduce los niveles de glucosa y de colesterol debido al alto contenido de fibra.

- Las frutas son uno de los puntos clave de la dieta mediterránea, aportando principalmente carbohidratos, vitaminas y fibra. Se recomienda el consumo de al menos 5 raciones de frutas y hortalizas al día.

- Tienen un alto contenido de betacaroteno por lo cual ayuda a preservar la visión. Su vitamina C ayuda a fortalecer el sistema inmunológico formando una barrera contra los virus y bacterias.

- La ficina posee una actividad digestiva sobre las proteínas. Tiene un efecto pectoral y emoliente. - Sus hojas son antiinflamatorias y por vía externa tanto las hojas como los higos maduros en forma de cataplasmas contra las úlceras gastrointestinales.

- Los higos son beneficiosos contra las úlceras bucales, abscesos y gingivitis

Los higos son también un buen remedio contra muchos problemas respiratorios:

- Las personas con falta de calcio deberían considerar este fruto por ser muy rico en él, son muy útiles para las personas que se están recuperando de una fractura.
- La pulpa del higo puede ser una fantástica mascarilla contra las arrugas de la piel.
- Para aquellas personas que realizan esfuerzos físicos o para los niños, el fruto ofrece un gran aporte de azúcar.
- Además tienen muchos beneficios aprovechables para la salud, por lo que es aconsejable incluir los higos como parte de la dieta habitual, salvo prescripción médica a causa de su contenido de azúcar, como por ejemplo en el caso de las persona diabéticas que por supuesto no pueden consumir alimentos ricos en azúcar.
- Los higos actúan como emolientes debido a que es muy bien aceptado en sistema digestivo suavizando la mucosa del tracto gastrointestinal. Es la fibra uno de sus componentes principales, razón por la cual son consideradas frutas laxantes. La fibra tiene la capacidad de fijar sustancias (ácidos biliares, colesterol...), de modo que disminuye o retrasa su absorción. Esta propiedad importante para las personas que tienen elevado colesterol, ya que se forman geles viscosos entre la fibra soluble y el colesterol que es excretado en parte junto con las heces. La fibra soluble retiene agua, por lo que aumenta el volumen de las heces haciéndolas más fluidas y la fibra insoluble aumenta la velocidad de tránsito intestinal y con ello la evacuación de las heces. Este hecho hace de los higos y las brevas una buena herramienta para poder combatir

el estreñimiento. Además, la fibra realiza una función de protección frente al cáncer de colon, ya que impide o disminuye el tiempo de contacto de sustancias cancerígenas con la mucosa del intestino grueso. Revilla y Carpio (2017)

### 1.2.1.3 Composición química del higo

En la tabla 1 se presenta la composición química del higo

**Tabla 1**

***Composición química del higo***

Componente	porcentaje
Humedad	78
Proteínas	0.9
Grasa	0.1
Carbohidratos	18.2
Fibra	1.7
Cenizas	1.1

**Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos**

### 1.2.2 Deshidratación de alimentos

El deshidratado de alimentos es uno de los métodos de conservación más antiguos conocidos y consiste en la eliminación total o parcial del contenido de agua del material que la contiene. Este proceso conlleva una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos que se deshidratan, consiguiéndose así una importante reducción de los costos de transporte y almacenamiento de esos productos (Doymaz, 2004).

Aunque el contenido en humedad en un alimento puede ser un factor indicativo de su propensión al deterioro, también se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de

humedad pueden ser muy diferentes en su estabilidad por lo que este índice resulta insuficiente para indicar lo percedero de un alimento al no tener en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del mismo. Por esta razón, el primer objetivo de la operación de secado en cuanto a aumentar la estabilidad del producto se define en términos de depresión de la actividad agua y no en términos de disminución del contenido de humedad. La actividad acuosa ( $a_w$ ) mide la relación entre la presión de vapor de un alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. Este parámetro indica la humedad libre que en condiciones normales puede intercambiarse con el medio ambiente, por lo tanto permite determinar la capacidad de conservación los alimentos. Se ha demostrado que la  $a_w$  es un factor clave para el crecimiento de los microorganismos, la producción de toxinas y la resistencia al calor. En alimentos deshidratados, lo ideal es lograr y mantener una  $a_w$  por debajo de 0,6 para evitar el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias. Además la  $a_w$  juega un papel de suma importancia en la estabilidad química y la calidad de los alimentos. Por ello, ajustándola y eligiendo el envase adecuado puede alargarse la vida útil de un alimento sin necesidad de refrigeración durante el almacenamiento. A medida que se extrae la humedad del alimento, comienza a incrementarse la cantidad de energía necesaria para extraerla. Esto se debe a que el agua contenida dentro de los alimentos se encuentra ligada a las moléculas de los sólidos en mayor o menor

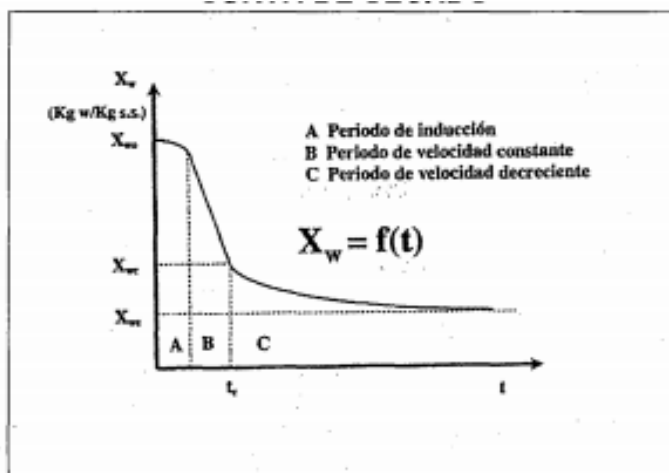
medida dependiendo de varios factores como el contenido de sólidos solubles totales, el contenido de fibra, entre otros. Otro aspecto de interés a considerar es el contenido de agua libre, siendo la misma la que se encuentra unida por fuerzas de capilaridad que posee alta capacidad solvente, es congelable y su retención depende del pH y de las sales presentes en la materia. El agua débilmente ligada, es una multicapa deshidratable, puede iniciar reacciones químicas como solvente. El agua ligada es la que se encuentra fuertemente unida a los solutos por lo tanto es difícil de eliminar, es una monocapa sin capacidad solvente y no es extraída de los alimentos durante el proceso de deshidratado. En los fenómenos de secado, la psicrometría es de gran importancia ya que se refiere a las propiedades de la mezcla de aire-vapor que controla la velocidad de secado. Cuando se proporciona un suministro adecuado de calor para el secado, la temperatura y la velocidad a la que se produce la vaporización del líquido dependerá de la concentración de vapor en la atmósfera circundante. Catraro (2014).

