



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA
PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE**

ELABORADO POR:

YANERIS PADILLA FERRER

RICARDO ARIAS IGLESIA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

VALLEDUPAR, CESAR

2018



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE

Tesis de grado para optar al título de ingeniero agroindustrial

ELABORADO POR:

YANERIS PADILLA FERRER

RICARDO ARIAS IGLESIA

**DIRECTOR
SIRCARLOS MOLINA RETAMOZO**

FIRMA: _____

VALLEDUPAR

2018



PRESENTACIÓN O IDENTIFICACIÓN DE PROYECTO

TÍTULO:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA
PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE**

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

SIRCARLOS MOLINA RETAMOZO

ESTUDIOS:

QUIMICO FARMACÉUTICO

FIRMA: _____

FACULTAD: Ingenierías y Tecnológicas



1. AUTOR (ES)

NOMBRES	CÓDIGO	DEPARTAMENTO
YANERIS PADILLA FERRER	1065622131	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
RICARDO ARIAS IGLESIA	1065637761	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

2. ENTIDADES INTERESADAS Y/O BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR.

3. DURACIÓN DEL PROYECTO

4 Meses.

4. FECHA DE PRESENTACIÓN

5. FECHA DE APROBACIÓN



TÍTULO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE



NOTA DE ACEPTACION

JURADO

JURADO

VALLEDUPAR, ENERO/2019



DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir todos estos procesos y superarlos de la mejor manera, porque él es bueno para siempre su misericordia; a mis padres GUSTAVO ARIAS CAMARILLO Y EUFEMIA IGLESIA CARMONA quienes con su amor, paciencia, respeto y sobre todo su buen ejemplo guiaron el camino que me ha llevado a este pasó en mi vida.

A mis familiares y amigos que de una u otra manera han estado ahí brindándome su apoyo incondicional que me ayudo en los momentos difíciles.

A mi compañera de tesis Yaneris Padilla.

A ti infinitas gracias por todo.

Ricardo Jose Arias Iglesia



DEDICATORIA

A Dios, por haberme concedido la vida, haciéndome descubrir con sus maravillosas obras cuán grande puede ser el hombre,

Con mucho cariño a mis padres, José Antonio Padilla y Diana Ferrer quienes con amor, sacrificio y constancia inculcaron en mí el amor y respeto al prójimo, supieron apoyarme y guiarme hacia el sendero del éxito. A mí adorado hijo Luis Daniel Bolaño razón de mi vida, quien con su tierna existencia ha logrado dar sentido a mi vida llenándola de aspiraciones y ayudándome a ver la vida con madurez y responsabilidad.

Finalmente a todos mis familiares, maestros y amigos que de una u otra forma me apoyaron durante mi formación personal.

A mi compañero de tesis, Ricardo Arias.

Yaneri Padilla Ferrer



AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por habernos permitido un día más de vida y darnos la oportunidad de vivir para servir a los demás.

A la Universidad Popular del Cesar, a la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, en especial al programa de ingeniería agroindustrial en cabeza del **ING. ROBERT VALERA RESTREPO** y a la señora **JOSEFA POLO** (secretaria de la jefatura de departamento de Ingeniería Agroindustrial) por su colaboración y apoyo incondicional a lo largo de este proceso educativo

A nuestro director el **ING. SIR CARLOS MOLINA**, Director de Tesis, por su orientación en el desarrollo de la presente investigación y por guiarnos para la culminación exitosa de nuestra carrera.

A el **ING. MARLON BASTIDAS** y el **ING. JORGE OROZCO**, por hacer parte de este proceso como evaluadores del mismo ayudándonos a mejorar nuestras ideas para lograr culminar con éxito este trabajo de grado.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron y nos brindaron ayuda para que este trabajo se lleve a cabo.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. JUSTIFICACIÓN	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
3. MARCO REFERENCIAL	25
3.1. ANTECEDENTES	25
3.2. MARCO TEORICO	29
3.2.1. SECADO	29
3.2.2. PRINCIPIOS DE SECADO.....	29
3.2.3. OBJETIVOS DEL SECADO.....	30
3.2.4. COMPONENTES DEL SECADO.....	31
3.2.5. MÉTODOS GENERALES DE SECADO	31
3.2.6. TIPOS DE SECADORES.....	32
3.2.7. SECADOR DE BANDEJA.....	37
3.2.8. DISEÑO DE LA SECADORA	37
3.2.9. EL SECADO Y LA ACCION DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS	38
3.2.10. EL SECADO Y LAS ALTERACIONES FISICO-QUIMICA	38
3.2.11. LA INALTERACION DEL SABOR	39
3.2.12. COMPUESTOS QUE NO DEBEN ALTERARSE	40
3.2.13. LOS ACEITES ESENCIALES	41
3.2.14. HIERBAS AROMÁTICAS.....	43
3.2.15. TORONJÍL.....	44
3.2.16. ORÉGANO.....	45
4. OBJETIVOS.	47
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	47
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47



