

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES AROMÁTICAS  
DE LA ALBAHACA (*Ocimum basilicum*) POR MEDIO DE  
LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SECADO  
POR CONVECCIÓN Y ENVASE APROPIADO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

Elena, Agüero Pajuelo

Handwritten signature of Elena Agüero Pajuelo in blue ink.

Geraldine, Mendez Pando

Handwritten signature of Geraldine Mendez Pando in blue ink.

**Callao, 2021**

**PERÚ**

Handwritten signature in blue ink.

Handwritten signature in blue ink.

Handwritten signature in blue ink.



## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente tesis fue sustentada por las Bachilleres **AGÜERO PAJUELO ELENA y MENDEZ PANDO GERALDINE**, ante el jurado de sustentación de tesis para la obtención del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO** de la Facultad de Ingeniería Química, designado mediante Resolución de Consejo de Facultad N.º 139-2021-CFAIQ, con fecha 12 de agosto de 2021 conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional de Callo:

Ing. Luis Carrasco Venegas	PRESIDENTE
Ing. Julio César Calderón Cruz	SECRETARIO
Lic. Ana María Reyna Segura	VOCAL
Lic. Victoria Ysabel Rojas	SUPLENTE
Leonardo Rufino Carlos Pereyra	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N.º 1 de Tesis ciclo tesis Folio N.º79 y acta N.º78 de fecha **VEINTIÚN DE AGOSTO DE 2021** para optar el título profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de titulación de tesis con ciclo de tesis, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N.º 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N.º 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N.º 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N.º 085-2020-MINEDU, que aprueba las “Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario”.

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque a lo largo de nuestra formación profesional nos ha guiado.

Con todo cariño y amor a nuestros padres y hermanos por su sacrificio y aliento constante, porque sin ellos no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra alma mater la Universidad Nacional del Callao, en particular a nuestros docentes de la facultad de Ingeniería Química, por haber compartido sus conocimientos, inculcado valores e inspirado para ser mejores profesionales.

A nuestros compañeros de estudio que han impartido nuestra formación profesional, con sus alientos y críticas nos inspiraron a ser mejores profesionales y sobre todo a ser mejores personas.

A todo el personal de nuestra querida facultad, que nos apoyaron directa o indirectamente en el desarrollo de nuestra investigación.

Nuestra gratitud a nuestras familias, quienes nos apoyaron incondicionalmente en los buenos y malos momentos que nos tocaron vivir, su cariño, comprensión y aliento

# ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO .....	4
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	9
1.2 Formulación del problema .....	10
1.2.1 Problema general .....	10
1.2.2 Problemas específicos .....	10
1.3 Objetivos de la investigación .....	10
1.3.1 Objetivo general .....	10
1.3.2 Objetivos específicos .....	10
1.4 Limitantes de la investigación.....	11
II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Antecedentes de la investigación .....	12
2.1.1 Internacionales.....	12
2.1.2 Nacionales .....	15
2.2 Bases teóricas .....	18
2.2.1 Albahaca .....	18
2.2.2 Principios de la conservación de alimentos .....	24
2.2.3 Secado.....	25
2.2.4 Parámetros de secado .....	28
2.2.5 Envase .....	32
2.2.6 Propiedades a analizar.....	37
2.3 Marco conceptual: .....	38
2.4 Definición de términos básicos.....	39
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	41
3.1 Hipótesis general e hipótesis específicas .....	41
3.1.1 Hipótesis general .....	41
3.1.2 Hipótesis específica .....	41

3.2 Definición conceptual de las variables.....	41
3.2.1 Operacionalización de variable .....	43
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	44
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	44
4.2 Método de investigación.....	44
4.3 Población y muestra .....	47
4.3.1 Población .....	47
4.3.2 Muestra .....	47
4.4 Lugar de estudio.....	48
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	48
4.5.1 Técnicas.....	48
4.5.2 Instrumentos .....	48
4.6 Análisis y procedimiento de datos .....	49
V.RESULTADOS.....	51
5.1 Resultados descriptivos .....	51
5.1.1 Caracterización de la albahaca.....	51
5.1.2 Secado.....	51
5.1.3 Extracción de aceite de la albahaca seca.....	61
5.1.4 Envasado de la albahaca seca .....	62
5.1.5 Prueba de Friedman .....	64
5.2 Resultados inferenciales .....	68
5.3 Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis.....	68
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	69
6.1.1 De la hipótesis general .....	69
6.1.2 De las hipótesis específicas.....	69
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	70
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes .....	72
VII. CONCLUSIONES .....	73
VIII. RECOMENDACIONES .....	74
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
ANEXO.....	83

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	84
Anexo 2. Caracterización inicial de la albahaca .....	85
Anexo 3. Secado de albahaca en el horno de bandejas horizontales .....	86
Anexo 4. Extracción de aceite de las hojas secas.....	88
Anexo 5. Resultados estadísticos .....	89
Anexo 6. Ficha guía instructiva para la evaluación de propiedades aromáticas de la albahaca seca .....	92



## TABLAS DE CONTENIDO

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valor nutricional de las hojas de albahaca.....	20
<b>Tabla 2.</b> Producción anual de albahaca en el Perú .....	21
<b>Tabla 3.</b> Propiedades según la variedad de polietileno .....	37
<b>Tabla 4.</b> Niveles de variables.....	54
<b>Tabla 5.</b> Plan de experimentos .....	54
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de humedad y de aceite de la albahaca .....	59
<b>Tabla 7.</b> Porcentaje de humedad final de la albahaca seca .....	60
<b>Tabla 8.</b> Análisis de los resultados ANOVA.....	64
<b>Tabla 9.</b> Resumen del modelo .....	64
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje de aceite esencial.....	70
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la prueba de Friedman para el aroma.....	73
<b>Tabla 12.</b> Rangos de Friedman .....	73
<b>Tabla 13.</b> Análisis de la prueba de Friedman.....	74
<b>Tabla 14.</b> Resultados de la prueba de Friedman para el aroma.....	74
<b>Tabla 15.</b> Rangos de Friedman .....	75
<b>Tabla 16.</b> Análisis del p.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Albahaca fresca .....	19
<b>Figura 2.</b> Cambio de humedad relativa con respecto a la actividad del agua .....	23
<b>Figura 3.</b> Esquema de un secador de horno o estufa.....	27
<b>Figura 4.</b> Secador de bandejas o armario .....	28
<b>Figura 5.</b> Relación de variables .....	42
<b>Figura 6.</b> Diagrama de bloques para el secado y envasado de la albahaca (Ocimum basilicum) .....	53
<b>Figura 7.</b> Análisis de los resultados: residuales.....	61
<b>Figura 8.</b> Gráfica de probabilidad de residuo .....	62
<b>Figura 9.</b> Pareto de efectos estandarizados.....	63
<b>Figura 10.</b> Gráfica de efectos principales .....	65
<b>Figura 11.</b> Gráfica de interacción para humedad final.....	66
<b>Figura 12.</b> Gráfica de contorno del porcentaje de humedad final .....	67
<b>Figura 13.</b> Gráfica de superficie del porcentaje de humedad final.....	68
<b>Figura 14.</b> Gráfica de punto óptimo .....	69
<b>Figura 15.</b> Envasado en bolsas de polietileno.....	71
<b>Figura 16.</b> Envasado en bolsas de foil de aluminio .....	71

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo la conservación de las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) utilizando el proceso de secado por convección y el envase apropiado. Se utilizó un secador de bandejas horizontales, donde los parámetros fueron: temperatura de 50, 60 y 70°C y cada una de estas se relacionó con los tiempos de 4, 5 y 6 horas. Los resultados obtenidos indican que, a la temperatura de 60 °C y tiempo de 5 horas, la humedad se encuentra en el rango de 9-11%, el cual nos indica que las propiedades aromáticas de la albahaca se conservan apropiadamente, además para verificar la conservación de estas propiedades se midió el porcentaje de aceite esencial que contiene esta planta la cual no indica una variación significativa.

Por otra parte, se realizó el envasado de la albahaca seca en polietileno y con foil de aluminio, y a través de la prueba de Friedman después de una semana se corroboró que el envase apropiado para conservar mejor las propiedades aromáticas de la albahaca fue la de foil de aluminio. Se concluyó que, a la temperatura de 60°C y 5 horas de secado, el envase de foil de aluminio conserva de una manera óptima las propiedades aromáticas de la albahaca.

**Palabras claves:** albahaca, secado por convección, propiedades aromáticas, aceite esencial, foil de aluminio.

## ABSTRACT

The objective of this research is to conserve the aromatic properties of basil (*Ocimum basilicum*) using the convection drying process and the appropriate packaging. A horizontal tray dryer was used, where the parameters were: temperature of 50, 60 and 70°C and each of these was related to times of 4, 5 and 6 hours. The results obtained indicate that, at a temperature of 60°C and a time of 5 hours, the humidity is in the range of 9-11%, which indicates that the aromatic properties of basil are appropriately preserved. In addition, to verify the preservation of these properties, the percentage of essential oil contained in this plant was measured, which does not indicate a significant variation.

On the other hand, dried basil was packaged in polyethylene and aluminum foil, and through the Friedman test after one week it was corroborated that the appropriate packaging to better conserve the aromatic properties of basil was the aluminum foil. It was concluded that at a temperature of 60°C and 5 hours of drying, the aluminum foil container preserves the aromatic properties of basil in an optimal manner.

**Key words:** basil, convection drying, aromatic properties, essential oil, aluminum foil.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos se ha buscado cómo mantener los alimentos en buen estado, por lo que han aparecido nuevos métodos de conservación y nuevas tecnologías que no solo alargan el tiempo de vida de los alimentos, sino que ayudan a conservar sus propiedades aromáticas.

No sólo el método es la clave para mantener las propiedades de los alimentos, también el tipo de envase que los contiene juega un rol muy importante, ya que será la barrera para evitar que se contamine y tenga contacto con elementos ajenos a este.

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo conservar las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) mediante el proceso de secado por convección y el envase apropiado a diferentes temperaturas. Según otras investigaciones la temperatura para secar diferentes tipos de plantas aromáticas varía entre 50 y 70°C y el tiempo de secado entre 4 y 6 horas. Para comprobar si las propiedades organolépticas varían con estos parámetros, se realizará el análisis del aceite esencial que está presente en la albahaca.

La investigación pretende dar una alternativa de valor agregado al cultivo de albahaca en la comunidad de Pariahuanca-Carhuaz-Ancash, donde se recolectará la materia prima. Con esta técnica de secado, se facilitará la comercialización de esta planta aromática en la comunidad sin el deterioro rápido.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En el distrito de Pariahuanca ubicado en la provincia de Carhuaz- Ancash existe 50 familias aproximadamente que se dedican al cultivo de la planta aromática albahaca (*Ocimum basilicum*), obteniendo por cosecha cada una de ella 40 kilogramos haciendo un total 2 toneladas.

Al año se realiza como mínimo 3 cosechas lo que haría un total de 6 toneladasal año, debido a la facilidad de deterioro son comercializadas a bajo precio en mercados aledaños (datos tomados del lugar).

Existe demanda de consumo de esta planta, pero al tener un deterioro rápido se vende a bajo precio (precio de chacra de la albahaca) dejando escaza ganancias para el agricultor.

Lo que se busca es una alternativa de conservación de sus propiedades organolépticas de esta planta para que la vida útil se conserve el mayor tiempo posible.

En los últimos años se ha investigado con mayor profundidad cómo conservar alimentos usando nuevas tecnologías que tratan de encontrar la mejor alternativa de preservación. Uno de los métodos de conservación consiste en el secado por convección. Sin embargo, en nuestro país no se utiliza esta técnica en las comunidades alejadas por desconocimiento, así como el tipo de envase adecuado a utilizar.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿Cómo conservar las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*), utilizando el proceso de secado por convección y el envase apropiado?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las características de la albahaca (*Ocimum basilicum*) antes y después del secado?
- ¿Cuáles son los parámetros óptimos de temperatura y tiempo para el secado por convección de la albahaca (*Ocimum basilicum*) al fin de conservar sus propiedades aromáticas?
- ¿Cuál es el tipo de envase adecuado que nos permitirá conservar las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) seca?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Conservar las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) utilizando el proceso de secado por convección y el envase apropiado.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la albahaca (*Ocimum basilicum*) antes y después del secado.
- Determinar la temperatura y el tiempo adecuado de secado por convección de la albahaca (*Ocimum basilicum*) para conservar sus propiedades aromáticas.
- Seleccionar el envase apropiado para la conservación de propiedades

aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) seca.

#### **1.4 Limitantes de la investigación**

a. Teórica

No existe limitante teórica, ya que se cuenta con información necesaria de respaldo para desarrollar la investigación.

b. Temporal

No existe limitante temporal ya que la albahaca (*Ocimum basilicum*) se cultiva durante todo el año, por lo que se dispone de materia prima. Con respecto a equipos e infraestructura, también existe disponibilidad.

c. Espacial

No existe limitante espacial, porque el proyecto se realizó en la planta piloto de la Universidad Nacional Agraria la Molina.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Internacionales

Tonguino (2011) realizó la investigación sobre la “Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas: menta (*Mentha piperita* L) y orégano (*Origanum vulgare* L)”. El autor utilizó un secador de bandejas con caldero incorporado, obteniendo como resultado que la humedad alta favorece el crecimiento de microorganismos deteriorando el producto, por lo tanto, es necesario que la humedad se trabaje alrededor de 10 % en peso para preservar sus características aromáticas y su valor nutritivo. Además, indica que a 40 °C de temperatura del aire de secado, se incrementa la actividad del agua de 0.57 a 0.59; estos son factores que influyen en los cambios de sabor, color y olor. Por lo tanto, el autor concluye que la humedad final interviene en el desarrollo de microorganismos que deterioran el producto, en lo que se refiere al parámetro de secado como la temperatura del aire de secado también afecta en las características aromáticas de las plantas, de igual manera el tiempo y espesor del producto son factores que influyen en la aceptabilidad del producto final, en donde la principal característica es preservar el aroma de las plantas aromáticas.

Jeria y Pozo (2011) en su estudio sobre el “Secado convectivo de hojas de stevia rebaudiana y factibilidad técnico-económica de una planta elaboradora de edulcorante a base de stevia”. El estudio consistió en el secado de las hojas de Stevia hasta una humedad de 10% mediante aire por convección forzada a 50°C,

60°C y 70°C. Los resultados que se obtuvieron fue que a medida que las temperaturas son más elevadas, los tiempos de secado decrecen, alcanzando 150 minutos a 50°C, 95 minutos a 60°C y 85 minutos a 70°C. El autor concluye que a 60°C la humedad de equilibrio se alcanza a los 90 minutos y que las características del secado convectivo afectan las variables económicas de una planta.

García et al. (2010) realizaron la investigación sobre el “Aprovechamiento de cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petrosilenum crispum*), aplicando procesos de deshidratación”. En este trabajo se evaluó el efecto de la deshidratación osmótica como pretratamiento del secado por aire caliente para visualizar el cambio que habría en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cilantro y perejil. Hicieron pruebas a diferentes temperaturas, para el cilantro se trabajó con temperaturas de 50 y 70°C mientras que para el perejil se utilizó las temperaturas de 50 y 60°C. La humedad también tuvo un rol importante en este trabajo, al ser medido la humedad final se obtuvo entre 8%-10%. Para evaluar la influencia del proceso en ambas plantas aromáticas midieron la variación de vitamina C, color, actividad del agua y propiedades aromáticas. Como resultado obtuvieron una disminución de vitamina C y pardeamiento de las hojas, con cambio no tan significativos en sus propiedades aromáticas como el olor y sabor los cuales fueron aceptados por un panel de expertos. Por lo que concluyeron que los pretratamientos y las temperaturas utilizadas en el secado de cilantro y perejil no tuvieron incidencia significativa en la actividad agua. El contenido de vitamina C para el cilantro y perejil disminuye en todos los procesos de secado; sin embargo, las muestras que fueron

sometidas al pretratamiento presentan mayor disminución de ésta, debido a la hidrosolubilidad y termosensibilidad de la vitamina C.