#### **1.2.2.1 Periodos de secado**

En una experiencia de secado por aire caliente manteniendo una temperatura y velocidad de aire de secado constante, si se mide la variación del contenido de humedad del producto en función al tiempo de secado. Si se representa estos valores en coordenadas cartesianas, se obtiene la "curva de secado" en ella se distinguen tres periodos:

- a) Periodo de inducción (de velocidad de secado creciente)
- b) Periodo de velocidad constante
- c) Periodo de velocidad de secado decreciente

La curva de secado es la evolución del contenido de humedad (base seca) del producto con el transcurso del tiempo. Gráficamente se representa como el contenido en humedad del material ( $X_w$ ) frente al tiempo transcurrido desde que se inicia la operación de secado ( $t$ ) Roca y Vidalon (2014)



**Figura 2. Curva de secado típica de materiales húmedos**

### **Periodo de velocidad de deshidratación 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. Puede suponerse que el aire forma 3 capas separadas. Una capa estacionaria muy fina se halla en contacto con la superficie del

alimento; por encima de la anterior se encuentra otra capa que se mueve lentamente, haciéndolo con mayor rapidez en sus zonas más externas, por las cuales se une a la corriente principal de aire turbulento. La capa estacionaria se halla saturada de vapor de agua, que pasa continuamente a la capa de aire que se mueve lentamente. La velocidad de deshidratación depende del grosor de esta capa y de la sequedad de la corriente principal de aire. Cuando aumenta la velocidad de aire, la capa interna de aire (que se mueve lentamente) disminuye de grosor y el vapor de agua pasa mucho más rápidamente a la corriente principal. Por tanto, cuando mayor sea la velocidad del aire que fluye sobre el alimento tanto más rápidamente se evaporará el agua.

$$y = A + B \cdot x$$

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

$$\frac{dW}{dt} = |-B|$$

### **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.

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

Dónde:

D = Difusividad del líquido en metros cuadrados por hora

L = Mitad del espesor de la capa sólida a través de la cual se difunde el líquido, en metros. Cuando la evaporación tiene lugar solamente desde una superficie,

L = Espesor total de la capa del sólido.

### 1.3 Marco Conceptual

#### 1.3.1 Contenido de humedad en equilibrio

Si se pone en contacto un alimento con aire de una humedad relativa y una temperatura dadas acaba por alcanzarse un equilibrio entre la presión de vapor del agua en el alimento y la presión parcial del vapor de agua en el aire. En estas condiciones, el alimento adquiere una determinada cantidad de agua, que se define como el contenido de humedad en equilibrio. Rodríguez (1999)

### **1.3.2 Secado con aire caliente**

Cuando un alimento se pone en contacto con aire de una temperatura y humedad dadas, este último proporciona el calor latente necesario para que el agua del producto pase a vapor. El vapor de agua abandona el alimento por difusión, a través de la película de aire en reposo que rodea la superficie del producto, hasta alcanzar la corriente de aire en movimiento que se encarga de arrastrarlo. Rodríguez (1999)

### **1.3.3 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. Lomas (2008).

### **1.3.4 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. Lomas M.(2008)

## **CAPITULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Situación problemática.**

Los higos, cuyo nombre científico es *Ficus carica L* , son una fruta típicamente mediterráneas que durante siglos ha sido muy apreciada por diferentes culturas.

Se pueden tomar frescos o secos y poseen propiedades nutritivas que los hacen indispensables en dietas de niños, deportistas y mujeres embarazadas.

Siempre se ha dicho que dan mucho juego en la cocina y pueden utilizarse como un ingrediente exótico en salsas. Resulta un excelente acompañamiento para cualquier tipo de carne asada o de caza. Su combinación con el cerdo y el pato resulta perfecta. Como postre, se pueden tomar solos o en preparaciones más sofisticadas.

El fruto fresco está compuesto por un 80% de agua y un 12% de azúcar. Una vez seco, estas proporciones varían fuertemente a menos de un 20% y más de un 48%, respectivamente. Sus características nutricionales se potencian una vez secos.

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.

## **2.2 Formulación del problema**

### **2.2.1 Problema general**

¿Los parámetros de la deshidratación del higo influyen en la cinética del secado con aire caliente?

### **2.2.2 Problemas específicos**

¿Cuál será la temperatura que se debe usar para obtener un producto que tenga aceptación sensorial?

¿Cuál será el contenido de humedad final para el higo deshidratado?

¿Cuál es el tiempo de proceso ideal para la deshidratación del higo?

¿Será posible que el análisis sensorial nos permita obtener higo deshidratado óptimo?

## **2.3 Delimitación del problema**

### **Delimitación espacial**

Esta investigación se realizó en el laboratorio de Ingeniería de alimentos de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de alimentos de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica.

### **Delimitación temporal**

La parte experimental se realizó de Febrero a Abril del 2018

### **Delimitación social**

Las personas que participarán en el análisis sensorial fueron de la región de Ica, sin hacer ninguna diferenciación de clase social

## **Delimitación conceptual**

Este proyecto analiza la influencia de los parámetros de secado en la cinética de secado del higo, los periodos constante y decreciente y la difusividad aparente

## **2.4 Justificación e importancia de la investigación**

### **2.4.1 Justificación**

El proyecto se justifica por la necesidad imperativa de buscar alternativas de industrialización del higo en diversas formas, de procesamiento, de manera que puedan almacenarse por periodos prolongados y que no requieren procedimientos costosos para su conservación.

### **2.4.2 Importancia**

La importancia del proyecto radica en que el trabajo está planteado para obtener los parámetros óptimos de la deshidratación con aire caliente que nos permitirá conocer los tiempos, las temperaturas y la humedad relativa del proceso de secado; y la humedad de conservación ideal

## **2.5 Objetivos de la investigación**

### **2.5.1 Objetivo general**

Determinación del efecto de las temperaturas de proceso en la cinética de deshidratación con aire caliente para el higo

## **2.5.2 Objetivos específicos**

- Determinación del contenido de humedad de equilibrio final
- Determinación del tiempo del proceso para cada temperatura
- Determinación de la difusividad efectiva del periodo decreciente
- Análisis microbiológico

## **2.6 Hipótesis de investigación**

### **2.6.1 Hipótesis general**

Las temperaturas y las humedades relativas de procesamiento influyen en la deshidratación con aire caliente para el higo

### **2.6.2 Hipótesis específicas**

- Las temperaturas y las humedades relativas influyen en el contenido de humedad de equilibrio final
- Las temperaturas de proceso influyen en la duración de la deshidratación
- Las temperaturas de proceso influyen en la duración del proceso de secado
- Las temperaturas de proceso influyen en la difusividad de la masa en el periodo constante

## **2.7 Variables de investigación**

### **2.7.1 Identificación de variables**

#### **Variable independiente**

X = Parámetros de procesamiento de la deshidratación del higo

#### **Variable dependiente**

Y = Cinética de la deshidratación con aire caliente

**Variable interviniente**

Disponibilidad de laboratorio

Disponibilidad de la materia prima

**2.7.2 Operacionalización de variables**

**Variables**

**Variable independiente**

X: Parámetros de procesamiento de la deshidratación del higo

**Dimensión**

XI: Temperatura de procesamiento

XII: Humedad relativa

**Indicadores**

XI<sub>1</sub> = 50 °C, 60 °C y 70 °C

XII<sub>1</sub> = Porcentaje

**Variable dependiente**

Y = Cinética de la deshidratación con aire caliente

**Dimensiones**

YI = Contenido de humedad de equilibrio

YII = Tiempo de secado

**Indicadores**

YI<sub>1</sub> = gramos de agua/ g.m.s.

YII<sub>1</sub> = minutos

## **CAPITULO III**

### **ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

#### **3.1 Tipo, nivel y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Por el tipo de investigación, la tesis reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, en razón, a que se utilizaron los conocimientos de la Ingeniería de alimentos , a fin de aplicarlas en la la deshidratación del higo

### **3.1.2 Nivel de la Investigación**

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio experimental, descriptivo y explicativo.