5.	METODOLOGÍA.....	48
5.1.	POBLACIÓN	48
5.2.	DELIMITACIÓN	48
5.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
5.3.1.	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	49
5.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL	50
5.5.	METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR DE BANDEJAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE	50
5.5.1.	PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR.....	50
5.5.2.	METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DEL SECADOR.....	60
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	67
6.1.	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	67
6.2.	OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO.....	68
7.	CONCLUSIONES.....	71
8.	RECOMENDACIONES.....	72
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	ARTICULO CIENTIFICO.....	77
	ANEXOS.....	83
9.1.	PRESUPUESTO.....	97
9.2.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	98



TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1: VISTA FRONTAL SECADOR DE BANDEJAS.....	55
FIGURA 2: VISTA LATERAL DERECHA SECADOR DE BANDEJAS.....	56
FIGURA 3: VISTA LATERAL IZQUIERDA.....	57
FIGURA 4: VISTA TRASERA DEL SECADOR.....	58
FIGURA 5: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE LA RESISTENCIA 1, SERIE A.....	59
FIGURA 6: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE LA RESISTENCIA 2 SERIE B.....	59
FIGURA 7: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL VENTILADOR SERIE C.....	59
FIGURA 8: DIAGRAMA DE FLUJO PROCEDIMIENTO DE SECADO Y PESADO DE LAS MUESTRAS.....	61
FIGURA 9: DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA DESHIDRATACIÓN DE PLANTAS AROMÁTICAS: ORÉGANO Y TORONJÍL.....	65
FIGURA 10: CURVA PÉRDIDA DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO ORÉGANO.....	70



TABLA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA 1: VISTA FRONTAL DEL SECADOR DE BANDEJAS CONSTRUIDO.	67
FOTOGRAFIA 2: VISTA INTERNA DE LA CÁMARA DE SECADO.	68
FOTOGRAFIA 3: VISTA FRONTAL DEL SECADOR DE BANDEJAS.....	84
FOTOGRAFIA 4: VISTA LATERAL DERECHA DEL SECADOR DE BANDEJAS. ...	84
FOTOGRAFIA 5: VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL SECADOR DE BANDEJAS. .	85
FOTOGRAFIA 6: VISTA TRASERA DEL SECADOR DE BANDEJAS.....	85
FOTOGRAFIA 7: VISTA INTERNA DEL SECADOR DE BANDEJAS.....	86
FOTOGRAFIA 8: VISTA DE LAS RESISTENCIAS DEL SECADOR DE BANDEJAS.	87
FOTOGRAFIA 9: VISTA DEL VENTILADOR DEL SECADOR DE BANDEJAS.	87
FOTOGRAFIA 10: VISTA DE LAS BISAGRAS USADAS EN EL SECADOR DE BANDEJAS	88
FOTOGRAFIA 11: VISTA DE LA CERRADURA USADA PARA ASEGURAR LA PUERTA DEL SECADOR DE BANDEJA	88
FOTOGRAFIA 12: VISTA DEL PANEL DE CONTROL DEL SECADOR DE BANDEJAS.	89
FOTOGRAFIA 13: VISTA DE LAS HOJAS DE TORONJÍL DISTRIBUIDAS EN LAS BANDEJAS.	89
FOTOGRAFIA 14: VISTA DE LAS HOJAS DE ORÉGANO DISTRIBUIDAS EN LAS BANDEJAS	90
FOTOGRAFIA 15: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJÍL ANTES DE INGRESAR AL SECADOR DE BANDEJAS.....	90
FOTOGRAFIA 16: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO ANTES DE INGRESAR AL SECADOR DE BANDEJAS.....	91
FOTOGRAFIA 17: VISTA DE LAS BANDEJAS DENTRO DEL SECADOR.....	91
FOTOGRAFIA 18: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJÍL LUEGO DE 30MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	92
FOTOGRAFIA 19: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 30MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	92