Hernández y Pérez (2003) investigaron sobre la “Evaluación de las variables de secado para la conservación de las hojas de la planta de añil”, utilizaron tres tipos de secado: a la sombra, mecánico con circulación de aire y sin circulación de aire, se realizó la comparación del comportamiento en el secado de dos variedades (*I. Guatemelensis* e *I. Suffructicosa*), como resultados se obtuvo que la variedad *I. Guatemelensis* hasta un máximo de 30% humedad nos permite obtener una forma estable de porcentaje de color apto para comercialización y que la variedad *I. Suffructicosa* solo es posible secar la hoja hasta un 50% de humedad para obtener porcentajes de color cercanos al límite inferior de calidad. Los autores concluyeron que el secado de la hoja de la planta de añil debe realizarse a temperaturas moderadas que oscilen entre 34°C- 45°C hasta alcanzar a lo sumo contenidos de humedad de aproximadamente 30% para la variedad *I. Guatemelensis*, y de 50% para la variedad *I. Suffructicosa*.

López (2016) en su investigación sobre “Curvas de secado y su relación a características sensoriales, composición química y uso energético de follaje de moringa oleífera Lam”, hizo una comparación entre: secado en horno solar de circulación forzada, horno artesanal de convención natural y horno semi industrial de circulación forzada para analizar la variación de las propiedades aromáticas, físicas y químicas de la moringa oleífera Lam. Como resultados obtuvieron que estadísticamente los procesos de secado son diferentes entre sí. Pero al final

concluyeron que al hacer uso de los diferentes hornos no se evidenció una variación significativa de las propiedades, para su conservación se colocó en bolsas de polietileno, sin embargo, se observó que la luz deterioraba la planta seca por lo que introdujeron la bolsa de polietileno en una bolsa de papel kraft.

### **2.1.2 Nacionales**

Palomino (2016) en su tesis sobre “Estudio de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de romero (*Rosmarinus Officinalis* L.)”; se evaluó la cinética de secado de las hojas de romero bajo diferentes condiciones de temperatura, velocidad de aire y el tiempo de secado, se usaron hojas de romero con estudios previos a la floración con un 53,31% de humedad, las evaluaciones se realizaron en un secador de bandejas de aire forzado, constituido en la sección de secado por 5 bandejas de 31 x 42 cm, la carga por bandeja fue  $120 \pm 0,01$  g y se evaluaron con los siguientes parámetros de secado, tres temperaturas (40, 65 y 90 °C) y tres velocidades de aire (0,5; 1,5 y 2,5 m/s). Como resultados se obtuvieron que a una temperatura de 40 °C y velocidades de aire de 0,5 y 2,5 m/s la curva de secado que mejor ajusta son de tipo polinomial, con un coeficiente de determinación superior a 0,98 en ambos casos, sin embargo, a una velocidad de aire de 1,5 m/s la curva de secado que ajusta es exponencial, superior 0,97, pero a una temperatura de 65 °C y velocidades de aire de 0,5 y 1,5 m/s la curva de secado que mejor ajusta son de tipo exponencial, con un coeficiente de determinación superior a 0,97 en ambos casos, sin embargo, a una velocidad de aire de 2,5 m/s la curva de secado que ajusta es polinomial, superior 0,99. Y por último a una temperatura

de 90 °C y velocidades de aire de 1,5 y 2,5 m/s la curva de secado que mejor ajusta son de tipo polinomial, con un coeficiente de determinación superior a 0,98 en ambos casos, sin embargo, a una velocidad de aire de 0,5 m/s la curva de secado que ajusta es lineal, igual a 1. La autora concluyó que a temperaturas altas tienen mejor efecto ( $P < 0,05$ ) en el tiempo de secado, pero con velocidades de aires bajos (0,5m/ y 90°C) tienen efectos negativos en sobre el color del producto (colores oscuros), por lo tanto, según la prueba de ordenamiento cualitativo, la temperatura adecuada para el secado de hojas de romero es 65°C.

Galindo (2016) realizó su estudio sobre “Secado de hojas de salvia (*Salvia Officinalis*) y su influencia en el color y propiedades sensoriales; evaluó el secado de hojas de salvia (*Salvia Officinalis*) y su influencia en el color y propiedades aromáticas, a diferentes condiciones de temperatura y velocidad de aire. Se determinó el secado en un secador convectivo de bandejas a 40, 50 y 60 °C y velocidades de aire de 0.5 y 1.0 m/s, las curvas de secado se ajustaron a la ecuación Page. Se obtuvieron como resultados que a una temperatura de 40°C y 1.0 m/s de velocidad, el tiempo de secado fue de 240 minutos, a 50°C y 1.0 m/s de velocidad fue de 120 min y a 60°C y a 1.0 m/s fue de 60 min. Mientras que a la velocidad de secado de 0.5 m/s el periodo de velocidad de secado decreciente fue de 470 minutos a 40° C, de 180 minutos a 50°C y de 60 minutos a 60°C. Por lo que la autora concluyó que las curvas de secado para las hojas de salvia presentaron un comportamiento decreciente con el incremento de la temperatura y velocidad de aire, asimismo mostraron diferencias significativas en el tiempo de secado (p-value

< 0.05), presentando efecto significativo inverso con la temperatura y velocidad de aire, siendo la temperatura de 40 °C y velocidad de 0,5 m/s los mejores parámetros para un secado de calidad. Así mismo el modelo que mejor describe las curvas de secado de hojas de salvia fue el modelo de Page con R2 mayores a 99.79%.

Monares (2015) en su tesis sobre la “Deshidratación de la punamuña (*Satureja boliviana*) en secador de bandejas”, realizó el secado a diferentes temperaturas y velocidades, obteniendo curvas características para el secado de esta especie, como resultados determinaron que el secado para las hojas de punamuña a 40°C, 50°C y 60°C a las velocidades de secado 0.5 m/s y 1.0m/s presentaron una relación inversa a la temperatura y velocidad de aire de secado es por ello que el autor concluyó que la humedad crítica tiene una relación inversa con la temperatura, por otra parte a menor temperatura se requiere mayor tiempo para alcanzar la humedad crítica, y requiere mayor tiempo de secado a velocidad constante, mientras que la velocidad de secado inicial es mayor a medida que aumenta la temperatura.

Paquita (2015) en su investigación sobre el “Efecto del escaldado y temperatura en la cinética de secado de las hojas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)”, evaluó los efectos de pretratamiento ( sin escaldar, escaldado en agua y escaldado en solución de NaCl 3%) y temperaturas del aire de secado ( 50°C, 60°C y 70°C) en la composición químico proximal, la cinética de secado y relación de rehidratación de las hojas de quinua en un secador de lecho fijo. Como resultados se obtuvieron que a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C la velocidad de secado de las hojas de quinua sin escaldar varió de 0.014 a 0.26 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h y para las hojas con pretratamiento de escaldado en agua

de 0.018 a 0.27 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h con ello la humedad al 10% (base seca). El autor concluyó que con el pretratamiento de escaldado en solución de cloruro de sodio (NaCl) al 3% las propiedades como fibra, grasa, entre otros se conservan mejor respecto a la muestra sin pretratamiento. Y que el escaldado y temperatura reducen el tiempo de secado.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Albahaca**

La albahaca planta aromática que según el MIDAGRI ha aumentado su producción en los últimos años, utilizando en diferentes ámbitos por sus propiedades aromáticas, pero su vida útil es limitada, el método por el cual se logra elevar su vida útiles el secado por convección, además un correcto envasado le proporciona una vida más larga, pero antes debemos conocer algunas características de esta planta.

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es una planta aromática y medicinal, herbácea, de tallos erectos y ramificados, frondosa, que alcanza de 30 a 50 cm de altura. Las hojas de 2 a 5 cm, suaves, oblongas, opuestas, y ligeramentedentadas. Las flores son blancas, dispuestas en espigas alargadas, asilares, en la parte superior del tallo o en los extremos de las ramas. Es una planta originaria de India y fue introducida en Europa por los griegos y los romanos desde el siglo XVI (Vega, 2010). La albahaca pertenece a la familia Lamiaceae y se conoce principalmente con este nombre en los países de habla hispana (Vega, 2010).

## Figura 1

*Albahaca fresca*



Fuente: Vega et al, 2018

## Taxonomía

Del análisis realizado a la muestra de albahaca (*Ocimum basilicum*) traída desde el distrito de Pariahuanca provincia de Carhuaz departamento de Ancash, en el museo de historia natural, la especie de la zona corresponde a:

*Ocimum basilicum* L. y tiene la siguiente posición taxonómica:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Ocimum*

Especie: *Ocimum basilicum* L.



## Valor nutricional

Reyes et al (2018) en “Tablas peruanas de composición de alimentos”, señalan que cada 100 gramos de albahaca contienen las cantidades indicadas en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Valor nutricional de las hojas de albahaca*

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad	86,7g
Proteína	2,9g
Grasa total	1,2g
Carbohidratos	3,4g
Fibra dietética	3,9g
Cenizas	1,9g
Calcio	325,0 mg

*Fuente:* Reyes et al (2018)

## Usos

Healthcare (2018) hace referencia que las hojas de albahaca se usan frescas cuando se destinan a la cocina, pero como remedio fitoterapéutico se suelen usar secas. Sus aceites esenciales se utilizan también en la elaboración de licores o para aportar aroma a sopas y guisos.

También sirve como ingrediente de remedios naturales, en infusiones, en bebidas energéticas, para prevenir la caída del cabello o para combatir la halitosis.

Asimismo, facilita la digestión. Para hacer el preparado, coceremos unos 20 gramos de hojas en un litro de agua. Se deja reposar y se cuela (Asociación tierra y vida, 2011).

## **Producción**

Según el informe anual que realiza el MIDAGRI (Ministerio de desarrollo y riego) el departamento donde hay mayor producción de albahaca es Lima Metropolitana con aproximadamente 362 hectáreas sembradas anualmente, en la tabla 2 se puede visualizar el incremento de la producción anual.

**Tabla 2**

*Producción anual de albahaca en el Perú*

<b>Años</b>	<b>Total (toneladas)</b>
2014	6513
2015	5500
2016	5309
2017	5975

Fuente: Midagri, 2018

## **Factores que influyen en el tiempo de conservación de la albahaca**

- **Humedad**

La humedad relativa del ambiente influye directamente en el contenido de agua del producto terminado. Si la humedad se incrementa en un rango de 1 a 2% no afecta la estabilidad del alimento debido a que este incremento es positivo puesto que retarda la aparición de rancidez, e incrementa el peso y no afecta las cualidades

organolépticas del producto (Tonguino, 2011).

- Actividad de Agua ( $A_w$ )

Las propiedades coligativas, reológicas y de textura de un alimento depende su contenido de agua, aun cuando éste influye definitivamente en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas. El agua se dividen en “libre” y “ligada”; la primera sería la única disponible para el crecimiento de microorganismos ya que la segunda está unida a la superficie sólida y no actúa por estar inmóvil. Bajo este proceso, sólo una fracción del agua, llamada actividad del agua, es capaz de propiciar estos cambios y es aquella que tiene movilidad. Es bajo este valor empírico que se puede predecir la estabilidad y la vida útil de un producto (Badui, 2006, p.16).

Por lo tanto, La actividad de agua es la humedad relativa de equilibrio de una atmósfera de aire que está en equilibrio con el alimento. De esta forma el equilibrio entre el aire y el alimento se caracteriza simplemente por:

$$A_w = \frac{HR}{100} (1)$$

*HR*: Humedad relativa

*A<sub>w</sub>*: Actividad del agua

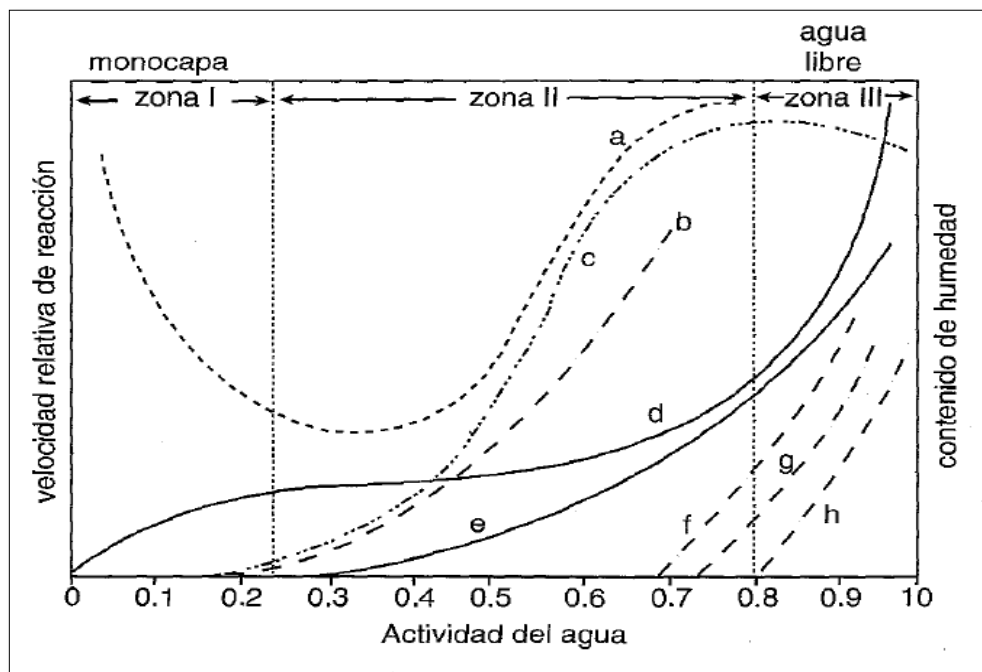
- Actividad de agua y estabilidad

Según Hiperbaric (2002) afirma que la estabilidad de un alimento y la actividad de agua se relacionan estrechamente en muchas situaciones (pero no en todas). La

actividad de agua juega un rol significativo en la determinación de la actividad de enzimas, vitaminas en alimentos, puede tener un mayor impacto en el color, sabor y aroma.

## Figura 2

*Cambio de humedad relativa con respecto a la actividad del agua*



Fuente: Badui, 2006

Según Sancho, Bota y Castro (1999), la temperatura, pH y otros factores pueden influir en el crecimiento de microorganismos en un producto, la actividad de agua puede ser el factor más importante para controlar la alteración.

Los microorganismos no crecen a actividades de agua bajas, el crecimiento puede ocurrir en alimentos de humedad intermedia.

Rosenthal (2001) afirma que existe actividad de agua que limita el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias. La mayoría de las bacterias no crecen en  $A_w$  debajo

de 0,91, la mayoría de mohos y levaduras dejan de crecer a  $A_w$  menores de 0,70 y las levaduras a un mínimo de  $A_w$  de 0,62. Midiendo la actividad de agua es posible que microorganismos sufran o no alteración.

- Retención de sabor

Rosenthal (2001) afirma que la retención del sabor y aroma es relativamente alta a actividad de agua bajas. Componentes volátiles deben difundirse a la superficie. La difusión es dependiente de la temperatura y el contenido de humedad. En estos componentes volátiles frecuentemente son encapsuladas las matrices de los alimentos. La pérdida de componentes volátiles, sabores y aromas pueden provocar cambios estructurales y cristalización de componentes encapsulados.