### **3.1.3 Diseño de la Investigación**

Para el diseño de la investigación empleamos el método experimental, la primera etapa de la investigación consistió en determinar los contenidos de humedad de equilibrio final para las temperaturas de proceso de 50 °C, 60 °C y 70 °C , en la segunda etapa mediante el análisis sensorial empleado escala hedónica de 7 puntos con 30 jueces consumidores, evaluado estadísticamente los resultados con un diseño en bloque completamente aleatorio, prueba puntual de Duncan y prueba de medias,

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población de estudio**

La población comprendió los higos que se cosechan en la ciudad de Chincha departamento de Ica

### **3.2.2 Muestra de estudio**

Para cada experimento se utilizó 3 kg de higo

## **CAPITULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1 Materiales**

##### **Materia prima**

- ✓ Higo

### Utensilios

- ✓ bandejas
- ✓ Cuchillo
- ✓ Tabla de picar

### Equipos

- ✓ Secador artificial BLANIK
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Termómetro

## 4.2 Metodología para la elaboración del higo deshidratado

### 1) Recepción de la materia prima

Esta operación consiste en verificar si el higo (*Ficus carica L.*), debe estar en buen estado y cumplir con los estándares de calidad.



**Figura 3.** Recepción y pesado del higo

### 2) Lavado

Esta operación permite eliminar presencia de tierra y otras suciedades que puede traer el fruto

### 3) **Cortado**

Esta operación consiste en realizar un corte longitudinal para facilitar la salida de agua.



*Figura 4.* Higo lavado cortado y colocado en las bandejas

### 4) **Secado**

Después del lavado y cortado se colocan en las bandejas se selecciona la temperatura del proceso (50 °C, 60 °C y 70 °C) y se controla el peso en intervalos de tiempo de 10, 20, 30 y 60 minutos.

### 5) **Empacado**

Cuando se alcanza el contenido de humedad de equilibrio se apaga el equipo y se envasan las muestras en bolsa plásticas que son selladas.



**Figura 5** Higo deshidratado empacado en bolsa de plástico ziploc

6) **Almacenamiento**

.Las bolsas que contienen el higo deshidratado son almacenados al medio ambiente en lugares frescos.

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Resultados de la deshidratación del higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C.

##### 5.1.1 Datos experimentales y gráficas para el higo deshidratado a 50°C.

En la tabla 2 se presentan los datos experimentales obtenidos de la prueba de deshidratación del higo a la temperatura de 50°C, el

tiempo se representa en minutos, el contenido de humedad en g de agua/g.m.s y velocidad de secado en g de agua/g.m.s.mi y en las figuras 6 y 7 los gráficos tiempo vs contenido de humedad y velocidad de secado vs tiempo.

**Tabla 2**

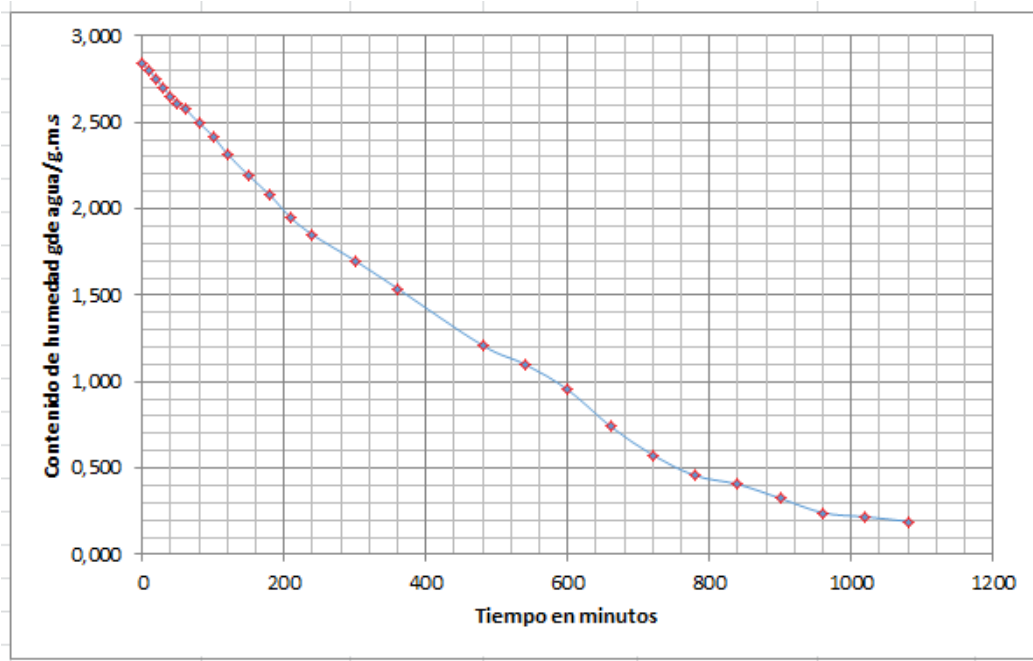
*Contenido de humedad, porcentaje de humedad y velocidad de secado para el higo deshidratado a 50°C y humedad relativa de 38%*

Tiempo (min)	Contenido de humedad (g de agua/g.m.s)	Velocidad de secado (g de agua/ g.m.s.min)
0	2,846	0
10	2,799	0,0047
20	2,749	0,0048

30	2,697	0,0050
40	2,655	0,0048
50	2,610	0,0047
60	2,580	0,0044
80	2,498	0,0044
100	2,419	0,0043
120	2,318	0,0044
150	2,193	0,0044
180	2,079	0,0043
210	1,947	0,0043
240	1,851	0,0041
300	1,700	0,0038
360	1,539	0,0036
480	1,210	0,0034
540	1,100	0,0032
600	0,954	0,0032
660	0,743	0,0032
720	0,575	0,0032
780	0,457	0,0031
840	0,407	0,0029
900	0,325	0,0028
960	0,242	0,0027
1020	0,218	0,0026
1080	0,192	0,0025

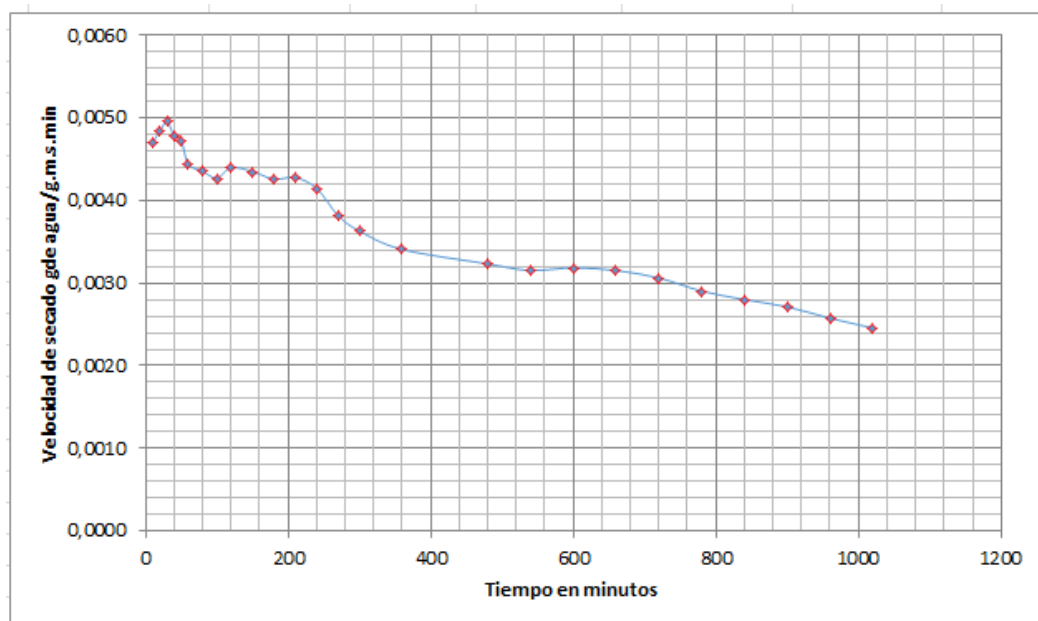
---

De la tabla 2 observamos que para una temperatura de procesamiento de 50 °C y una humedad relativa de 38% que el contenido de humedad inicial 2.846 disminuye con el tiempo de secado hasta el contenido de humedad de equilibrio que se produce en el minuto 1080 siendo el contenido de humedad de equilibrio 0.192 g de agua/ g.ms, de la misma manera la velocidad de secado disminuye con el tiempo