FOTOGRAFIA 20: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJÍL LUEGO DE 60MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	93
FOTOGRAFIA 21: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 60MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	93
FOTOGRAFIA 22: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJÍL LUEGO DE 120MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	94
FOTOGRAFIA 23: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 120MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	94
FOTOGRAFIA 24: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJÍL LUEGO DE 180MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	95
FOTOGRAFIA 25: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 180MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.....	95
FOTOGRAFIA 26: VISTA DE LAS HOJAS DE TORONJÍL LUEGO DEL SECADO PESO FINAL 60 GR.....	96
FOTOGRAFIA 27: VISTA DE LAS HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DEL SECADO PESO FINAL 312 GR.....	96



RESUMEN

Las plantas aromáticas a través de la historia han tenido gran importancia en el ámbito medicinal y en algunas culturas también son utilizadas para ambientar sus espacios y preparar sus alimentos. Hoy día el auge de las plantas aromáticas radica en que las personas han visto la necesidad de ser saludables y por medio de la alimentación se puede lograr; por esta razón que todos quieren tenerlas en su cocina.

Decidimos trabajar sobre el diseño y construcción de un secador de bandejas por flujo de aire caliente para plantas aromáticas al notar la necesidad de las personas de conservar estas plantas, ya que de manera natural las hojas frescas son de difícil conservación; entonces, sí realizamos un secado con un equipo como el que diseñamos podemos conservarlas en un mejor estado.

En la universidad popular del cesar a través del programa de **ingeniería agroindustrial** en la asignatura operaciones unitarias le enseñan a los estudiante a identificar los diferentes fenómenos que ocurren al momento de transformar la materia prima en subproductos industriales; especialmente se enfocan en los procesos de secado (aplicación de calor para perder agua) en una muestra; cuando decidimos realizar el proyecto también quisimos dejar el equipo a disposición del programa para que dichos estudiantes se beneficien con el equipo ya que podrán realizar ensayos y pruebas que les permitan verificar lo visto en la teoría.

Luego del diseño y construcción del equipo se procedió con los ensayos de laboratorio para comprobar el correcto funcionamiento del mismo, logramos obtener unas curvas de secado mediante la deshidratación de hojas de toronjil y orégano, dando como resultado que es un equipo funcional para los objetivos trazados, al cual se le pueden hacer aún muchas mejoras lo cual permitirá un mejor entendimiento de fenómenos físicos que se dan durante el secado.

Palabras claves: plantas aromáticas, secado, secador, flujo de aire.



ABSTRACT

The aromatic plants throughout history have had great importance in the medicinal field and in some cultures they are also used to decorate their spaces and prepare their food. Today the boom of aromatic plants is that people have seen the need to be healthy and through food can be achieved; For this reason, everyone wants to have them in their kitchen.

We decided to work on the design and construction of a tray dryer by hot air flow for aromatic plants, noting the need of people to preserve these plants, since naturally fresh leaves are difficult to preserve; Then, if we do a drying with a team like the one we design, we can preserve them in a better state.

In the popular university of the Cesar through the program of **agroindustrial engineering** in the unit operations subject they teach the students to identify the different phenomena that occur at the moment of transforming the raw material into industrial by-products; especially focus on drying processes (heat application to lose water) in a sample; when we decided to carry out the project we also wanted to make the equipment available to the program so that these students can benefit from the team, since they will be able to carry out tests and tests that allow them to verify what is seen in the theory.

After the design and construction of the equipment we proceeded with the laboratory tests to verify the correct operation of it, we managed to obtain drying curves by dehydrating leaves of lemon balm and oregano, resulting in a functional equipment for the objectives set, to which you can still make many improvements which will allow a better understanding of physical phenomena that occur during drying.

Keywords: aromatic plants, drying, dryer, air flow.



INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la humanidad surge la necesidad de conservar los alimentos sin importar su origen (hierbas, carnes), desde allí se vislumbró la necesidad de buscar formas que permitiesen esto.

La producción de hierbas aromáticas y medicinales ha mostrado un auge en los últimos años en el mundo por la apertura de barreras arancelarias y por las tendencias del mercado hacia los productos con propiedades terapéuticas y medicinales; la industria alimentaria está cada vez más interesada en las hierbas aromáticas, debido al creciente aumento de los consumidores por la demanda de alimentos sanos de origen natural.¹

Las personas en la actualidad se empiezan a preocupar por el origen y el tipo de alimentos que consumen, esto ha desencadenado un boom por lo natural y orgánico, de ahí nace la idea de buscar métodos y procedimientos que permitan a las personas adquirir más fácilmente estos tipos de productos, y poder abrir nuevos mercados.