Alvarado (1996) afirma que la actividad de agua tiene un rol importante en las cualidades organolépticas y la estabilidad en almacenamiento, es el mejor indicador de la perecibilidad de un producto”.

### ***2.2.2 Principios de la conservación de alimentos***

La preservación de alimentos puede definirse como el conjunto de tratamientos que prolonga la vida útil, manteniendo en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y valor nutritivo. En el caso de los procesos industriales, donde la conservación se realiza por esterilización, secado o congelado, además se debe tener en cuenta que el uso de envases adecuados.

La preservación de alimentos a través de la remoción de agua, es probablemente una de las técnicas más utilizadas para la conservación de estos.

El principio básico en el cual se fundamenta el secado es que, a niveles bajos de

humedad, la actividad del agua disminuye a niveles a los cuales no pueden desarrollarse los microorganismos ni las reacciones químicas deteriorantes.

El tiempo de secado, la temperatura del secado y la humedad final del producto, serán relevantes para conservar las propiedades organolépticas del alimento (Scribd Company, 2011).

### **2.2.3 Secado**

El secado es un método que consiste en la eliminación del agua total o parcial para detener o disminuir el crecimiento o aparición de microorganismos, así como ciertas reacciones químicas. La eliminación del agua en las plantas aromáticas se consigue utilizando aire caliente, el cual elimina el líquido de la superficie y le da una mayor vida útil. El proceso de secado de los alimentos afecta también las características físicas y químicas de estos, los cambios que tiene el alimento afectan la cantidad de nutrientes y las propiedades organolépticas de estos. Sin embargo, con el manejo adecuado de los parámetros de secado se puede asegurar un alimento sin cambios significativos en sus propiedades y con una vida útil más larga (Geankoplis, 1998).

El secado es un fenómeno complejo que involucra la transmisión de calor para evaporar el líquido y el transporte de masa en forma de líquido o vapor dentro del sólido y como vapor desde la superficie hacia el aire (Perry, 1992).

El secado por convección de aire es uno de los sistemas más utilizados en cual una corriente de aire caliente que pasa sobre la masa del alimento, los productos deshidratados ofrecen mayor ventaja que un producto fresco, ya que se reduce la

masa y su volumen, así como también hay un aumento de vida útil (CASP Y ABRIL, 1999).

### ***Secado mecánico***

En el secado artificial o mecánico, al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial.

Hay diversos métodos para deshidratar las hierbas, que pueden clasificarse, de la siguiente manera:

- Secado por aire caliente.
- Secado por contacto directo con una superficie caliente.
- Secado por aporte de energía de una fuente radiante de microondas.
- Liofilización. De ellos, el más utilizado es la aplicación de una corriente de aire caliente.

Al desecar una hierba húmeda con aire caliente, el aire que aplicamos aporta el calor para la evaporación de la humedad y actúa como transporte para eliminar el vapor de agua que se forma en la cercanía de la superficie de evaporación (Muñoz, 1996).

### **Secadores directos o por convección:**

Son aparatos sencillos y de fácil manejo, son los más utilizados en la industria agrícola. Entre los más utilizados está:

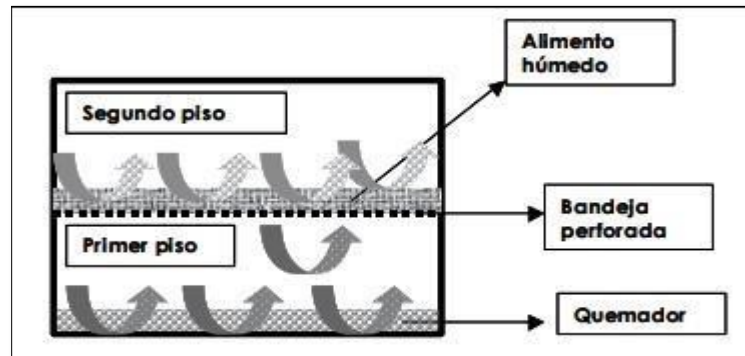
- Secadores de horno o estufa:

Es el más simple y consta de un pequeño recinto en forma paralelepípeda de dos

pisos. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada al segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar (Fito y otros, 2016).

### Figura 3

*Esquema de un secador de horno o estufa*



Fuente: Fito et al. (2016)

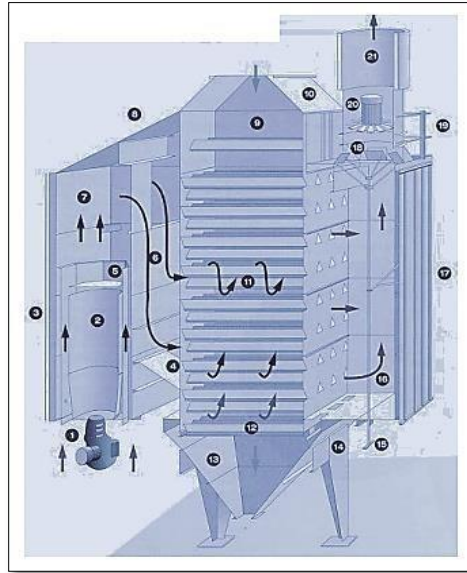
- Secador de bandejas o armario

Formado por una cámara metálica rectangular que contiene unos soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores, cada uno con un número de bandejas poco profundas (10 a 100 mm de profundidad) donde se cargara el material a secar. El aire caliente circula entra las bandejas por medio de ventiladores, siendo previamente calentado por medio de intercambio de calor, normalmente con tuberías por las que pasa vapor de agua (Caballero, 2015).



## Figura 4

### *Secador de bandejas o armario*



Fuente: Fito et al. (2016)

- Secador de túnel

Se asemejan a los secadores de bandeja, pero tienen un funcionamiento semicontinuo. Aquí las bandejas se cargan sobre carretillas que se trasladan a lo largo del túnel de secado, con gases calientes que pasan sobre la superficie de cada bandeja con un flujo que puede ser a contracorriente, en paralelo o una combinación de ambos (Caballero, 2015)

#### **2.2.4 Parámetros de secado**

Díaz (2009) afirma que los parámetros que influyen en el proceso de secado son: la humedad relativa del aire, la temperatura del aire, la velocidad del aire, el contenido de humedad inicial, final, de equilibrio y crítico para un producto, a continuación, se detalla:

- Humedad relativa del aire

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura. Generalmente, se expresa en porcentaje (%), a medida que se incrementa la temperatura del aire aumenta su capacidad de absorción de humedad y viceversa (Díaz, 2009).

El aire absorbe vapor de agua hasta que llega al estado de saturación, en el cual ya contiene la máxima cantidad de agua que puede absorber (Rico, 2006).

- Temperatura del aire

La temperatura del aire desempeña un papel importante en los procesos de secado. En forma general, conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado, la elección de la temperatura se llevará a cabo tomando en consideración el producto que se vaya a someter al proceso. (Díaz, 2009)

Existen diversos niveles de temperaturas que se mantienen durante el proceso de secado:

- Temperatura de bulbo seco: es aquella del ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como por ejemplo un termómetro de mercurio.

- Temperatura de bulbo húmedo: es la temperatura de equilibrio que se alcanza cuando la mezcla de aire seco y vapor de agua pasa por un proceso de enfriamiento adiabático hasta llegar a la saturación.

- Velocidad del aire

La velocidad del aire influye en la velocidad de deshidratación siendo una relación directamente proporcional, entre más rápida sea la velocidad de aire más rápido será el proceso de deshidratación del alimento (Rico, 2006).

Durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta (Díaz, 2009).

Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable tener una buena circulación del aire constante y regular.

En la práctica, la economía del proceso determina la velocidad del aire. Se utiliza velocidades mayores a 3 m/s solo en casos excepcionales (productos con alto contenido de humedad), pero en general, la velocidad se considera entre 0,2 y 3 m/s (Díaz, 2009).

- Contenido de humedad inicial

El contenido de humedad inicial del producto, es la humedad que tiene el producto al cosecharse y depende del tiempo de cosecha. El contenido de humedad inicial también influye en la tasa de secado. Cuanto más elevado sea el contenido de humedad del producto, mayor será la cantidad de agua evaporada por unidad de energía (Díaz, 2009).

La cantidad de humedad inicial de algún producto puede ser expresada en base húmeda, es decir, la cantidad de agua que tiene el producto en total sobre su peso de materia seca más agua; o en base seca, que es la cantidad de agua que tiene el producto en relación solamente a la cantidad de materia seca; pueden ser expresadas como un porcentaje o decimal. Ambas expresiones pueden representarse de la siguiente forma

$$h_{bh} = m_w * m_w + m_s = m_w * m_t \quad (2)$$

$$h_{bs} = m_w * m_t \quad (3)$$

Donde:

$h_{bh}$ : Humedad en base húmeda

$h_{bs}$ : Humedad en base seca

$m_w$ : Masa del agua

$m_s$ : Masa de producto seco

$m_t$  : Masa total del producto.

- Contenido de humedad final

El contenido de humedad final del producto, es la humedad que tiene el producto después de secarlo. La humedad final depende del tiempo que se desea almacenar el producto, así como la calidad que se desea obtener del mismo. Si el producto no tiene la humedad final mínima que se requiere para almacenarlo, se presenta un ambiente favorable para la proliferación de microorganismos (Díaz, 2009).

b. Consideraciones de secado en las plantas aromáticas

El rango de temperaturas que se utiliza para secar la mayor parte de plantas aromáticas y medicinales se encuentra entre los 30 y 40° C. Hay excepciones, como el eneldo y el perejil que aceptan temperaturas de 80-100° C, o la belladona, que requiere una temperatura no superior a los 20° C para que sus principios activos no disminuyan. Además, se considera el tiempo de secado entre 6-12 horas. Un secado rápido permite preservar mejor la calidad, porque evita fenómenos de ennegrecimiento del producto, de pérdida de compuestos volátiles o de modificación de los principios activos (Moré y Melero, 2013).

### **2.2.5 Envase**

#### **Envasado**

Según la norma técnica peruana de alimentos envasados etiquetado 209.38 (2009).

El material del envase debe ser resistente e inerte a la acción del producto y no debe alterar las características del mismo. El etiquetado debe hacerse en condiciones que mantengan clara las características del producto para su respectivo almacenamiento, transporte y expendio.

Según Potter (1987) el envasado de los productos alimenticios viene a darse como el resultado de una necesidad del producto de aumentar la vida útil para dar al consumidor productos de primera calidad y libre de patógenos que puedan dañar la salud humana (p. 749).

Según OTI- Boateng, Peggy y Axtell, Barrie (1998) los envases plásticos tienen algunas ventajas sobre otros tipos de envases (p. 51).

- Pueden ser flexibles o rígidos
- Son disponibles con distintos espesores
- Son buenos protectores contra el agua y la sequedad, además son químicamente inertes en comparación con otros materiales
- Forman una barrera contra la humedad y el aire.

Muñoz (1996) indica que todo material para envase de especias debe cumplir estos tres requisitos:

- i. Máxima impermeabilidad posible a gases, luz y vapor de agua.
- ii. Ser resistentes frente a las posibles acciones de las especias molidas, que podrían poner en libertad algún componente del material de envase.
- iii. No formar combinación con ningún componente del producto. Las hierbas son empacadas frecuentemente en sacos de polipropileno.

Según la guía de envasado y embalaje del Ministerio del comercio exterior (2013): El envase es el recipiente de cualquier material y forma que adopte destinado a contener mercancías para su empleo. Asimismo, se caracteriza por individualizar, dosificar, conservar, presentar y describir unilateralmente a los productos, pudiendo estar confeccionando con uno o más materiales distintos simultáneamente.

#### **b. Tipos de envase**

Según la guía de envasado y embalaje del Ministerio del comercio exterior (2013) indica:

- Foil de aluminio

El foil de aluminio como material para envases se debe principalmente a dos características:

- Se trata de un material de alta visibilidad y atractivo.
- Es compatible con la mayoría de alimentos, drogas, productos químicos, mercaderías duras y blandas.

Entre sus propiedades se tiene:

- Apariencia, ya que no existe otro material para envases flexibles que cuente con el atractivo a la vista.
- Resistencia al vapor de agua, debido a que es un metal impermeable.
- Resistencia a los gases, ya que ofrece una barrera contra el oxígeno y otros gases perjudiciales.
- Carencia de absorción, no absorbe líquidos de ninguna clase y no se contrae, ni se expande o ablanda en contacto con contenidos húmedos o líquidos ya sea en caliente o fríos.
- Impermeabilidad a las grasas
- Higiene, lo es y también su apariencia ya que los microorganismos son eliminados durante la operación de recocido.
- Carencia de toxicidad.
- Carencia de sabor y olor

- Plegabilidad
- Conductibilidad del calor ya que refleja hasta el 95% del calor radiante y emite hasta el 4% del mismo.

Según su clasificación pueden ser:

➤ Rígidos

Las cuales se usan para las bandejas de alimentos congelados realizadas en el foil más pesado (aproximadamente 120 m), latas, tubos y cilindros de foil, cartón y cajas sólidas de cartón plegado revestidas en foil (tipo Tetra Brik).

➤ Semirrígidos

Se usa en ciertas bandejas para alimentos congelados o productos de confitería y cajas de poco peso realizadas en foil y cartulina plegable.

➤ Flexibles

Aquellos envases o componentes de estos, ya sea de foil desnudo o laminado, que son flexibles al tacto; por ejemplo, envoltorios, bolsas y revestimientos internos de cajas. Y según este tipo de envase se puede clasificar en cubiertas-etiquetado y foil de aluminio, que es el más utilizado en la industria alimentaria.

• Papel

En la industria del envase y embalaje, la denominación de papel se reserva por lo general a los materiales cuyo peso por metro cuadrado (gramaje) es inferior a 225 g/m<sup>2</sup>. Los que tienen un gramaje superior a 225 g/ m<sup>2</sup> se denominan cartones. Sin embargo, la diferencia entre el papel y el cartón se funda principalmente, en las



características del material y su utilización, los cartones presentan una rigidez generalmente superior a la de los papeles.

- Plástico

Tipos de plástico:

- Polietileno

El polietileno, polímero de etileno, es el plástico más importante usado en envases y embalajes. Se clasifica en tres grupos principales:

- PEBD (polietileno de baja densidad): 0,910 a 0,925 g/cm<sup>3</sup>.

Es el tipo más utilizado en el envasado, sobre todo para la producción de bolsas y admite fácilmente el termosellado.

- PEMD (polietileno de densidad media): 0,926 a 0,940 g/cm<sup>3</sup>.

Es un material utilizado en aplicaciones que requieren mayor rigidez o un punto mayor de ablandamiento.

- PEAD (polietileno de alta densidad): 0,941 a 0,965 g/cm<sup>3</sup>.

Es un material más rígido que los dos anteriores. Puede someterse a temperaturas que alcanzan los 120 grados centígrados, lo que permite utilizarlo como embalaje esterilizable por vapor. Puede servir para la fabricación de sacos tejidos.

**Tabla 3**

*Propiedades según la variedad de polietileno*

<b>Tipo de polietileno (PE)</b>	<b>Humedad, índice de transmisión (g/100 pulg2/24h/1mil)</b>	<b>Transmisión de gases O2 (cc/100 pulg2/24h/1mil)</b>	<b>Transmisión de gases CO2 (cc/100 pulg2/24h/1mil)</b>	<b>Resistencia a la ruptura (lb/pulg2/1 il)</b>
PEBD	1,4	500	1,350	1,700
PEMD	0,6	225	500	2,500
PEAD	0,3	125	350	4,000

Fuente: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2013, Perú)

### **2.2.6 Propiedades a analizar**

#### a. Humedad

Durante el proceso de secado y envasado, es fundamental conocer el contenido de agua, ya que juega un rol importante en la aparición de microorganismos.