**Figura 6.** Grafica contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 50° C para el higo

En el gráfico de la figura 6 se puede observar que hasta el minuto 120 la curva es lineal por lo que el periodo constante tiene una duración de 120 minutos y el contenido de humedad crítica es 2.318 g de agua/g.m.s



**Figura 7.** Grafica velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 50° C para el higo.

De la figura 7 se observa que la velocidad promedio en el periodo constante es de 0.0043 g de agua/g.m.s.min

### 5.1.2 Datos experimentales y gráficas para el higo deshidratado a 60 °C.

En la tabla 3 se presentan los datos experimentales obtenidos de la prueba de deshidratación del higo a la temperatura de 60°C, el tiempo se representa en minutos, el contenido de humedad en g de agua/g.m.s y velocidad de secado en g de agua/g.m.s.mi y en las figuras 8 y 9, los gráficos tiempo vs contenido de humedad y velocidad de secado vs tiempo.

*Tabla 3*

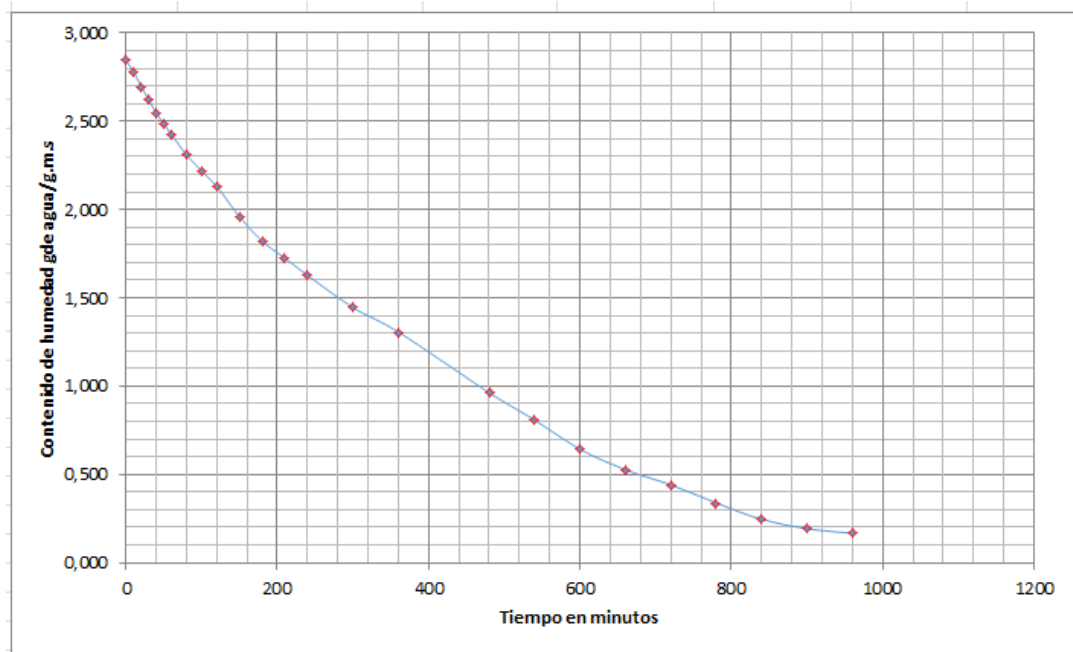
*Contenido de humedad, porcentaje de humedad y velocidad de secado para el higo deshidratado a 60°C y una humeada relativa de 32 %*

Tiempo (min)	Contenido de humedad g de agua/g.m.s	Velocidad de secado g de agua/ g.m.s.min
0	2,846	0
10	2,779	0,0067
20	2,698	0,0074
30	2,623	0,0074
40	2,546	0,0075

50	2,486	0,0072
60	2,425	0,0070
80	2,311	0,0067
100	2,217	0,0063
120	2,131	0,0060
150	1,960	0,0059
180	1,822	0,0057
210	1,725	0,0053
240	1,628	0,0051
300	1,445	0,0047
360	1,307	0,0043
480	0,963	0,0039
540	0,808	0,0038
600	0,643	0,0037
660	0,526	0,0035
720	0,441	0,0033
780	0,338	0,0032
840	0,246	0,0031
900	0,193	0,0029
960	0,167	0,0028

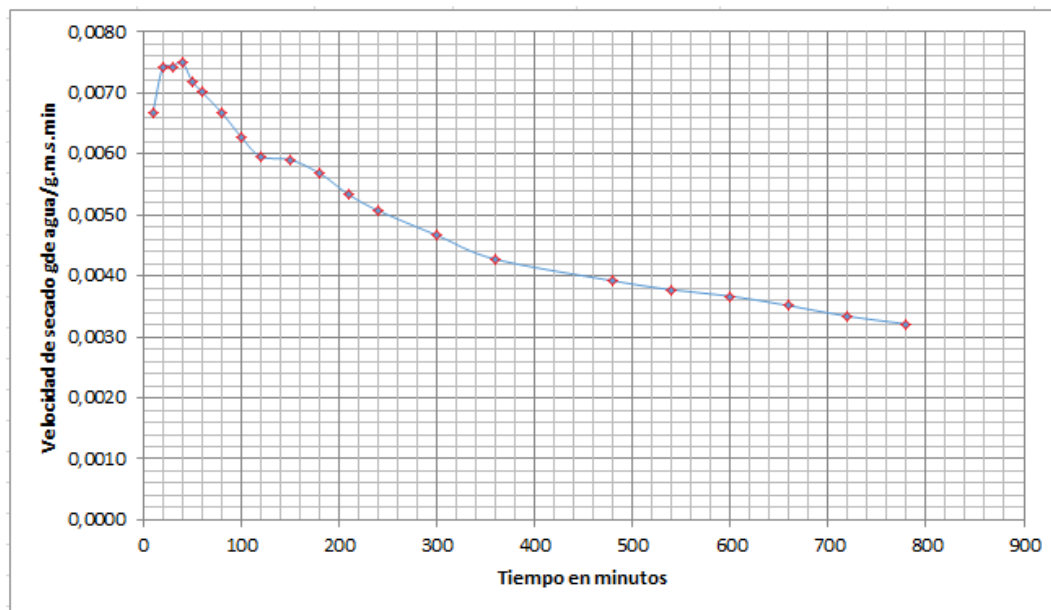
---

De la tabla 3 observamos que para una temperatura de procesamiento de 60 °C y una humedad relativa de 32% que el contenido de humedad inicial 2.846 disminuye con el tiempo de secado hasta el contenido de humedad de equilibrio que se produce en el minuto 960 siendo el contenido de humedad de equilibrio 0.167 g de agua/ g.ms, de la misma manera la velocidad de secado disminuye con el tiempo



**Figura 8.** Grafica contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 60° C para el higo

En el gráfico de la figura 8 se puede observar que hasta el minuto 80 la curva es lineal por lo que el periodo constante tiene una duración de 80 minutos y el contenido de humedad crítica es 2.311 g de agua/g.m.s



**Figura 9.** Grafica velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 60° C para el higo

De la figura 9 se observa que la velocidad promedio en el periodo constante es de 0.0068 g de agua/g.m.s.min.