La gran diversidad de plantas que habitan en el territorio colombiano y la heterogeneidad de grupos humanos que residen en este mismo territorio hacen que se genere un gran vínculo entre las sociedades y los beneficios que les pueden proveer las plantas para su bienestar.²

¹ **LIBRO:** Evaluación de los efectos del proceso de secado sobre la calidad de la Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) y la Hierbabuena (Mentha spicata); **AUTOR:** Frank Jimy García Navarrete); **TOMADO DE :** Hossain, M.B. ; Barry-Ryan, C. ; Martin-Diana, A.B. ; Brunton, N.P.: Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. En: Food Chemistry 123 (2010), Nr. 1, p. 85 – 91. – ISSN 0308–8146; **WEBGRAFIA:** (<http://www.bdigital.unal.edu.co/42012/1/822137.2014.pdf>)

² Xiomara Sanclemente Directora de Ecosistemas Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales nativas en Colombia, AÑO 2011; **WEBGRAFIA:** <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31427>



Más específicamente en la región del Cesar, existen muchas variedades de plantas aromáticas, de las cuales sus hojas contienen grandes cantidades de metabolitos que son utilizados en la industria alimentaria.

En nuestro país La comercialización de hierbas aromáticas y medicinales se da en función del tipo hierba comercializar ya sea en forma Fresca o sometíéndolas algún tipo de procedimiento de secado; En el caso de las hierbas frescas es necesario someterlas a temperaturas alrededor de los 2°C Empacándolas en bolsas de polietileno, no obstante aunque se garanticen la condiciones óptimas de almacenamiento La vida útil de estos productos es corta debido a la alta tasa respiratoria que manejan estos alimentos frescos.

La técnica de secado de alimentos es probablemente el método más antiguo para preservar el alimento que ha ideado el ser humano. La extracción de la humedad del alimento previene el crecimiento y la reproducción de los microorganismos causantes de la descomposición. Produce una disminución sustancial del peso y el volumen, reduciendo empaque, costos de almacenamiento y transporte y permitiendo el almacenamiento del producto a temperatura ambiente por largo tiempo.³

En el caso de las plantas aromáticas, un aspecto fundamental de la calidad en ellas es su aroma, el cual es muy sensible de que se pierda en tratamientos como el secado, por lo que habrá que buscar la combinación adecuada de tiempo y temperatura para minimizar su pérdida ya que esta es la principal característica de calidad que tienen las hierbas aromáticas.⁴

³ (<http://manualdeshidratacion.blogspot.com/> Patricio Valdez Marín 4 septiembre 2008)

⁴ Diseño de una máquina secadora de hojas aromáticas - Luis Alberto Andrade Lavanda, Henry Marcelo Rodríguez Martínez



Al interior del documento se referencia además del producto a secar, el diseño y proceso de construcción del secador de bandejas por flujo de aire caliente. Se determinan las propiedades y características de las plantas, a partir de lo cual se exponen las alternativas, posteriormente se realiza la elección, cálculos y selección de los elementos constitutivos del equipo y se realizará una prueba de su correcto funcionamiento.



1. JUSTIFICACIÓN

La Industria de las hierbas aromáticas enfrenta cada vez mayores retos, en cuanto a técnicas de deshidratación, conservación de propiedades propias de las plantas, mejoramiento en la productividad y propuesta de nuevos productos.

La historia del hombre está estrechamente ligada con las plantas medicinales y aromáticas. Antes de conocer el fuego y domesticar a los animales, su subsistencia dependía en gran parte de las hierbas, los frutos, la miel y los jugos que extraía de las plantas.⁵

Las plantas aromáticas han sido cultivadas por el hombre desde tiempo sin memoriales con el fin de mejorar el sabor de las comidas y perfumar el medio ambiente. El empleo de aceites esenciales como balsámicos y antisépticos es ampliamente usado desde la antigüedad hasta nuestros días, como sustancias odoríferas en ceremonias religiosas o como perfumes atractivos usados por hombres y mujeres.

La eliminación de agua (deshidratación) de los vegetales y de todo tipo de alimentos es un objetivo prioritario en la industria para obtener el producto con mayor pureza y, en definitiva, incrementar la calidad del producto final, junto con el aumento de su tiempo de conservación disminuyendo los costes asociados de manejo, transporte y almacenamiento, de igual forma la Universidad Popular del Cesar adolece por un equipo que permita la deshidratación controlada de hierbas aromáticas, el cual sería de mucho beneficio para el programa de Ingeniería Agroindustrial.