#### b. Contenido de agua

La actividad de agua en un alimento posibilita o dificulta el crecimiento microbiano, por esta razón es importante que sea medido para usar medidas para su control.

#### c. Propiedades organolépticas

Al tratarse de una planta aromática las propiedades más importantes a conservarse son el sabor y aroma.

### **2.3 Marco conceptual:**

La muestra de albahaca con la que se realizó la presente investigación, traída de Pariahuanca en Ancash, corresponde a la variedad (*Ocimum basilicum L.*). Esta especie no tiene alto contenido de proteínas, fibras y carbohidratos, (Reyes y otros, 2018) sin embargo es muy utilizado por sus propiedades medicinales y organolépticas. Para conservar sus propiedades organolépticas se lleva a cabo el secado por convección lo que nos permite bajar la cantidad de humedad el cual debe estar en el rango de 9-11%, para la obtención de este rango es necesario conocer los parámetros de secado los cuales son la temperatura y el tiempo. Para verificar si las propiedades aromáticas se alteraron se debe medir el indicador de porcentaje de aceite esencial que la albahaca posee, se realiza la comparación entre el aceite esencial inicial (medida en la planta fresca) y después del secado. Adicional al secado, se envasa el producto seco, uno de los envases más utilizados es el de polietileno, debido a que brinda una máxima impermeabilidad ya que evita el ingreso de humedad y de agentes extraños, además es resistente e inerte y no altera las características del producto; pero al ser transparente la luz entra con mayor facilidad y daña el alimento que fue previamente secado es por eso que en este caso sería ideal un envase de foil de aluminio ya que no permite el paso de la luz y así las propiedades organolépticas se podrán conservar de una manera más óptima, para la medición de qué envase es mejor, se realiza la prueba de Friedman.

## **2.4 Definición de términos básicos**

### ***Albahaca (*Ocimum basilicum*)***

La albahaca es una hierba aromática usada extensivamente en alimentos por su aroma y sabor. Sus hojas pueden ser frescas o secas, de este modo se puede utilizar como especia. El método más utilizado para comercializar albahaca en el área de los alimentos es la deshidratación, mediante la cual se mejora su conservación, promoviendo la disminución del crecimiento microbiano. (Lee, 2004).

### ***Deshidratación***

Es una técnica de conservación cuyo objetivo principal es la disminución de la actividad del agua, con el fin de detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como ciertas reacciones químicas. (Vega, 2001).

### ***Secado por convección***

El calor se suministra a través de aire caliente o gas, el cual fluye sobre la superficie del sólido; se utiliza para secar partículas y alimentos en forma laminar o en pasta. (Mujumdar, 2000).

### ***Envase***

El envase es el recipiente de cualquier material y forma, destinado a contener mercancías para su empleo. Asimismo, se caracteriza por individualizar, dosificar, conservar, presentar y describir unilateralmente a los productos, pudiendo estar confeccionando con uno o más materiales distintos simultáneamente. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2013).

### ***Poliétileno***

Es un polímero de etino, es el plástico más importante usado en envases y embalajes. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2013).

### ***Foil de aluminio***

Es un material para envases, sus principales características son; alta visibilidad y que prolonga la “vida en estante” de los productos, debido a que es totalmente impermeable, evita la oxidación, el shock térmico, así como la acción de otros factores similares que contribuyen al deterioro del producto. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2013).

### ***Aceite esencial***

Los aceites esenciales son sustancias líquidas volátiles que son uno de los productos del metabolismo secundario de las plantas (Sena, 2011). Se encuentran en unas 60 familias de plantas, entre ellas las compuestas, labiadas, lauráceas, mirtáceas, pináceas, rosáceas, rutáceas, entre otras. (Martínez, 2003).

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis general e hipótesis específicas**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

- La conservación de las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) seca se logra a una humedad final en un rango 9%-11%, envasado en foil de aluminio.

##### **3.1.2 Hipótesis específica**

- Las características más importantes de la albahaca (*Ocimum basilicum*) son las organolépticas.
- Los parámetros óptimos para el secado por convección de la albahaca (*Ocimum basilicum*) es cercano a 60°C y un tiempo de 5 horas.
- El envase apropiado para la mejor conservación de la albahaca (*Ocimum basilicum*) es un envase de foil de aluminio.

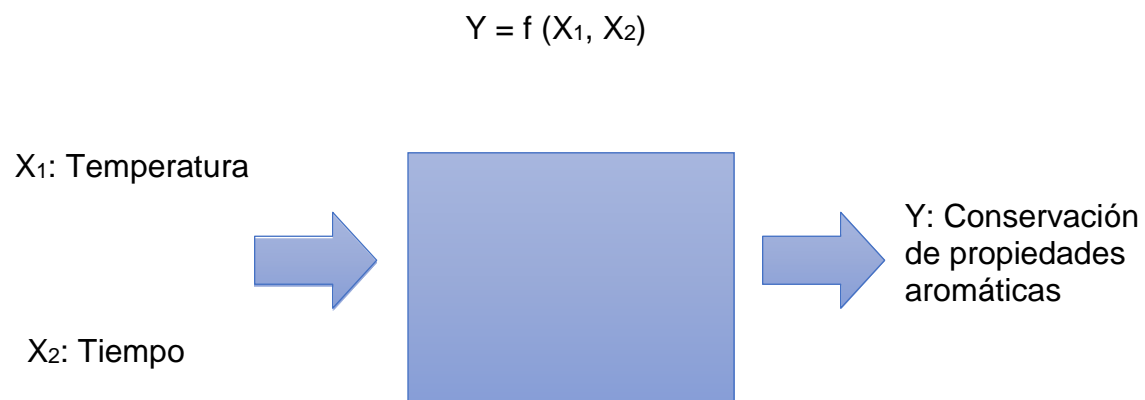
#### **3.2 Definición conceptual de las variables**

Por su naturaleza todas las variables identificadas son del tipo cuantitativas. Por su dependencia Y es dependiente y las variables  $X_1$ ,  $X_2$  son independientes.

Es decir,  $Y = f(X_1, X_2)$ . La figura 5 muestra la relación entre las variables.

## Figura 5

*Relación de variables*



### 3.2.1 Operacionalización de variable

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Índice	Técnica Estadística	Método
X <sub>1</sub> : Temperatura	Temperatura de secado por convección	-	°C	No hay diferencia significativa	Diseño factorial	Termometría
			°C			
			°C			
X <sub>2</sub> : Tiempo	Tiempo de secado por convección	-	H	No hay diferencia significativa	Diseño factorial	Cronometría
			H			
			H			
Y: Conservación de las propiedades aromáticas	Los parámetros de secado por convección (temperatura y tiempo) nos permitirá analizar la conservación de las propiedades organolépticas de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ).	Propiedades Organolépticas	%Aceite esencial	Semejante a la inicial	ANOVA	Arrastre por vapor
		Propiedades Físico-químicas	%Humedad final	9-11%	ANOVA	Gravimetría



## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

### ***4.1 Tipo y diseño de la investigación***

Es una investigación aplicada ya que está dirigida a determinar a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías) por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica (CONCYTEC, 2018)

En este caso se utiliza el método de secado por convección a diferentes rangos de temperatura y tiempo lo cual a través de la experimentación nos dará resultados cuantitativos con los cuales se podrá comprobar la conservación de propiedades organolépticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*).

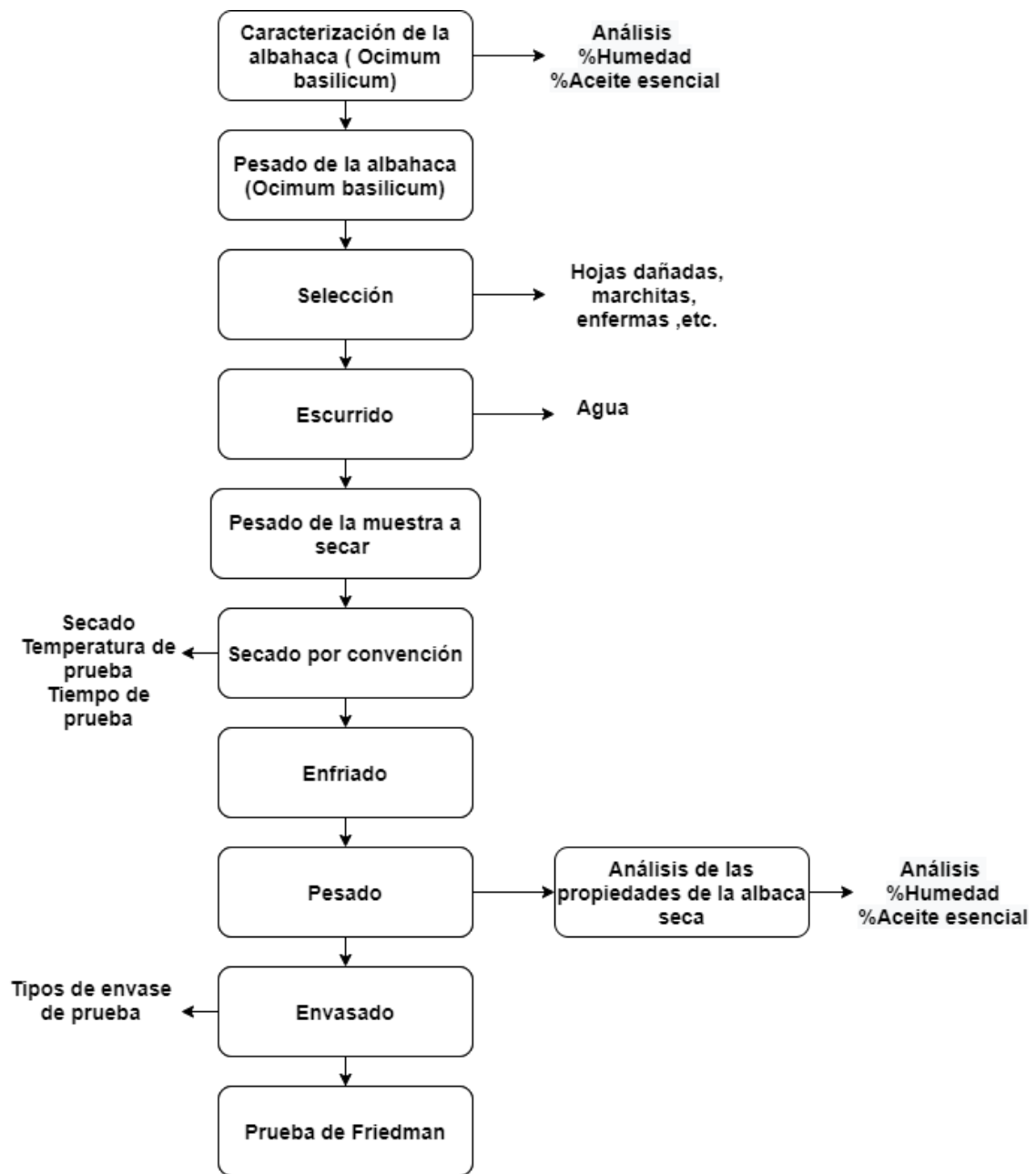
### ***4.2 Método de investigación***

El presente estudio corresponde a una investigación de la conservación de las propiedades organolépticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) de forma experimental con apego a las variables.

Se realizó en la Unidad de extensión Universitaria y Proyección Social Facultad de Industrias Alimentarias Universidad Nacional Agraria la Molina.

**Figura 6**

*Diagrama de bloques para el secado por convección y envasado de la albahaca (Ocimum basilicum)*



En la tabla 4 se muestra la matriz de experimentación.

**Tabla 4**

*Niveles de variables*

N°	Variable	Notación	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1	Temperatura de Secado	$X_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$
2	Tiempo de secado	$X_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$

**Tabla 5**

*Plan de experimentos*

N°	Variables		Resultados
	$X_1$	$X_2$	Y
1		$X_{21}$	$Y_1$
2	$X_{11}$	$X_{22}$	$Y_2$
3		$X_{23}$	$Y_3$
4		$X_{21}$	$Y_4$
5	$X_{12}$	$X_{22}$	$Y_5$
6		$X_{23}$	$Y_6$
7		$X_{21}$	$Y_7$
8	$X_{13}$	$X_{22}$	$Y_8$
9		$X_{23}$	$Y_9$

Total, de experimentos:

$T_{exp} = 9 \text{ corridas} \times 3 \text{ repeticiones}$

$T_{exp} = 27 \text{ experimentos}$

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1 Población**

La población en este caso es igual a la muestra.

#### **4.3.2 Muestra**

Para los análisis de laboratorio se utilizará las siguientes muestras:

Muestra para la caracterización: 3kg de albahaca (*Ocimum basilicum*)

Muestra para el secado (50°C, 4h) = 7Kg

Muestra para el secado (50°C, 5h) = 7Kg

Muestra para el secado (50°C, 6h) = 7Kg

Muestra para el secado (60°C, 4h) = 7Kg

Muestra para el secado (60°C, 5h) = 7Kg

Muestra para el secado (60°C, 6h) = 7Kg

Muestra para el secado (70°C, 4h) = 7Kg

Muestra para el secado (70°C, 5h) = 7Kg

Muestra para el secado (70°C, 6h) = 7Kg

Muestra total de la primera corrida: 63 Kg

Muestra total de las 3 corridas: 189 Kg

Muestra para la extracción del aceite inicial: 3 Kg

#### **4.4 Lugar de estudio**

- Unidad de extensión universitaria y proyección social facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

##### **4.5.1 Técnicas**

- Para cuantificar la humedad
- Para la medición de la temperatura de secado por convección
- Para la medición de tiempo de secado por convección.
- Para análisis organoléptico: Extracción de aceite esencial.

##### **4.5.2 Instrumentos**

###### ➤ **Equipos**

- Horno de secado con bandejas horizontales.
- Balanza electrónica analítica (Marca: H. W. Kessel S.A, modelo: GR-200, especificación: Max 210g, Min 10mg e= 1mg, d= 0.1mg)
- MB90 Analizador de humedad OHAUS
- Equipo de arrastre de vapor

###### ➤ **Instrumentos**

- Termómetro
- Cronómetro

➤ **Materiales**

- Mesa de selección y lavado
- Material de vidrio
- Gavetas plásticas
- Recipientes plásticos

#### 4.6 Análisis y procedimiento de datos

El modelo a usar será un diseño factorial de dos factores con tres niveles. Se evaluará si los datos tienen una distribución normal, también si la media de temperatura y tiempo de secado no tienen una diferencia significativa. Se medirá las variables respuestas como modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijl}$$

Donde:

$\mu$ : *media global del experimento*

$\alpha_i$ : *temperatura de secado  $i = 1, 2, 3$*

$\beta_j$ : *tiempo de secado  $j = 1, 2, 3$*

$\varepsilon_{ijl}$ : *error aleatorio*

$$\varepsilon_{ijl} \sim NID(0, \sigma^2)$$

$i, j =$  *son las réplicas*       $l = 1, 2, 3$

La variable parámetros de secado por convección será evaluada en los niveles de

temperatura 50,60 y 70 y tiempo de 4,5 y 6.

Se utilizará la técnica del ANOVA para determinar las características más adecuadas en el experimento. (Antes y después del experimento). Para eso se plantea la siguiente hipótesis.

$$H_o: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_i = 0$$

$H_a$ : al menos una  $\alpha_i \neq 0$

$$H_o: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_j = 0$$

$H_a$ : al menos una  $\beta_j \neq 0$

$$H_o: (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ para todas las } i, j$$

$H_a$ : al menos una  $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$

Para el análisis se utilizará el paquete estadístico Minitab.