### 5.1.3 Datos experimentales y gráficas para el higo deshidratado a 70 °C.

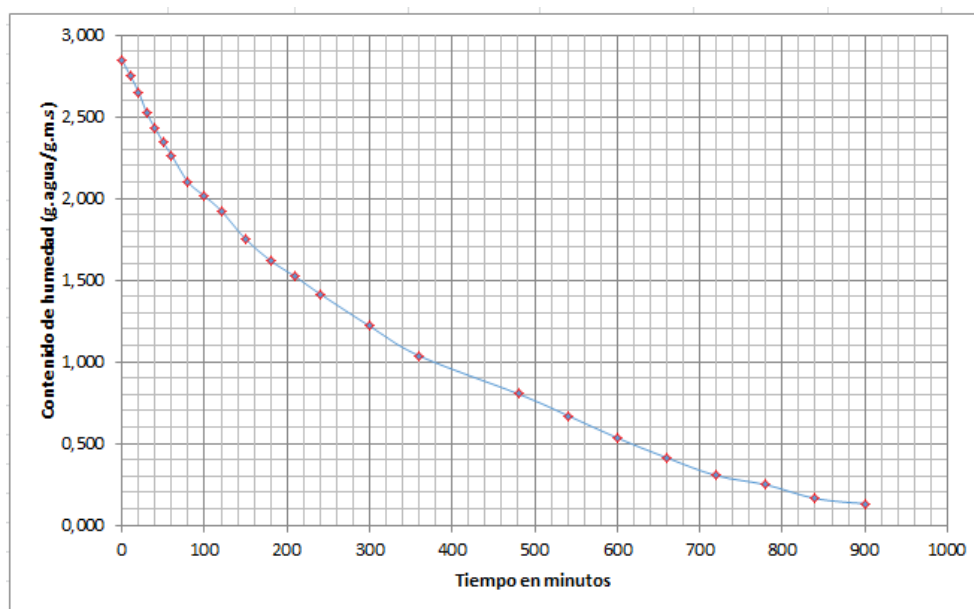
En la tabla 4 se presentan los datos experimentales obtenidos de la prueba de deshidratación del higo a la temperatura de 50°C, el tiempo se representa en minutos, el contenido de humedad en g de agua/g.m.s y velocidad de secado en g de agua/g.m.s.mi y en las figuras 10 y 12, los gráficos tiempo vs contenido de humedad y velocidad de secado vs tiempo.

**Tabla 4**

*Contenido de humedad, porcentaje de humedad y velocidad de secado para el higo deshidratado a 70°C y una humedad relativa de 28%*

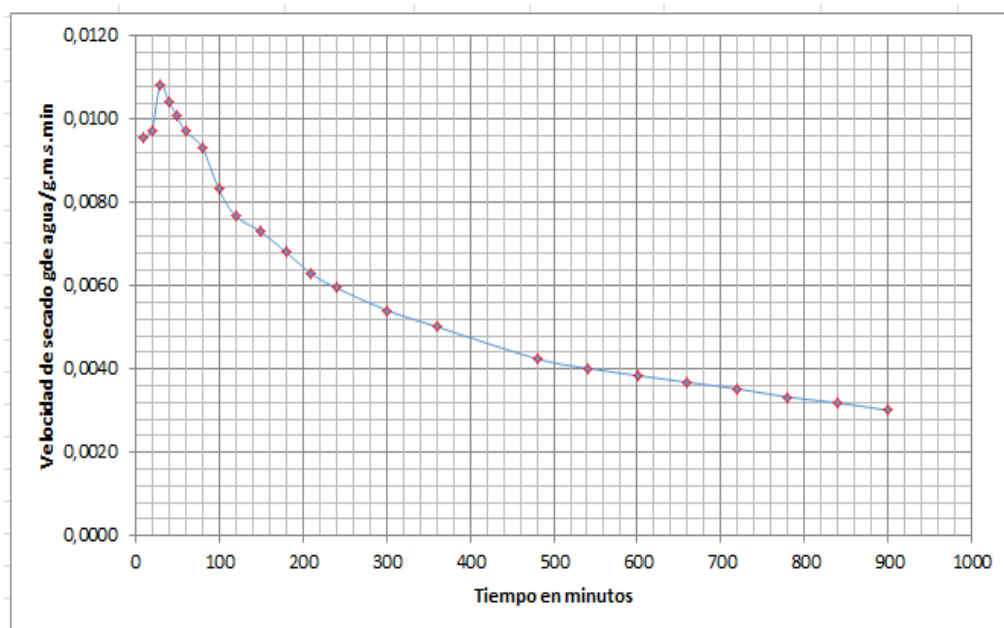
Tiempo (min)	Contenido de humedad g de agua/g.m.s	Velocidad de secado g de agua/ g.m.s.min
0	2,846	0
10	2,750	0,0096
20	2,651	0,0097
30	2,521	0,0108
40	2,428	0,0104
50	2,342	0,0101
60	2,263	0,0097
80	2,100	0,0093
100	2,013	0,0083
120	1,924	0,0077
150	1,749	0,0073
180	1,619	0,0068
210	1,521	0,0063
240	1,415	0,0060
300	1,219	0,0054
360	1,037	0,0050
480	0,804	0,0043
540	0,672	0,0040
600	0,535	0,0039
660	0,413	0,0037
720	0,304	0,0035
780	0,249	0,0033
840	0,164	0,0032
900	0,132	0,0030

De la tabla 4 observamos que para una temperatura de procesamiento de 70 °C y una humedad relativa de 28% que el contenido de humedad inicial 2.846 disminuye con el tiempo de secado hasta el contenido de humedad de equilibrio que se produce en el minuto 900 siendo el contenido de humedad de equilibrio 0.132 g de agua/ g.ms, de la misma manera la velocidad de secado disminuye con el tiempo



**Figura 10.** Grafica contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 70° C para el higo.

En el gráfico de la figura 10 se puede observar que hasta el minuto 60 la curva es lineal por lo que el periodo constante tiene una duración de 60 minutos y el contenido de humedad crítica es 2,236 g de agua/g.m.s



**Figura 11.** Grafica velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 70° C para el higo

De la figura 11 se observa que la velocidad promedio en el periodo constante es de 0.0100 g de agua/g.m.s.min.