## V.RESULTADOS

### 5.1 Resultados descriptivos

#### 5.1.1 Caracterización de la albahaca

Para conocer el estado de la muestra de albahaca se midió la humedad inicial utilizando un analizador de humedad MB90-OHAUS y la cantidad de aceite esencial por arrastre de vapor. Los resultados se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Porcentaje de humedad y de aceite de esencial de la albahaca*

Muestra	Humedad inicial (%)	%Aceite inicial
1	88.09	0.26
2	86.79	0.25
3	86.00	0.24

La medición de la humedad inicial de la albahaca fresca se realizó por triplicado obteniendo como promedio 86.96%. En la medición de aceite esencial inicial también por triplicado el promedio fue de 0.25%.

#### 5.1.2 Secado

Al haber realizado primero la caracterización de la muestra fresca, se prosiguió con el secado por convección en un horno de bandejas horizontales, en la cual se varió los parámetros de temperatura y tiempo. Las temperaturas utilizadas fueron de 50, 60 y 70°C combinados con los tiempos de 4, 5 y 6 horas, obteniéndose las siguientes humedades finales mostradas en la tabla 7.

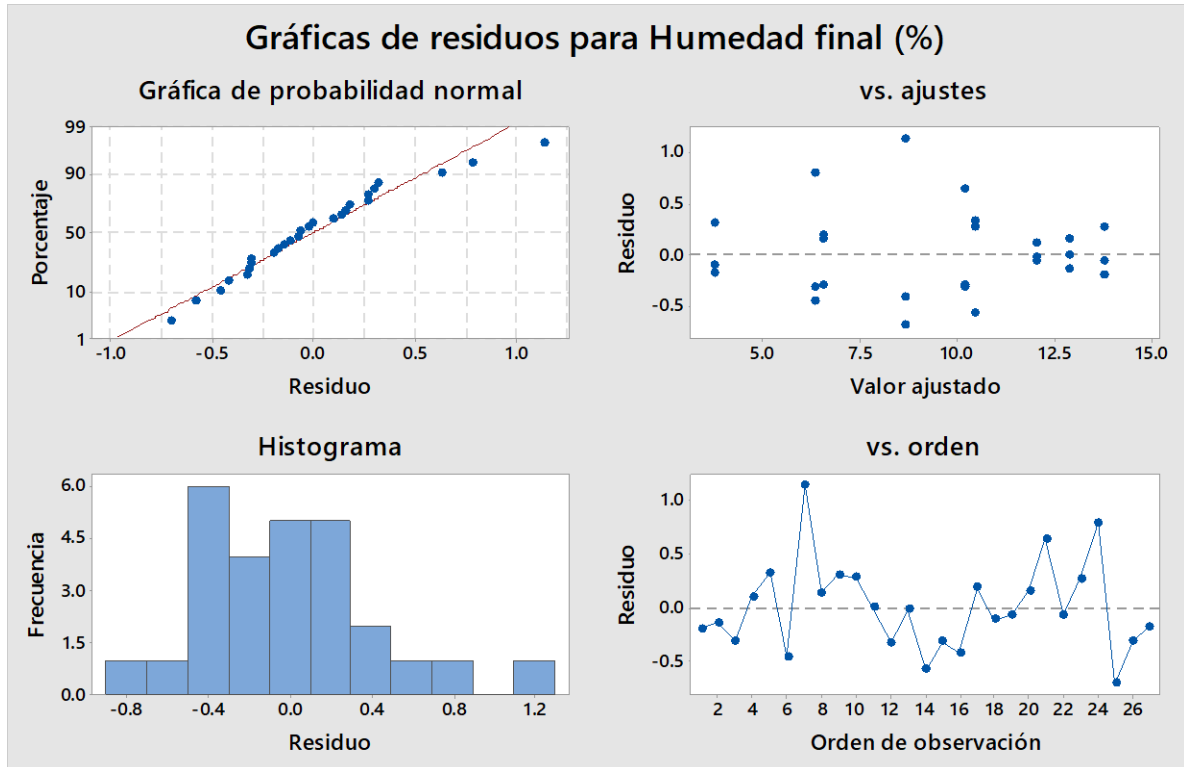


**Tabla 7***Porcentaje de humedad final de la albahaca seca*

Ítem	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Peso inicial (Kg)	Humedad final (%)
1	50	4	7	13.560
2	50	4	7	14.03
3	50	4	7	13.69
4	50	5	7	12.75
5	50	5	7	12.89
6	50	5	7	13.05
7	50	6	7	9.86
8	50	6	7	9.84
9	60	6	7	10.8
10	60	4	7	12.13
11	60	4	7	12.01
12	60	4	7	11.96
13	60	5	7	10.76
14	60	5	7	9.86
15	60	5	7	10.71
16	60	6	7	5.88
17	60	6	7	6.02
18	60	6	7	7.13
19	70	4	7	9.82
20	70	4	7	8.26
21	70	4	7	7.98
22	70	5	7	6.71
23	70	5	7	6.75
24	70	5	7	6.26
25	70	6	7	4.08
26	70	6	7	3.66
27	70	6	7	3.60

**Figura 7**

*Análisis de los resultados: residuos*



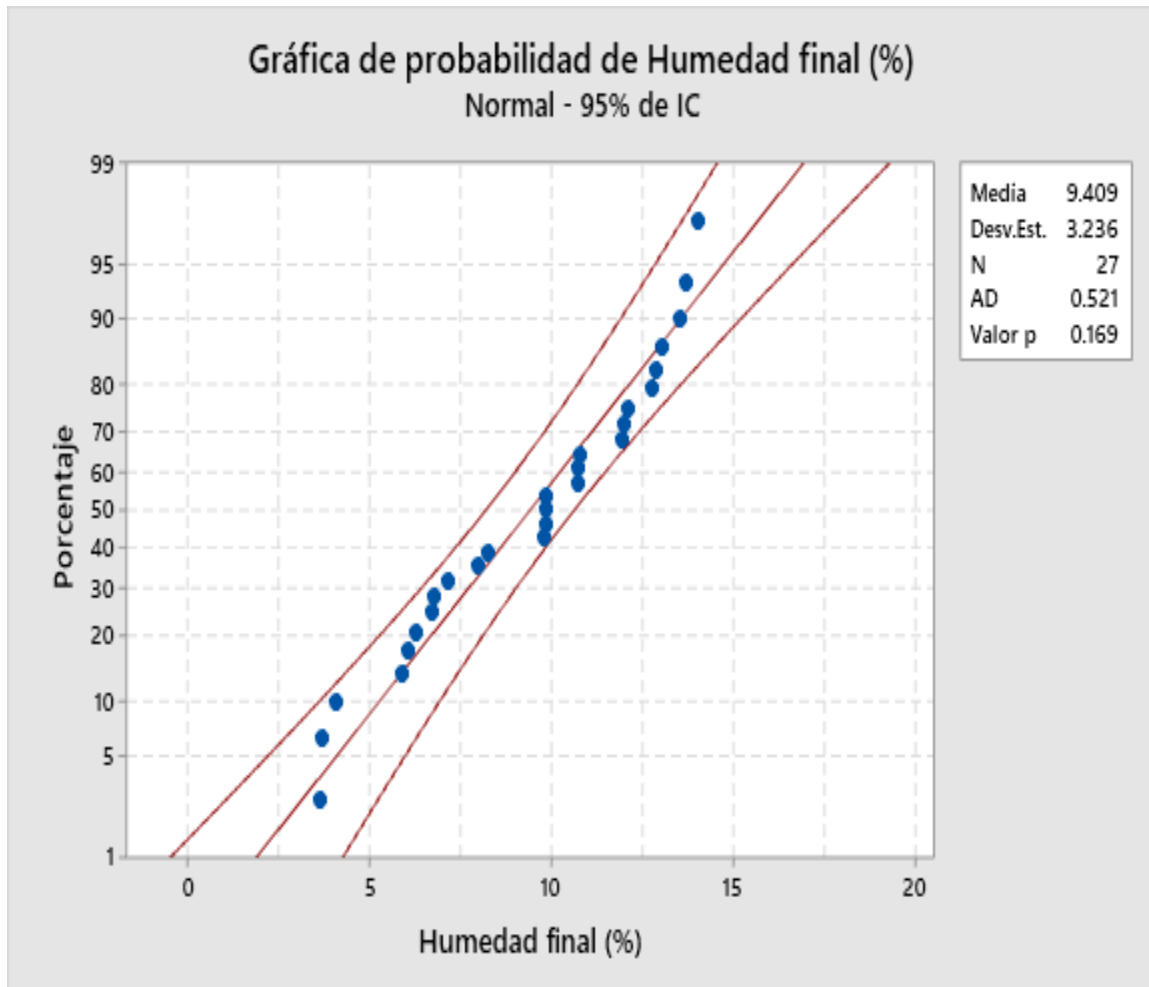
Interpretación: En la figura 7, podemos observar que en la primera gráfica de probabilidad normal los datos cercanos a la recta presentan una distribución normal y junto con el histograma podemos comprobar dicha distribución.

En la segunda grafica de Residuo vs. Ajustes podemos observar que tienen una varianza constante; ya que los residuos están distribuidos aleatoriamente y la varianza en los diferentes tratamientos son aproximadamente iguales.

En la cuarta grafica de Residuo vs. Orden podemos observar que los resultados son independientes ya que no muestran una tendencia ni patrones en el orden cronológico. Los puntos se ubican aleatoriamente alrededor de línea central.

**Figura 8**

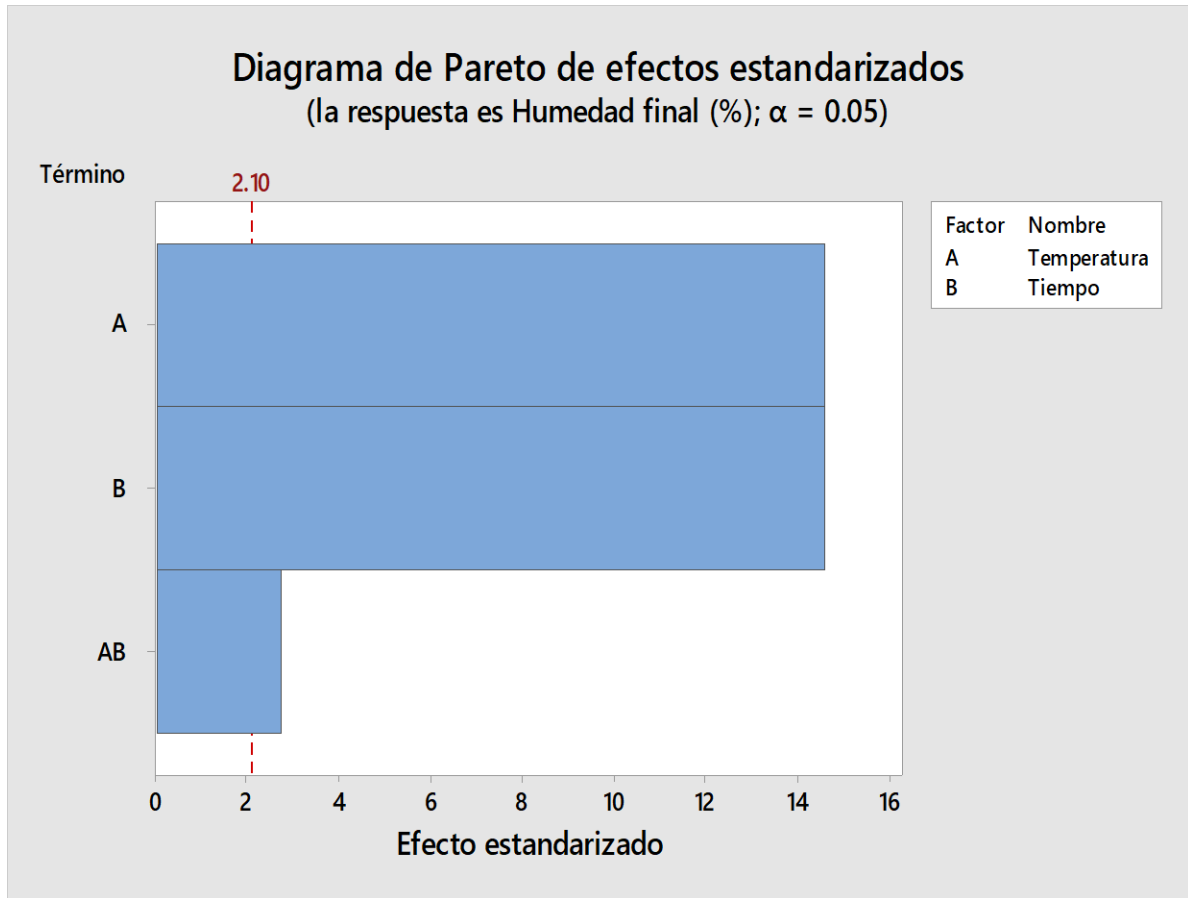
*Gráfica de probabilidad de residuo*



Interpretación: En la figura 8, se observa que *valor p* es 0.169 es mayor a 0.05, por lo que se concluye que tiene una distribución normal y se acepta la hipótesis nula que los datos tienen una distribución normal.

**Figura 9**

*Pareto de efectos estandarizados*



Interpretación: En la figura 9, se puede observar que en la gráfica de Pareto los dos factores al igual que la interacción de dichos efectos superan el umbral 2.10 por lo que se puede concluir que los tres efectos son significativos.

**Tabla 6***Análisis de los resultados ANOVA*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	8	267.818	33.4773	134.49	0.000
Lineal	4	263.589	65.8973	264.74	0.000
Temperatura	2	158.650	79.3248	318.68	0.000
Tiempo	2	104.940	52.4698	210.79	0.000
Interacciones de 2 términos	4	4.229	1.0573	4.25	0.014
Temperatura*tiempo	4	4.229	1.0573	4.25	0.014
Error	18	4.480	0.2489		
Total	26	272.299			

Interpretación: En la tabla 6, el análisis de ANOVA se puede observar que el *valor p* = 0 para los efectos principales y el *valor p* = 0.014 para la interacción por lo que son significativos ya que sus valores son menores a 0.05. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que por lo menos una media es diferente.