#### **5.1.4 Curvas de deshidratación para el higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C.**

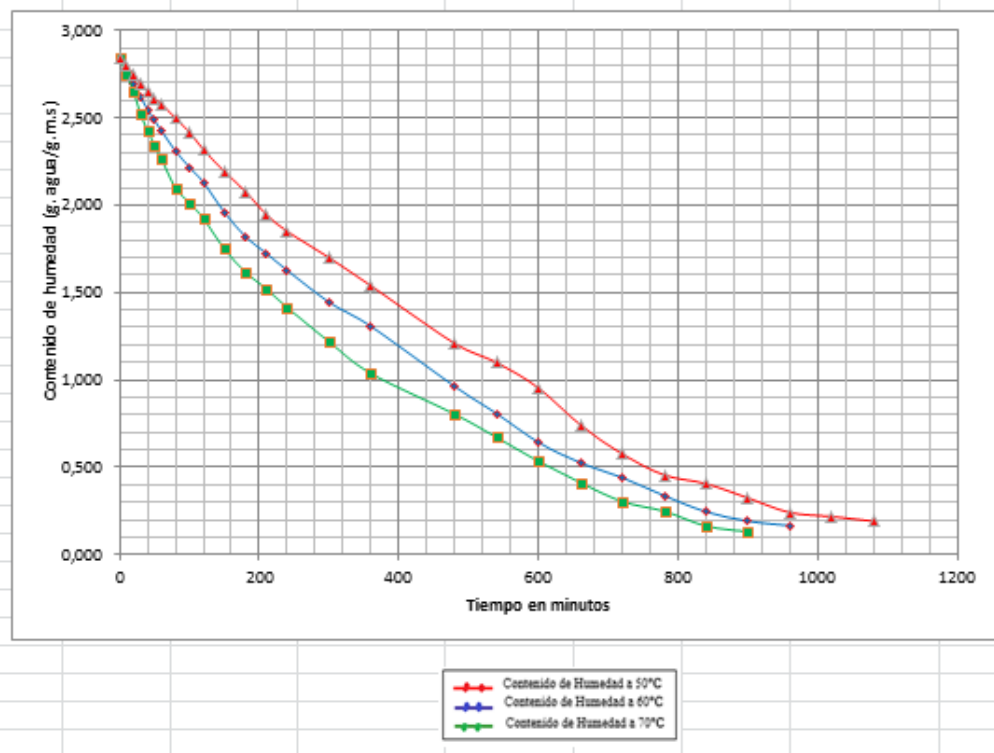
En la tabla 5 se presenta los contenidos de humedad (g de agua/ g. de masa seca) a diferentes intervalos de tiempo para las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C y en las figura 12 las gráficas del contenido de humedad vs tiempo para las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C

Tabla 5

Contenido de humedad a diferentes temperaturas

Tiempo (min)	Contenido de humedad g de agua/ g.m.s.		
	50 °C	60 °C	70 °C
0	2,846	2,846	2,846
10	2,799	2,779	2,750
20	2,749	2,698	2,651
30	2,697	2,623	2,521
40	2,655	2,546	2,428
50	2,610	2,486	2,342
60	2,580	2,425	2,263
80	2,498	2,311	2,100
100	2,419	2,217	2,013
120	2,318	2,131	1,924
150	2,193	1,960	1,749
180	2,079	1,822	1,619
210	1,947	1,725	1,521
240	1,851	1,628	1,415
300	1,700	1,445	1,219
360	1,539	1,307	1,037
480	1,210	0,963	0,804
540	1,100	0,808	0,672
600	0,954	0,643	0,535
660	0,743	0,526	0,413
720	0,575	0,441	0,304
780	0,457	0,338	0,249
840	0,407	0,246	0,164
900	0,325	0,193	0,132
960	0,242	0,167	
1020	0,218		
1080	0,192		

De la tabla 5 observados que cuando mayor es la temperatura los contenidos de humedad de equilibrio final son mas bajos.



**Figura 12** Curvas de secado para el higo a diferentes temperaturas

### 5.1.5 Curva de velocidad de secado para el higo a las temperaturas de 50°C, 60° y 70°C

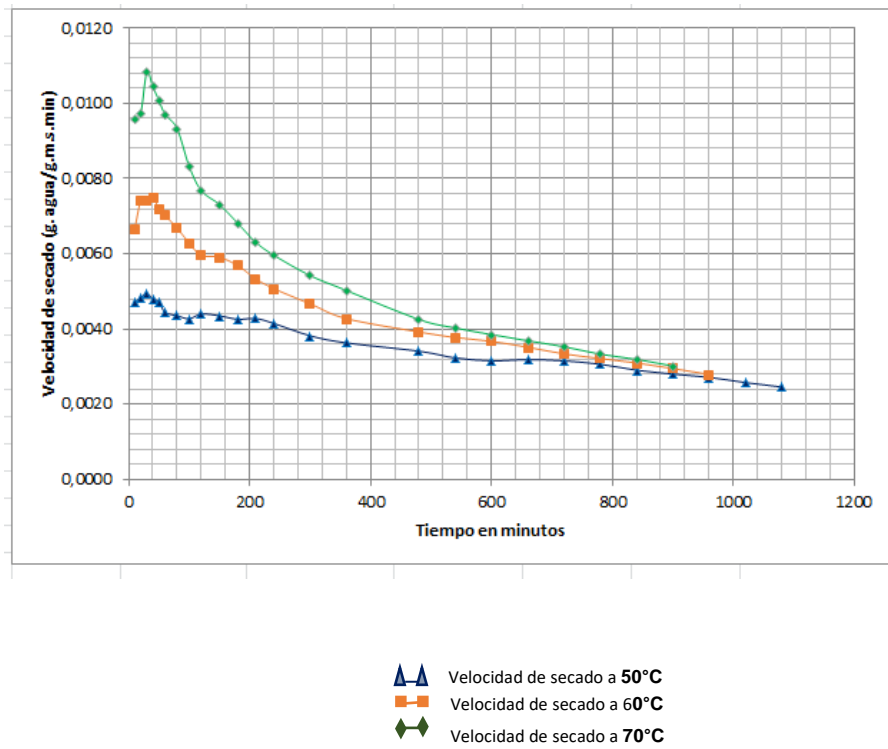
En la tabla 6 se presenta la velocidad de secado (g de agua/ g. de masa seca min) para las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C y en las fig 13 las gráficas de la velocidad vs tiempo para las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C

**Tabla 6**

*Velocidad de secado a diferentes temperaturas (50°C, 60°C y 70°C )*

Tiempo (min)	Velocidad de secado (g de agua/g.m.s.min)		
	50 °C	60 °C	70 °C
10	0,0047	0,0067	0,0096
20	0,0048	0,0074	0,0097
30	0,0050	0,0074	0,0108
40	0,0048	0,0075	0,0104
50	0,0047	0,0072	0,0101
60	0,0044	0,0070	0,0097
80	0,0044	0,0067	0,0093
100	0,0043	0,0063	0,0083
120	0,0044	0,0060	0,0077
150	0,0044	0,0059	0,0073
180	0,0043	0,0057	0,0068
210	0,0043	0,0053	0,0063
240	0,0041	0,0051	0,0060
300	0,0038	0,0047	0,0054
360	0,0036	0,0043	0,0050
480	0,0034	0,0039	0,0043
540	0,0032	0,0038	0,0040
600	0,0032	0,0037	0,0039
660	0,0032	0,0035	0,0037
720	0,0032	0,0033	0,0035
780	0,0031	0,0032	0,0033
840	0,0029	0,0031	0,0032
900	0,0028	0,0029	0,0030
960	0,0027	0,0028	
1020	0,0026		
1080	0,0025		

De la tabla 6 se observa que cuando se aumenta la temperatura las velocidades de secado son mas altas.