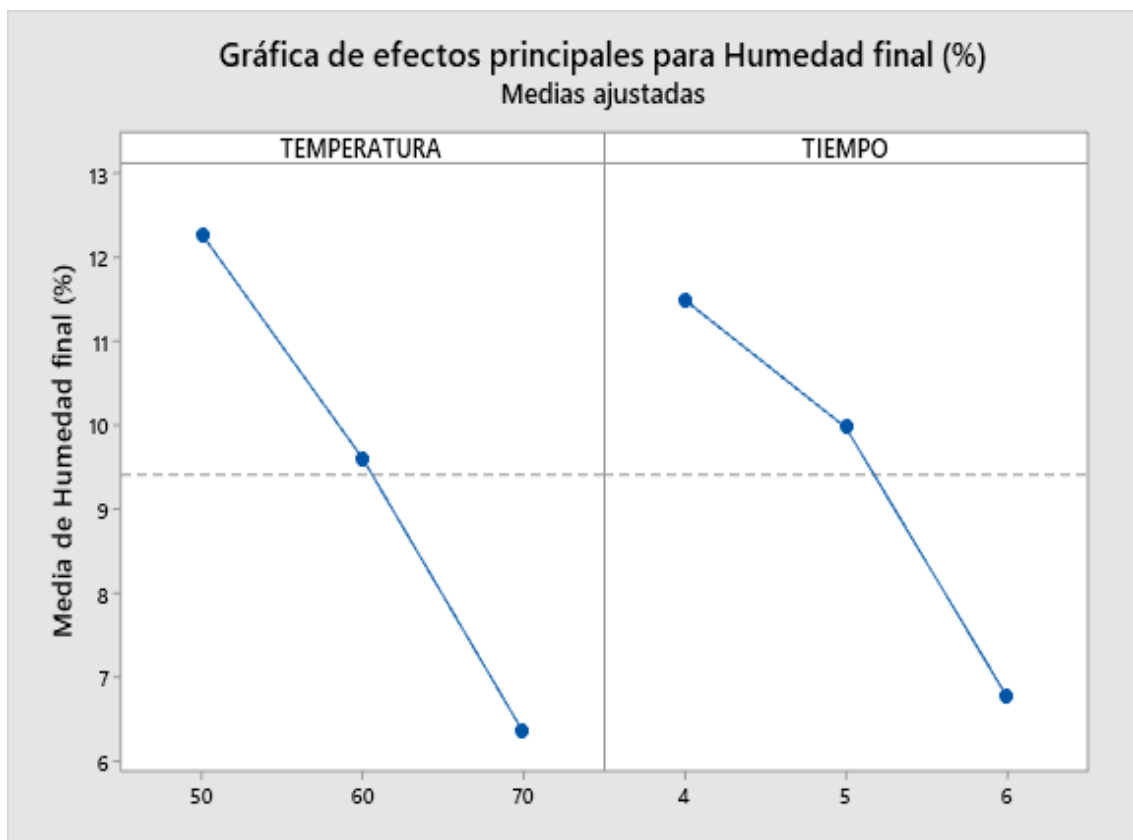
**Tabla 7***Resumen del modelo*

<b>S</b>	<b>R-cuad.</b>	<b>R-cuad. (ajustado)</b>	<b>R-cuad. (pred)</b>
0.498914	98.35%	97.62%	96.30%

Interpretación: En la tabla 7, R-cuadrado ajustado nos indica que el 97.62% de la variabilidad del porcentaje de humedad de la albahaca es explicada por la temperatura, tiempo de secado y la interacción.

**Figura 10**

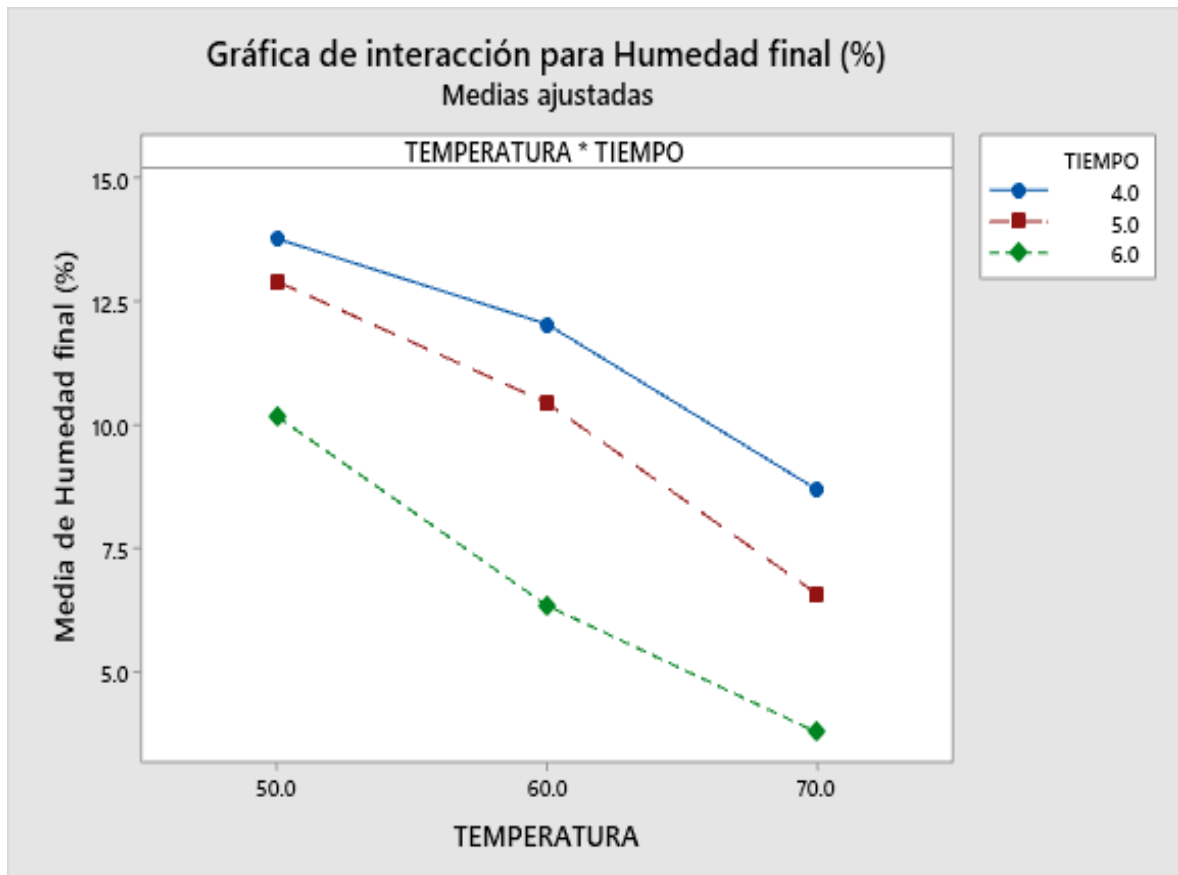
*Gráfica de efectos principales*



Interpretación: En la figura 10, se observa que la temperatura y tiempo afectan el porcentaje de humedad de la albahaca, ya que se percibe pendientes pronunciadas de cada factor.

**Figura 11**

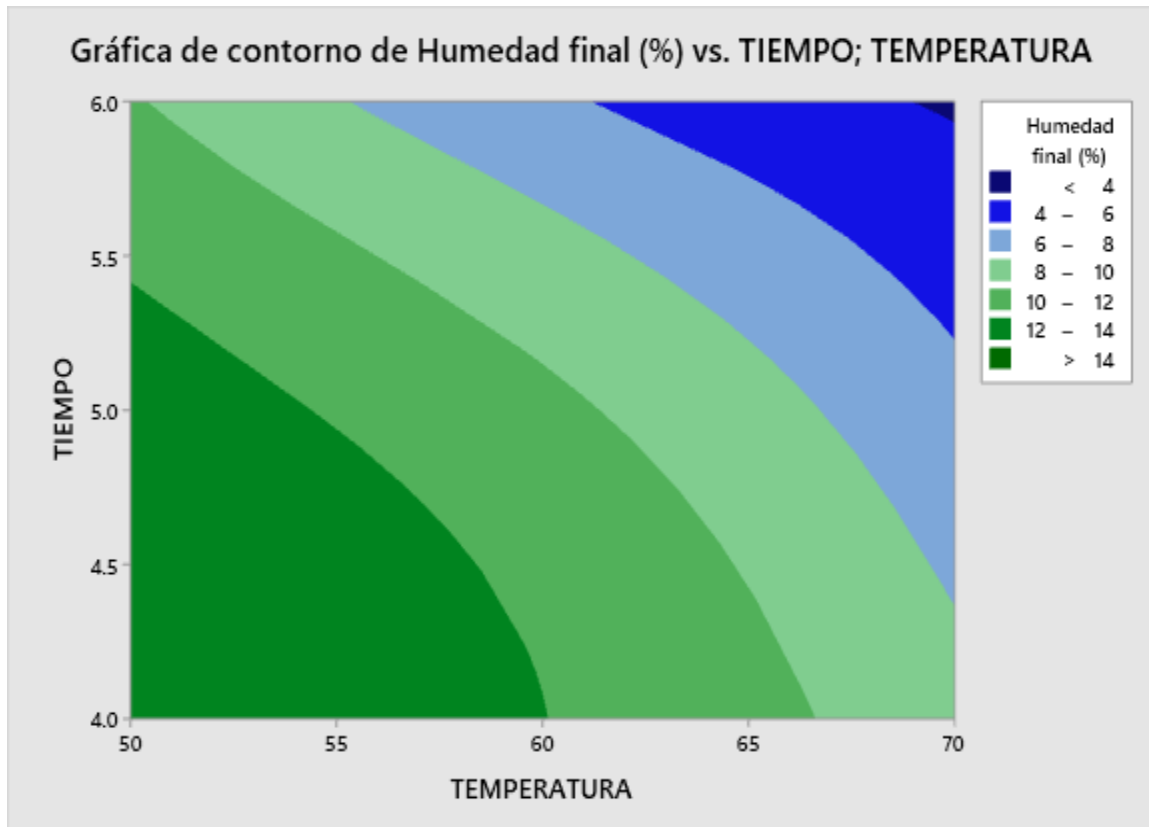
*Gráfica de interacción para humedad final*



Interpretación: En la figura 11, en general se obtiene un porcentaje humedad de albahaca más alta con una temperatura más baja, independientemente del tiempo. Al cambiar, de una temperatura baja a una intermedia, el porcentaje de humedad con un tiempo de 5 horas se encuentra en rango de 9-11%. Cuando la temperatura pasa del nivel intermedio a nivel alto, el porcentaje de humedad disminuye linealmente para el tiempo de 5 y 6 horas.

**Figura 12**

*Gráfica de contorno del porcentaje de humedad final*

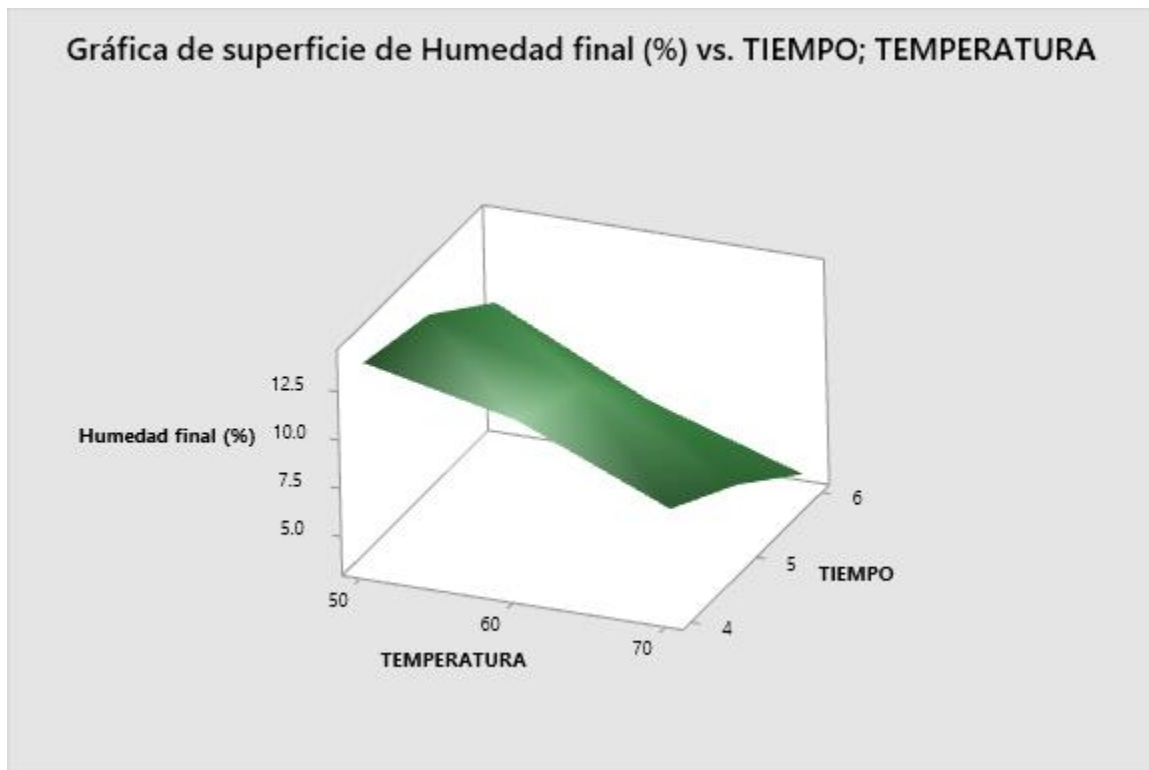


Interpretación: En la figura 12, se puede observar la interacción de los factores temperatura y tiempo, también en que región se encuentra el porcentaje de humedad final.



**Figura 13**

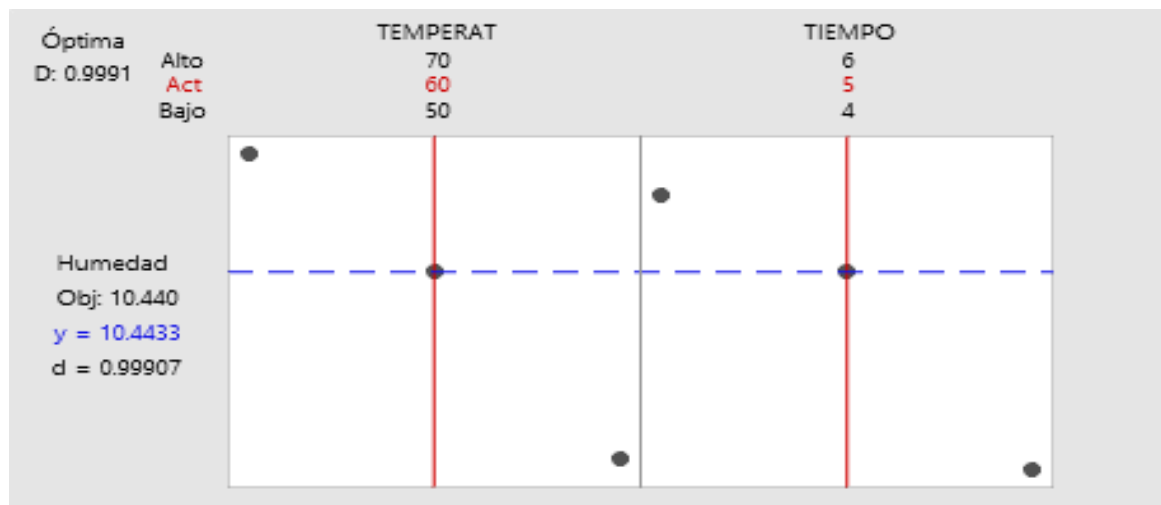
*Gráfica de superficie del porcentaje de humedad final*



Interpretación: En la figura 13, se aprecia que en la parte central el porcentaje de humedad final se encuentra en el rango 9-11%, además la temperatura y tiempo aproximado a ese rango es de 60° y 5 horas correspondientemente.

**Figura 14**

*Gráfica de punto óptimo.*



Interpretación: En la figura 14, nos indica que a la temperatura de 60°C y a un tiempo de 5 horas se obtiene el punto óptimo de 10.44% de humedad final.

### 5.1.3 Extracción de aceite de la albahaca seca

Al realizar el secado de la albahaca a las diferentes temperaturas y tiempos, se observa que a la temperatura de 50°C y tiempo de 6 horas, así mismo a la temperatura de 60°C y tiempo de 5 horas la humedad final se encuentra en el rango de 9-11% por lo cual se procedió a extraer el aceite esencial en dichas muestras a través del método de arrastre por vapor, la cual nos indicará si el porcentaje ha variado respecto al porcentaje de aceite inicial en las hojas frescas de albahaca, al ser este un indicador de las propiedades organolépticas, en la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 10**

*Porcentaje de aceite esencial*

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Aceite esencial (%)</b>
50	6	0.20
50	6	0.20
50	6	0.18
60	5	0.27
60	5	0.24
60	5	0.25

Interpretación: En la tabla 10, se analizaron los datos y se obtuvo que el porcentaje promedio de aceite esencial de la muestra seca a 50°C y 6 horas es de 0.193% el cual al compararlo con el aceite inicial se tiene una variación de 22.8%, mientras que el aceite esencial obtenido del secado a 60°C y 5 horas el promedio es de 0.253% el cual al compararlo con el aceite inicial se tiene una variación de 1.18%.