**Figura 13. Velocidades de deshidratación para el higo 50 ° C, 60°C y 70°C**

### 5.1.6 Parámetros de la deshidratación

En la tabla 7 se presentan los parámetros de la deshidratación para el higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C

**Tabla 7***Parámetros de secado.*

<i>Parámetro</i>	<i>Muestras de higo</i>		
	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>	<i>Muestra 3</i>
<i>Temperatura de bulbo seco</i>	<b>50°C</b>	<b>60°C</b>	<b>70°C</b>
Humedad relativa (%)	38%	32%	24%
Contenido de humedad inicial (g de agua/g.m.s)	2,846	2,486	2,486
Contenido de humedad crítica (g de agua/g.m.s)	2,318	2,311	2,263
Contenido de humedad de equilibrio (g de agua/g.m.s)	0,192	0,167	0,132
Velocidad constante (g de agua/g.m.s.min)	0,0043	0,0068	0,0100
Tiempo del periodo constante (min)	120	80	60
Tiempo total de secado en min.	1080	960	900
Difusividad del líquido en m <sup>2</sup> / s	2,474x10 <sup>-9</sup>	2,833x10 <sup>-9</sup>	2,859x10 <sup>-9</sup>

De la tabla 7 observamos que cuando se aumenta la temperatura la humedad relativa, el contenido de humedad crítico, el periodo constante y el tiempo total de secado disminuyen, y a su vez la velocidad de secado, y la difusividad aumentan.

### 5.1.7 Ecuaciones de los Modelos matemáticos de la deshidratación del higo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C

En la tabla 8 se presentan las ecuaciones obtenidas de los modelos matemáticos para los periodos constante y decreciente a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C.

**Tabla 8**

*Ecuaciones de la deshidratación del higo en el periodo constante y decreciente.*

Periodos	Ecuaciones para el proceso de secado del higo		
	50°C	60°C	70°C
Periodo constante	$W = 2,835 - 0,0043.t$	$W = 2,836 - 0,0068.t$	$W = 2,842 - 0,010.t$
Periodo decreciente	$\text{Ln}(X_{rs}) = 0,281 - 0,0037.t$	$\text{Ln}(X_{rs}) = 0,293 - 0,0043.t$	$\text{Ln}(X_{rs}) = 0,208 - 0,0042.t$

Donde :

$$X_{rs} = \frac{W - W_e}{W_o - W_e}$$

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

De la Investigación realizada se deducen las siguientes conclusiones

- 1 Los contenidos de humedad de equilibrio final para el proceso a 50 °C fue de 0,192 g de agua/ g.m.s, para 60 °C 0,167 g de agua/g.m.s, para 70° C 0,132 g de agua/ g.m.s, a mayor temperatura de proceso se obtiene menor contenido de humedad.
- 2 Los tiempos de proceso fueron : Para 50 °C fue de 1080 minutos, para 60 °C 960 minutos, para 70 °C. a mayor temperatura de proceso menor tiempo.
- 3 Las difusividades en el periodo decreciente fueron : para el proceso a 50 °C fue de  $2,47 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ , para 60 °C  $2,833 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$  y para 70 °C  $2.859 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$ , a mayor temperatura de proceso menor difusividad
- 4 Del análisis microbiológico se concluye que el higo deshidratado es apto para consumo humano.

## CAPITULO VII

## **RECOMENDACIONES**

Realizar trabajos de investigación con otros tipos de frutas

Que la facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos adquiera un secador con sistema automático de pesado con programas para obtener las curvas de secado.

Así mismo la adquisición de un equipo para determinar la Actividad de agua.

## CAPITULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adams, M. y Moss, M.(1997) *Microbiología de los Alimentos Editorial Acribia*
- Aguado, J.(1999) *Ingeniería de la industria alimentaría volumen I,II,II Editorial Síntesis*
- Arbizu, J y Samaniego R(2017) *Influencia del diámetro de turión de esparrago (Asparagus officinalis ) en la cinética de deshidratación con aire caliente a las temperaturas de proceso de 40°C, 50°C y 60°C Tesis Universidad nacional “San Luis Gonzaga” de Ica*
- Badui, S.(2006) *Química de los Alimentos Ed Pearson*
- Catraró, M (2014) *El Cultivo de la Higuera: Producción de higos y su deshidratación como método para el agregado de valor del producto Universidad Nacional del litoral SANTA FE ARGENTINA*
- Doymaz, I. 2004. “Sun drying of figs: an experimental study” *Department of Chemical Engineering, Yildiz Technical University, 34210 Esenler, Istanbul, Turkey. Journal of Food Engineering*
- Earle, R. (1998) *Ingeniería de los Alimentos Editorial Acribia*
- Frazier, W. (1993). *Microbiología de los alimentos Editorial Acribia*
- Fellowos P. (1994) *Tecnología de alimentos Editorial Acribia*
- Lomas, M. (2002) *Introducción al calculo de los procesos tecnológicos de los alimentos Editorial Acribia*
- Morante, A(2017) *Evaluación de los parámetros adecuados en el deshidratado de aguaymanto (Physalis peruviana Linnaeus) para ser recubierto con chocolate Universidad Nacional de Piura*

Revilla, LI y Carpio Karen (2017) *“Influencia de la temperatura, tiempo y ph en la formulación del licor de higo (Ficus carica L.) en base a pruebas sensoriales en la región de Arequipa”*. Universidad nacional de San Agustín de Arequipa

Sharma, K. (2006) *Ingeniería de Alimentos Editorial LIMUSA WILEY Mexico*

Villalobos, M (2015) *Estudio para la prolongación de la vida útil de variedades de higos y brevas interesantes para su consumo en fresco y estudio de técnicas alternativas para el secado de higos*. Tesis Universidad de Extremadura

.

.

## **ANEXOS**



BioSLab E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 108



## INFORME DE ENSAYO N° 3132 / 05 - 18

### 1. SOLICITANTE:

Nombre o razón social : Luigi Antonio Quispe Villanueva.  
Domicilio legal : Av. Argentina Nro. 247 Santa Rita, Chinchá Alta – Ica.

### 2. DATOS DE LA MUESTRA:

Muestra : Fruta deshidratada (Deshidratado de Higo).  
Identificación de la muestra : Procedencia: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.  
Punto de muestreo: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos – Pisco.  
Toma de muestra: 2018-02-10 Hora: 15:00  
Responsable de toma de muestra : Solicitante - Luigi Antonio Quispe Villanueva.  
Forma de presentación : 01 Bolsa de polietileno de primer uso.

### 3. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MUESTRA

Cantidad de muestra : 322,5 g  
Fecha de recepción : 2018-05-30  
Fecha de inicio del ensayo : 2018-05-31  
Fecha de término del ensayo : 2018-06-04

### 4. ENSAYOS Y RESULTADOS:

Ensayos Microbiológicos	Resultados
Aerobios mesófilos (UFC/ g)	< 10 est*.
Coliformes (NMP/ g)	< 3
Mohos (UFC/ g)	< 100 est.*
Levaduras (UFC/ g)	< 100 est.*
Humedad (%)	24.5

UFC/ g: Unidades formadoras de colonias por gramo, NMP/ g: Número más probable por gramo.  
\*Recuento estimado.