#### **5.1.4 Envasado de la albahaca seca**

Después de haber realizado el secado de la albahaca a las diferentes temperaturas y tiempos, se procedió a envasar 5 gramos de albahaca seca en bolsas de polietileno y foil de aluminio (ver figura 15 y 16), para comprobar con cuál de estas las propiedades organolépticas se conservan de una manera óptima.

**Figura 15**

*Envasado en bolsas de polietileno*



**Figura 16**

*Envasado en bolsas de foil de aluminio*



### 5.1.5 Prueba de Friedman

Para evaluar las propiedades organolépticas (olor y sabor) de la albahaca se utilizó la prueba de Friedman (ver ficha anexo 5). Se escogió un panel de 6 personas a las cuales primero se les hizo oler y probar la albahaca fresca, la siguiente etapa fue vender a las personas para que el resultado al momento de oler y probar la muestra seca sea objetivo. Cada participante olió y probó las muestras que fueron secadas a 60°C y 5 horas y las cuales fueron empaquetadas en los envases de polietileno y foil de aluminio, por lo cual se tuvo 3 mediciones por cada persona.

$$\chi^2 = \frac{12}{nk(k+1)} \left( \sum R^2j \right) - 3n(k+1) \quad (4)$$

Donde:

N: número de filas

K: número de tratamientos

Rj: suma de los rangos de la j-ésima columna

Los resultados de dicha prueba se muestran en la tabla 11.

**Ho:** El envase apropiado para la mejor conservación de la albahaca

*(Ocimum basilicum)* no es el envase de foil de aluminio.

**Ha:** El envase apropiado para la mejor conservación de la albahaca

*(Ocimum basilicum)* es un envase de foil de aluminio.

**Tabla 11**

*Resultados de la prueba de Friedman para el aroma*

Expertos	Envases	
	Polietileno	Foil de aluminio
1	8	10
2	6	12
3	8	12
4	10	12
5	8	10
6	8	8

Analizando los resultados en SPS tenemos lo siguiente:

**Tabla 12**

*Rangos de Friedman*

	Rango promedio
Polietileno	1,08
Foil	1,92

**Tabla 13**

Análisis de la prueba de Friedman

<b>Estadísticos de prueba</b>	
N	6
Chi-cuadrado	5,000
Gl	1
Sig. asintótica	,025

Interpretación: En la tabla 13, se puede observar en el resultado  $p < 0.05$  por lo cual se rechaza la hipótesis nula entonces se acepta la hipótesis alterna lo cual nos indica que el foil de aluminio conserva mejor las propiedades aromáticas de la albahaca, en este caso el aroma.

**Tabla 14***Resultados de la prueba de Friedman para el sabor*

<b>Expertos</b>	<b>Envases</b>	
	<b>Polietileno</b>	<b>Foil de aluminio</b>
1	7	7
2	10	11
3	6	10
4	10	14
5	5	6
6	7	8

Analizando los resultados en SPS tenemos lo siguiente:

**Tabla 15**

*Rangos de Friedman*

	<b>Rango promedio</b>
Polietileno	1,08
Foil	1,92

**Tabla 16**

*Análisis del p*

<b>Estadísticos de prueba</b>	
N	6
Chi-cuadrado	5,000
Gl	1
Sig. asintótica	,025

a. Prueba de Friedman

Interpretación: En la tabla 16, se puede obtuvo como resultado  $p < 0.05$  por lo cual se rechaza la hipótesis nula entonces se acepta la hipótesis alterna lo cual nos indica que el foil de aluminio conserva mejor las propiedades aromáticas de la albahaca, en este caso el sabor.



## **5.2 Resultados inferenciales**

No se hizo los métodos inferenciales porque nuestra población y muestra de albahaca fresca van a variar según el lugar de cosecha y la estación en la cual se encuentren.

## **5.3 Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis.**

No corresponde

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### ***6.1.1 De la hipótesis general***

La hipótesis general plantea que para conservar las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) la humedad final se logra en un rango de 9-11% después de realizar el secado por convección.

La hipótesis queda comprobada al hacer el contraste con los resultados, ya que las humedades obtenidas tienen como promedio 10.44%, el cual se encuentra en el rango proyectado.

#### **6.1.2 De las hipótesis específicas**

a) Planteamos que las características más importantes de la albahaca (*Ocimum basilicum*) son las organolépticas, para ello se caracterizó esta planta tanto al inicio en su forma fresca como al final en su forma seca, analizando la humedad inicial, % aceite esencial inicial, la humedad final y el % de aceite esencial final.

En los resultados se pudo contrastar que no hubo un cambio significativo en el % de aceite esencial, el cual nos indica que las propiedades organolépticas de la albahaca no han variado, por lo cual la hipótesis queda comprobada.

b) Se plantea que los parámetros óptimos para el secado por convección de la albahaca (*Ocimum basilicum*) es cercano a 60°C y un tiempo de 5 horas.

Contrastando con los resultados obtenidos del secado a las diferentes temperaturas de 50, 60 y 70 °C cada uno con los tiempos de 4, 5 y 6 horas, se tuvo como resultado

que a la temperatura de 60°C y tiempo de 5 horas la humedad final de secado se encontraba en el rango planteado de 9-11%, cuyo indicador fue medir el % de aceite esencial presente en este, al realizar la comparación del aceite esencial en su forma natural y en su forma seca no hay diferencia significativa, por lo cual queda comprobada la hipótesis.

c) Se plantea que el envase apropiado para la mejor conservación de la albahaca (*Ocimum basilicum*) es un envase de foil de aluminio, al haber realizado el envasado en los 2 tipos de materiales y haber realizado la prueba de Friedman una semana después y contrastando los resultados, se obtuvo que el material de foil de aluminio conserva mejor las propiedades organolépticas de la albahaca, comprobando lo planteado.

## **6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

Al contrastar los resultados obtenidos en la presente investigación con los antecedentes más relevantes, se tiene lo siguiente:

En la investigación de Tonguino (2011) sobre la “Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas: menta (*Mentha piperita* L) y orégano (*Origanum vulgare* L)”, el cual nos indica que es necesario que la humedad se trabaje alrededor de 10 % para preservar sus características organolépticas, queda comprobado que para nuestra investigación dicho porcentaje es correcto ya que nuestro resultado fue de 10.44 % y las propiedades se conservan.

Por otra parte en el trabajo de Jeria y Pozo (2011) el cual desarrolló el “Secado convectivo de hojas de stevia rebaudiana y factibilidad técnico-económica de una

planta elaboradora de edulcorante a base de stevia”, quienes nos plantearon que la deshidratación de este debe llevarse hasta una humedad de 10 % además concluye que la humedad de equilibrio se da a 60 °C, si comparamos con los resultados obtenidos en la presente investigación comprobamos que nuestra humedad y temperatura planteadas son semejantes por lo cual nuestras propiedades organolépticas se conservan óptimamente.

Mientras que García et al. (2010) en la investigación sobre el “Aprovechamiento de cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petroselinum crispum*), aplicando procesos de deshidratación” para visualizar el cambio que habría en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cilantro y perejil. Hicieron pruebas a diferentes temperaturas cuyo rango estuvo entre 50 y 70°C nos indica que humedad final se obtuvo entre 8%-10%, con cambio no tan significativos en el olor y sabor, comparándolo con nuestros resultados se comprueba nuestro planteamiento al tener 10.44% de humedad promedio y la no variación de las propiedades organolépticas.

### **6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente trabajo de tesis, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao, según Resolución de Consejo Universitario N° 260- 2019-CU.

## VII. CONCLUSIONES

- La conservación de las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) se dan a una humedad final que está en un rango de 9-11%, después de realizar el secado por convección el punto óptimo del porcentaje de humedad final es 10.44%.
- La caracterización inicial a las hojas frescas de albahaca y al final del secado con la temperatura y tiempo óptimo nos permitió analizar y comprobar que a dichos parámetros las propiedades organolépticas no se ven alteradas.
- Los parámetros óptimos de temperatura y tiempo obtenidos para el secado por convección fueron de 60°C y 5 horas, los cuales nos permite llegar al % de humedad óptimo de 10.44%.
- Al envasar la albahaca seca en los envases de polietileno y foil de aluminio, y al realizar una prueba de Friedman para analizar el aroma y sabor, se obtiene que el  $p < 0.05$  por lo cual se concluye que el foil de aluminio conserva mejor las propiedades aromáticas.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la investigación de los compuestos del aceite esencial de la albahaca para verificar la variación de cada uno de ellos y verificar cuál de ellos es más influyente en las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*).
- Se recomienda la comparación de los parámetros de secado de la albahaca extraída de diferentes lugares y diferentes estaciones climáticas para analizar el comportamiento de la humedad y la conservación de sus propiedades organolépticas.
- Se sugiere analizar el espesor del foil de aluminio para que la conservación de las propiedades aromáticas sea el más óptimo.
- Se recomienda realizar la valorización de costo/beneficio para la comunidad.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, J. (1996). *Principios de ingenierías aplicadas a alimentos*. Quito, Ecuador:

Radio comunicaciones (pp 127). ISBN: 978-9942-11-507-2

Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (4ta ed.), México Pearson

Educación. (07 diciembre de 2020).

[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/LibroBadui2006\\_26571](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/LibroBadui2006_26571)

[.pdf](#) ISBN: 970-26-0670-5

Botanical- Online (2002). *Propiedades de plantas medicinales* (07 diciembre

de 2020) [https://www.botanical\\_online.com/medicinalsocimum.htm](https://www.botanical_online.com/medicinalsocimum.htm).

Caballero C., J. (2015). *Diseño de una secadora de cacao para almacenaje con*

*capacidad de 2 T/día*. Tesis de título de Ingeniero de Mecánico.

Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Díaz, F. (2009). *Estudio del proceso de secado en una columna de charolas*.

Tesis de maestría en Ciencias de Ingeniería Mecánica. Centro

Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Morelos,



México.

Fito, P., Andrés, A., Barat, J., ALBORS, A. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* (1era ed.) España: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 978-84- 9705-025-8

Fonnegra, R y Jiménez, S. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia* (2da ed, pp 368), Colombia: Universidad de Antioquia. ISBN:978-958-655-999-7

Frazier, W y Westhoff, D. (2003). *Microbiología de los alimentos* (4ta ed. pp 128,181) Zaragoza, España. ISBN: 84-2004734-X.

Galindo, R. C. (2016). *Secado de hojas de salvia (Salvia Officinalis) y su influencia en el color y propiedades sensoriales*. Tesis para el título de Ingeniero Agroindustrial Universidad Nacional José María Arguedas. Apurímac- Perú.

García, M., Rugel, J., Rodríguez., Eduardo, Vargas, E. (2010). *Aprovechamiento de cilantro (Coriandrum sativum) y perejil (Petrosilenum crispum) aplicando procesos combinados de deshidratación*. Revista Resultado de Investigación, (3): 22-61.

ISSN: 2027- 0291.

Hernández, C., Pérez, E. (2003). *Evaluación de las variables de secado para la conservación de las hojas de la planta de añil* Tesis para el título de Ingeniero Químico. Universidad del Salvador. San Salvador.

Hiperbaric S.A. (2002). *Actividad de agua*. (07 diciembre de 2020).  
<https://www.hiperbaric.com/es/actividad-de-agua-aw>

Jeria, H., Denisse, M., Pozo, A. (2011). *Estudio del secado convectivo de hojas de stevia rebaudiana y factibilidad técnico- económica de una planta elaboradora de edulcorante a base de stevia*. Tesis para el título de Ingeniero en alimentos. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Karl-Georg Fahlbusch, F.-J. H. (2002). *Flavors and Fragrances*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim.  
[doi 10.1002/14356007.a11\\_141](https://doi.org/10.1002/14356007.a11_141)

La Asociación Tierra y Vida. *La albahaca: Propiedades* (20 de diciembre de 2020) [http://bioterrayvida.com/index.php?option=com\\_content&view](http://bioterrayvida.com/index.php?option=com_content&view)

Lee, S.y Prosky, I. (1995). *International survey on dietary fiber: definition, analysis and reference materials*. Journal of AOAC international,

(78): 22-36. ISSN: 7703724

Lee, S., Umano, K., Shibamoto, T., Lee, K. (2004). *Identificación de los compuestos volátiles de la albahaca y otras hojas*. Journal, (pp 131-137). ISSN: 2007-7750

López, R. (2016). *Curvas de secado y su relación a características sensoriales composición química y uso energético de follaje de Moringa oleífera Lam.* Tesis para el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Magya, Ministerio de la Agricultura ganadería y alimentos. (2014). *Aromas*. Secretaría de producción agropecuaria familiar Gobernador Roca esq. La Coruña, Parque Sarmiento, Córdoba.

Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales*. Retrieved June 25, 2016, from <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/esencias2001b.pd>

Ministerio de Agricultura y Riego - *Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria*. (2018). Perú. (07 diciembre de 2020) [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digital](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digital)

Ministerio De Comercio Exterior Y Turismo. (2009). *Guía de envases y embalajes* (1era ed, pp 34). Lima, Perú.

Monares, H. (2015). *Deshidratación de la punamuña (Satureja boliviana) en secador de bandejas*. Tesis para el título de Ingeniero Agroindustrial Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas, Perú.

Moré, E., Melero, R. (2013). *Transformación de plantas aromáticas y medicinales*. Catalunya, España: Centro Tecnológico Forestal de Cataluña. ISBN: 978-84-692-2696-4

Mujumdar, Arun. (2000). *Mujumdar's practical guide to industrial drying*. Montreal: Exergex Corporation. ISBN: 978 – 1- 4665- 9665- 8

Muñoz, F. (1996). *Plantas medicinales y aromáticas; estudio, cultivo y procesado* (2da Reimpresión, pp 15, 247, 267, 311, 312, 316, 320), Madrid, España: Mundi Prensa S.A. ISBN: 84 – 7114- 175- 2.

Norma Técnica peruana (NTP 209.039). (2009). *Alimentos envasados. Etiquetado* (7<sup>ma</sup> Ed.) Lima – Perú. (1pp).

- OTI- B., Peggy, Axtell, Barrie. (1998). *Libro de consulta sobre tecnologías aplicadas al ciclo alimentario. Técnicas de envasado y empaque.* Lima, Perú: ITDG. (51pp). ISBN: 9972- 47030- X.
- Palomino, C. Jessica. (2016). *Estudio de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de romero (Rosmarinus Officinales, L.).* Tesis para el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Privada de Tacna- Perú.
- Paquita, R. (2015). *Efecto del secado y temperatura en la cinético de secado de las hojas de quinua (Chenopodium quinoa Willd), variedad salcedo Inia.* (Tesis para el título de Ingeniero Agroindustrial). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano)
- Perry, R., Green, D. (2001). *Manual del ingeniero químico* (Vol. 2, 7ma ed. pp 12-32) España: McGraw- Hill. ISBN: 9788448130084
- Potter, N. (1987). *La ciencia de los alimentos.* Zaragoza, España: Acribia. (749 pp). ISBN: 978 – 84- 200- 0891-2.
- Resolución Presidencial N° 215-2018-CONCYTEC-P. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 16 de noviembre de 2018.

Reyes, M., Gomez, P. y Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (10 ma. ed.) Perú: Segear S.A.C, (07 diciembre de 2020) <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/INS/1034/tablase-peruanas-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ISBN: 978-612-310-117-6

Rico, A. (2006). *Efecto de la velocidad del aire y la temperatura sobre la texturay el color de dos tipos de fruta deshidratadas en un túnel con aire caliente*. Tesis para el título de Ingeniero de Alimentos Universidad deLa Salle. Bogotá, Colombia.