#### Método:

Recuento de aerobios mesófilos : ICMSF. Microorganismos de los alimentos 1. Su significado y métodos de enumeración. Método 1, Edit. Acribia 2000. 2da ed. 1983. Pág. 120 - 124. Enumeración de microorganismos aerobios mesófilos: métodos de recuento en placa. Método 1 (Recuento estándar en placa, recuento en placa por siembra en todo el medio o recuento en placa de microorganismos aerobios).  
Coliformes totales (NMP) : ICMSF. Microorganismos de los alimentos 1. Su significado y métodos de enumeración. Método 1, Edit. Acribia 2000. 2da ed. 1983. Pág. 132 - 134. Bacterias coliformes. Recuento de coliformes: Técnica del número más probable (NMP) Método 1 (Norteamericano).  
Recuento de Mohos : APHA. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Chapter 21 – 21.51, Fifth Edition. 2015. Pág. 278 – 279. Yeasts and Molds.  
Recuento de Levaduras : APHA. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Chapter 21 – 21.51, Fifth Edition. 2015. Pág. 278 – 279. Yeasts and Molds.  
Humedad : NTP 205.037 - 1975

Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

Calle Fermin Tanguis 150 Urb. San Miguel, Ica – Ica.  
© 51-56-603981, www.bioslab.com.pe  
bioslab@bioslab.com / contacto@bioslab.com.pe

Código : F06-GT  
Versión : 02  
Fecha : 2018-12-12  
Página : 1 de 2



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 108**



**BioSLab** E.I.R.L.

## INFORME DE ENSAYO N° 3132 / 05 - 18

### 5. OBSERVACIONES:

- Prohibida la reproducción total y parcial de este informe, sin la autorización de BioSLab E.I.R.L.
- Los resultados corresponden a las muestras analizadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- La adulteración o uso indebido del presente informe constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.

Fecha de emisión: Ica, 04 de junio del 2018



*Rosa B. Altamirano Diaz*  
**Dr. Rosa B. Altamirano Diaz**  
 GERENTE TECNICO  
 C.B.P. N° 5782

**Este documento al ser emitido sin el símbolo de la acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA**

Calle Fermin Tanguis 150 Urb. San Miguel, Ica - Ica.  
 © 51-56-603981, www.bioslab.com.pe  
 bioslabair@gmail.com / contacto@bioslab.com.pe

Código : F05-GT  
 Versión : 02  
 Fecha : 2016-12-12  
 Página : 2 de 2

Código : F07-GC  
 Fecha : 2018-01-11  
 Versión: 04

**SOLICITUD DE SERVICIO**  
**LABORATORIO DE SERVICIOS BIOLÓGICOS BioSLab E.I.R.L.**

REF. COTIZ.: 1828/05-18  
 SOLICITUD N°: 434

**DATOS SOLICITANTE**  
 Nombre o razón social: Luigi Antonio Quispe Villanueva  
 Domicilio legal: Av. Argentina Nro. 247 Santa Rita, Chinchá Alta - Ica  
 Teléfono/Celular: 937060602  
 RUC/DNI: 70299672  
 e-mail: luigi\_a\_kv\_e@hotmail.com

Código	Muestra	Identificación de la muestra		Toma de muestra		Forma presentación *	Cantidad muestra	Recepción muestra		Entrega
		Procedencia	Punto de muestreo	Fecha	Hora (h)			Responsable	Fecha	
3132/05-18	Fruta deshidratada (Deshidratado de Higo)	Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica	Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos - Pisco	2018-02-10	15:00	Solicitante - Luigi Antonio Quispe Villanueva	322.5 g	2018-05-30	16:45	Solicitante - Luigi Antonio Quispe Villanueva
ASPECTOS TÉCNICOS										

\*FV: Frasco de vidrio; PV: Placa de vidrio; FP: Frasco de plástico; BP: Bolsa de polietileno de primer uso; TV: Tubo de vidrio; Otros (1)

**RECEPCIÓN MUESTRAS**

Muestras recibidas intactas SI  NO   
 Tipo de recipiente adecuado SI  NO   
 Conservación: Congelado  Cadena de frío (2-8°C)

**Devolución de la muestra al solicitante:** SI  NO  Fecha aproximada: 06-20-18

**Conservación de muestras en el laboratorio:** Paso directo al laboratorio  Refrigeración

**OBSERVACIONES**

**NOTA:**  
 1) Sólo la información requerida en la presente solicitud, tal como sea indicada, será considerada en el Informe de ensayo.  
 2) El solicitante conoce y acepta las condiciones generales para la atención de los servicios de ensayos solicitados al laboratorio BioSlab E.I.R.L.  
 3) Los resultados que se obtengan de los ensayos corresponderán a las muestras proporcionadas y no deberán ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código : F07-GC  
 Fecha : 2018-01-11  
 Versión: 04

SOLICITUD DE SERVICIO 2018-05-30  
**LABORATORIO DE SERVICIOS BIOLÓGICOS BiosLab E.I.R.L.**



Código	AGUAS				ALIMENTOS				AMBIENTES									
	1. B. heterotróficas <sup>1</sup>	2. Coliformes totales <sup>1</sup>	3. Coliformes termotolerantes <sup>1</sup>	4. Escherichia coli <sup>1</sup>	5. Org. de vida libre <sup>2</sup>	6. pH <sup>2</sup>	7. Conductividad eléctrica <sup>2</sup>	8. Sólidos disueltos totales <sup>2</sup>	9. Aerobios mesófilos <sup>2</sup>	10. Coliformes <sup>2</sup>	11. Coliformes fecales <sup>2</sup>	12. Escherichia coli <sup>1</sup>	13. Staphylococcus aureus <sup>2</sup>	14. Salmonella spp. <sup>1</sup>	15. L. monocytogenes <sup>1</sup>	16. Mohos <sup>2</sup>	17. Levaduras <sup>2</sup>	18. Otros <sup>2</sup>
3.132/05-18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

<b>ENSAYOS SOLICITADOS</b>	<b>ICMSF:</b> Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos. International Organization for Standardization.	<b>BAM:</b> Bacteriological Analytical Manual
<b>1(A): Acreditado</b>	<b>ISO:</b> Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 2 (N.A.): No Acreditado	
<b>ENSAYOS Y MÉTODOS</b>		
1) Bacterias heterotróficas: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 9215B.		
2) Bacterias coliformes totales: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 9221 B.		
3) Bacterias coliformes termotolerantes: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 9221 E1.		
4) Escherichia coli: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 9221 G2.		
5) Organismos de vida libre: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 10200 F y Part 10200 G.		
6) pH: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 4500 - H*.		
7) Conductividad eléctrica: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 2510.		
8) Sólidos disueltos totales: SMEWW. 23rd ed., 2017, Part 2540.		
9) Aerobios mesófilos: ICMSF. 2ª ed., Edit. Acribia 2000. Método 1: Recuento estándar en placa.		
10) Coliformes: ICMSF. 2ª ed., Edit. Acribia 2000. Método 1: Recuento de coliformes. Técnica del número más probable (NMP).		
11) Coliformes fecales: ICMSF. 2ª ed., Edit. Acribia 2000. Determinación de organismos coliformes de origen fecal.		
12) Escherichia coli: ISO 7251:2005. Microbiología of food and animal feeding stuffs - horizontal method for the detection and enumeration of presumptive Escherichia coli - NMP.		
13) Staphylococcus aureus: ISO 6888-1: 1999/Amd.1:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) - Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium.		
14) Salmonella spp.: ISO 6579-1: 2017 (E). Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella - Part 1: Detection of Salmonella spp.		

FECHA: 2018-05-30

Solicitante: Luci Antonio Quispe Villanueva

Recepción: Luick Paravians

Firma: Luicy Antonia Quispe Villanueva

Firma: Luick Paravians

Calle Fermin Tangulis 150. Urb. San Miguel - Ica. 803981 bioslabair@gmail.com / contacto@bioslab.com.pe