Rosenthal, A. (2001). *Textura de los alimentos medida y percepción*. Zaragoza, España: Acribia (pp 155-264). ISBN: 978-84-200-0950-6.

Sancho, J., Bota, E. y Castro, J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos* (1<sup>era</sup> ed., pp 121) Barcelona, España: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.  
ISBN 13: 9788483380529

Scribd company. (15 de Junio de 2021). *Los principios de la conservación de alimentos*. Disponible en: <https://es.slideshare.net/msim666/los-principios-de-la-conservacin-de-alimentos>

Tonguino, M. (2010). *Determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas; menta (mentha piperita l) y orégano (Origanum vulgare l)*. Tesis para el título de ingeniero Agroindustrial Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Vega, H., Góngora, M., Barbosa, G. (2001). *Advances in dehydration of foods*. Journal of food engineering, 49(4):271-289. ISSN: 2319-7064

Vega, G., Escandón, M., Soto, R. y Mendoza, A. (2018). *Instructivo técnico del cultivo de la albahaca (Ocimum basilicum l.) en cuba*. (05 de diciembre de 2020):  
<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca.pdf>

Web consultas Healthcare S.A. *Albahaca*. (07 de diciembre de 2020).  
<https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/plantas-medicinales/como-se-toma-la-albahaca-usos-y-remedios-naturales>

# ANEXO



## Anexo 1. Matriz de consistencia

### Conservación de las propiedades aromáticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) por medio de la evaluación de los parámetros de secado por convección y envase apropiado.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores	Método
<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>
¿Cómo conservar las propiedades aromáticas de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) utilizando el proceso de secado por convección y el envase apropiado?	Conservar las propiedades aromáticas de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) utilizando el proceso de secado por convección y el envase apropiado.	La conservación de las propiedades aromáticas de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) seca se logra a una humedad final en un rango 8% - 10%, envasado en foil de aluminio.	Conservación de propiedades	Propiedades Organolépticas	Olor	Análisis de datos
					Sabor	
				Propiedades físico – Químicas	% Humedad	Gravimetría
<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>
¿Cuáles son las características más importantes de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) antes y después del secado?	Caracterizar la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) antes y después del secado	Las características más importantes de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) son las organolépticas.	Caracterización	Humedad	% Humedad (inicial)	Gravimetría
				Aceite esencial	% Aceite esencial	Arrastre por vapor
¿Cuáles son los parámetros óptimos de temperatura y tiempo para el secado por convección de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) al fin de conservar sus propiedades aromáticas?	Determinar la temperatura y el tiempo adecuado para el secado por convección de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) para conservar sus propiedades aromáticas.	Los parámetros óptimos para el secado por convección de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) es cercano a 60°C y un tiempo de 5 horas.	Temperatura de secado	-	°C	Termometría
					°C	
					°C	
			Tiempo de secado	-	h	Cronometría
	h					
	h					
¿Cuál es el tipo de envase apropiado que nos permitirá conservar las propiedades aromáticas de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) seca?	Seleccionar el envase apropiado para la conservación de propiedades aromáticas de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) seca.	El envase apropiado para la mejor conservación de la albahaca ( <i>Ocimum basilicum</i> ) es un envase de foil de aluminio.	Tipo de envase	Polietileno	Olor y Sabor	Prueba de Friedman
				Foil de aluminio		

## Anexo 2. Caracterización inicial de la albahaca



Se utilizó el equipo por arrastre de vapor. Se utilizaron 3kg de hojas de albahaca

### Extracción de aceite esencial de la albahaca



### Anexo 3. Secado de albahaca en el horno de bandejas horizontales

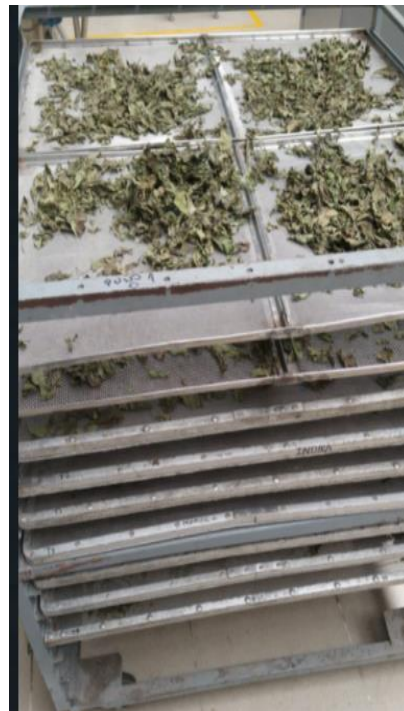
Secado de hojas a 50°C por 6 horas



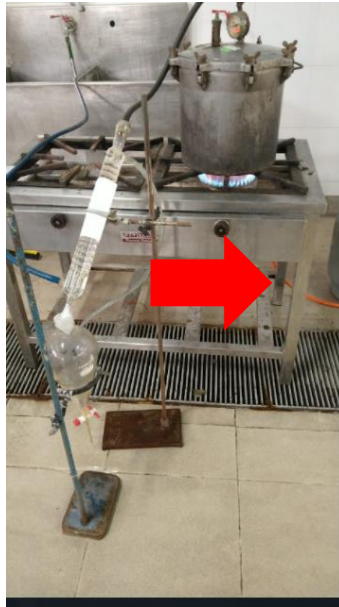
Secado de hojas a 70 °C por 4 horas



**Secado de hojas a 60°C por 5 horas**



#### Anexo 4. Extracción de aceite de las hojas secas



## Anexo 5. Resultados estadísticos

### 1. Creación del diseño factorial

Minitab - Sin título - [Hoja de trabajo 1 \*\*\*]

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Temperatura	Tiempo	Humedad final (%)	AJUSTESI	RESII	
1	1	1	1	1	50	4	13.56	13.7600	-0.20000	
2	2	2	1	1	50	5	12.75	12.8967	-0.14667	
3	3	3	1	1	50	6	9.86	10.1667	-0.30667	
4	4	4	1	1	60	4	12.13	12.0333	0.09667	
5	5	5	1	1	60	5	10.76	10.4433	0.31667	
6	6	6	1	1	60	6	5.88	6.3433	-0.46333	
7	7	7	1	1	70	4	9.82	8.6867	1.13333	
8	8	8	1	1	70	5	6.71	6.5733	0.13667	
9	9	9	1	1	70	6	4.08	3.7800	0.30000	
10	10	10	1	1	50	4	14.03	13.7600	0.27000	
11	11	11	1	1	50	5	12.89	12.8967	-0.00667	
12	12	12	1	1	50	6	9.84	10.1667	-0.32667	
13	13	13	1	1	60	4	12.01	12.0333	-0.02333	
14	14	14	1	1	60	5	9.86	10.4433	-0.58333	
15	15	15	1	1	60	6	6.02	6.3433	-0.32333	
16	16	16	1	1	70	4	8.26	8.6867	-0.42667	
17	17	17	1	1	70	5	6.75	6.5733	0.17667	
18	18	18	1	1	70	6	3.66	3.7800	-0.12000	
19	19	19	1	1	50	4	13.69	13.7600	-0.07000	
20	20	20	1	1	50	5	13.05	12.8967	0.15333	
21	21	21	1	1	50	6	10.80	10.1667	0.63333	
22	22	22	1	1	60	4	11.96	12.0333	-0.07333	
23	23	23	1	1	60	5	10.71	10.4433	0.26667	
24	24	24	1	1	60	6	7.13	6.3433	0.78667	
25	25	25	1	1	70	4	7.98	8.6867	-0.70667	
26	26	26	1	1	70	5	6.26	6.5733	-0.31333	
27	27	27	1	1	70	6	3.60	3.7800	-0.18000	
28										
29										

### 2. Diseño factorial de múltiples niveles

Diseño factorial de múltiples niveles			
<b>Resumen del diseño</b>			
Factores:	2	Réplicas:	3
Corridas base:	9	Total de corridas:	27
Bloques base:	1	Total de bloques:	1
Número de niveles: 3;3			

### 3. Regresión factorial general: Humedad final (%) vs. Temperatura, Tiempo.

#### Regresión factorial general: Humedad final (%) vs. ... peratura; Tiempo

##### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Temperatura	3	50; 60; 70
Tiempo	3	4; 5; 6

##### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	267.818	33.4773	134.49	0.000
Lineal	4	263.589	65.8973	264.74	0.000
Temperatura	2	158.650	79.3248	318.68	0.000
Tiempo	2	104.940	52.4698	210.79	0.000
Interacciones de 2 términos	4	4.229	1.0573	4.25	0.014
Temperatura*Tiempo	4	4.229	1.0573	4.25	0.014
Error	18	4.480	0.2489		
Total	26	272.299			

##### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.498914	98.35%	97.62%	96.30%

##### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	9.4093	0.0960	98.00	0.000	
Temperatura					
50	2.865	0.136	21.10	0.000	1.33
60	0.197	0.136	1.45	0.163	1.33
Tiempo					
4	2.084	0.136	15.35	0.000	1.33
5	0.562	0.136	4.14	0.001	1.33
Temperatura*Tiempo					
50 4	-0.599	0.192	-3.12	0.006	1.78
50 5	0.060	0.192	0.31	0.757	1.78
60 4	0.343	0.192	1.78	0.091	1.78
60 5	0.275	0.192	1.43	0.170	1.78

##### Ecuación de regresión

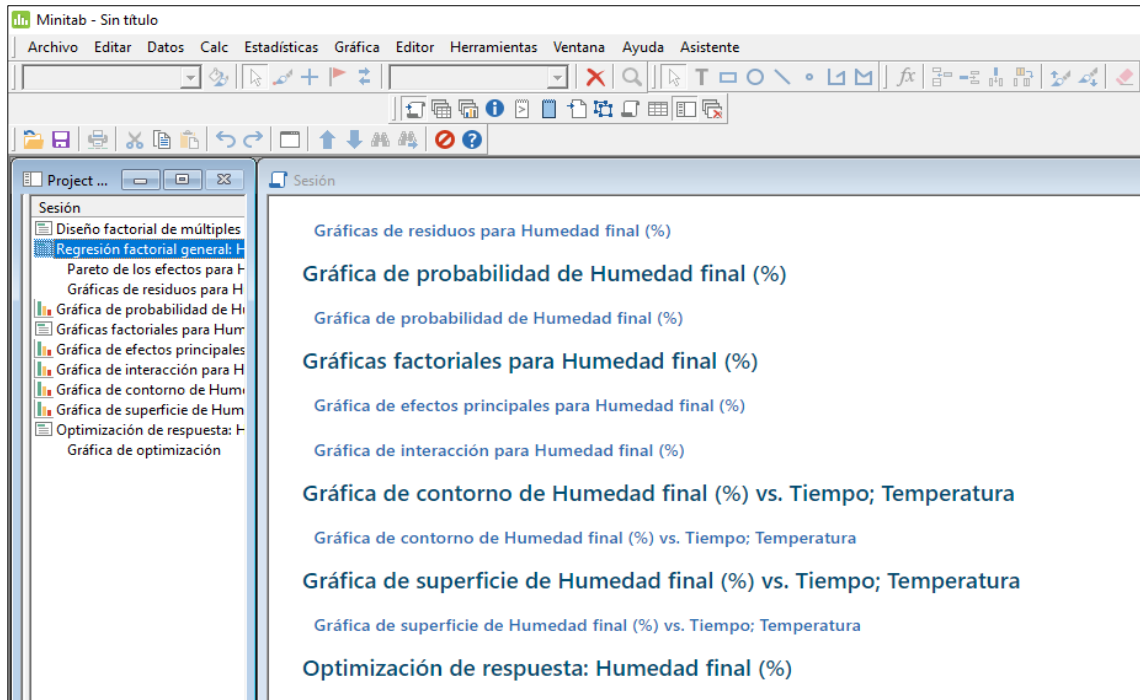
$$\begin{aligned} \text{Humedad final (\%)} = & 9.4093 + 2.865 \text{ Temperatura}_{50} + 0.197 \text{ Temperatura}_{60} \\ & - 3.063 \text{ Temperatura}_{70} + 2.084 \text{ Tiempo}_{4} + 0.562 \text{ Tiempo}_{5} - 2.646 \text{ Tiempo}_{6} \\ & - 0.599 \text{ Temperatura*Tiempo}_{50\ 4} + 0.060 \text{ Temperatura*Tiempo}_{50\ 5} \\ & + 0.538 \text{ Temperatura*Tiempo}_{50\ 6} + 0.343 \text{ Temperatura*Tiempo}_{60\ 4} \\ & + 0.275 \text{ Temperatura*Tiempo}_{60\ 5} - 0.617 \text{ Temperatura*Tiempo}_{60\ 6} \\ & + 0.256 \text{ Temperatura*Tiempo}_{70\ 4} - 0.335 \text{ Temperatura*Tiempo}_{70\ 5} \\ & + 0.079 \text{ Temperatura*Tiempo}_{70\ 6} \end{aligned}$$

##### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Humedad final (%)	Ajuste	Resid	Resid est.	R
7	9.820	8.687	1.133	2.78	R

Residuo grande R

#### 4. Graficas obtenidas de la regresión factorial



**Nota:** Las gráficas fueron presentadas en capítulo V. Resultados

#### 5. Optimización de respuesta: Humedad final (%)

**Optimización de respuesta: Humedad final (%)**

**Parámetros**

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Humedad final (%)	Objetivo	3.6	10.44	14.03	1	1

**Solución**

Solución	Temperatura	Tiempo	Humedad final (%) Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	60	5	10.4433	0.999071

**Predicción de respuesta múltiple**

Variable	Valor de configuración
Temperatura	60
Tiempo	5

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Humedad final (%)	10.443	0.288	(9.838; 11.048)	(9.233; 11.654)

**Gráfica de optimización**



## Anexo 6. Ficha Guía instructiva para la evaluación de propiedades aromáticas de la albahaca seca

Nombre y apellido: ..... Firma: .....

Fecha: .....

La siguiente guía tiene como objetivo medir el grado de aceptación de las propiedades organolépticas de la albahaca seca.

### CARACTERÍSTICAS AROMÁTICAS:

**AROMA:** es la percepción de las sustancias volátiles por medio de la nariz.

El olor debe ser aromático, característico de la albahaca.

**SABOR:** es la impresión que nos causa un alimento u otra sustancia, y está determinado principalmente por sensaciones químicas detectadas por el gusto (paladar).

El sabor debe ser agradable al paladar, fresco, dulce, ligeramente amargo.

### INSTRUCCIONES:

Estimado/a panelista sírvase cuestionar los atributos organolépticos que corresponde a cada una de las muestras presentadas.

Debe tener en cuenta que antes de proceder con la siguiente muestra, debe enjuagarse la boca con agua y esperar un mínimo de 1.5 minutos para proseguir.

La calificación que usted brinde debe ser objetiva.

Se le dará a analizar 6 muestras.

### CARACTERÍSTICA ALTERNATIVA MUESTRAS

**AROMA** Característico

Muy parecido

Poco característico

Nada característico

M1	M2	M3	M4	M5	M6

Puntuación: Característico: 5 , muy parecido: 4, poco característico: 2 , Nada característico: 1

**SABOR** Característico

Muy parecido

Poco característico

Nada característico

M1	M2	M3	M4	M5	M6

Puntuación: Característico: 5 , muy parecido: 4, poco característico: 2 , Nada característico: 1

**LEYENDA:**

M1, M2 y M3: envasados en polietileno

M4, M5 y M6: envasados en foil de aluminio

**Anexo 7. Encuestados para la evaluación de propiedades aromáticas de la albahaca seca**