Por todo lo anterior, es de vital importancia tomar la iniciativa de esta investigación y tratar de buscar soluciones, se tiene una propuesta que busca generar impacto en

⁵ (PLANTAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS UNA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN COMERCIAL, Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) | Ing. Francisco Fretes MAYO 2010)



el medio, buscando contribuir al fortalecimiento de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, del Programa de Ingeniería Agroindustrial y la línea de investigación **INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS** de la Universidad Popular del Cesar, buscando contribuir al fortalecimiento de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, del Programa de Ingeniería Agroindustrial y la línea de investigación **INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS** de la Universidad Popular del Cesar.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al indagar en los principales mercados de Colombia, se puede ver que en más de un 90% las plantas aromáticas se las comercializa sin ningún tipo de industrialización, es decir en forma húmeda o natural, por lo que el período de vida útil de la planta es muy corto. Al tratarse de productos perecederos, las condiciones logísticas de Colombia dificultan el transporte a algunos países europeos a los cuales no existen vuelos directos, algo que obliga a los comercializadores a fletar vuelos cuyas tarifas son más elevadas, provocando así la subida de los precios y el riesgo en la calidad del producto.⁶

Las plantas aromáticas por su gran contenido de aceites esenciales, utilizados principalmente como agentes aromatizantes o medicinales, necesitan de un proceso de conservación adecuado, de ahí la necesidad de diseñar e investigar formas que permitan conservar estas plantas en forma seca, de manera que conserven sus características, y se constituyan en la materia prima refinada para otros procesos en donde estas plantas son el ingrediente principal.

En la región es común observar el desconocimiento de técnicas de deshidratación, la falta de equipos de alta o baja tecnología para procesos de deshidratación, la inexistencia de un estudio de mercado sobre plantas aromáticas en fresco y procesados, y las ventas individuales en volúmenes reducidos ha incidido para perjuicio de un mercado que en otras regiones genera grandes divisas y empleo.

En el programa de Ingeniería Agroindustrial se hace necesario y de carácter prioritario la consecución de un equipo que permita la deshidratación de materia

⁶ <http://www.freshplaza.es/article/115358/Colombia-Crecimiento-favorable-en-el-mercado-de-hierbas-arom%C3%A1ticas>
Fecha de publicación: 24/04/2018 Author: Kelly den Herder © FreshPlaza.es



prima vegetal sin que esta pierda sus características organolépticas para uso en la obtención de productos de origen vegetal como especias y demás.

Es por esto que se propone la construcción de un **SECADOR DE BANDEJA PARA PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE**, con el fin de obtener una distribución de calor uniforme dentro de la cámara de secado, teniendo como resultado, la obtención de un producto deshidratado de buena calidad y eliminando la manipulación durante el proceso de secado, ya que el equipo operará de forma electrónica teniendo un regulador de velocidad de aire y un sistema que controlará la temperatura del equipo durante todo el proceso.



2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será la contribución de un secador de bandejas para plantas aromáticas por flujo de aire caliente el programa de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Popular del Cesar?



3. MARCO REFERENCIAL

3.1. ANTECEDENTES

El proyecto realizado por Richard Eduardo Calle Benítez, Jaime Julio Aparicio Baidal, de la escuela superior politécnica del litoral, en el año 2011 “**DISEÑO DE UNA PLANTA DE DESHIDRATACIÓN DE HIERBAS AROMÁTICAS**”, el trabajo muestra los resultados obtenidos con el equipo y la deshidratación de plantas, Los datos de secado de la Hierba Luisa son obtenidos mediante pruebas realizadas en el Laboratorio de Ingeniería en Alimentos de la escuela superior politécnica y bajo diferentes condiciones de apilado y tamaño de hojas, en base a los resultados se realiza la selección de equipos y diseño de la cámara de secado, conforme a la demanda nacional estimada del producto.⁷

Otro trabajo de grado que sirvió como referente para el presente proyecto fue el realizado por Diana Cristina Chamorro Sangoquiza, de la Universidad Técnica del Norte denominado (2012) **CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PELLETS DE BALANCEADO**. El trabajo detallado a continuación se fundamenta en la transferencia de calor y la necesidad de solucionar el problema de alto contenido de humedad en los pellets después de su formación, pretendiendo mejorar el proceso de secado por medio de la automatización industrial.⁸

Continuando con referentes que sirven de soporte teórico al proyecto se encontró el trabajo de María Isabel Tonguino Borja de la Universidad Técnica del Norte (2011) denominado **DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA LA DESHIDRATACIÓN DE DOS PLANTAS AROMÁTICAS**. Esta investigación se

⁷ Richard Eduardo Calle Benítez, Jaime Julio Aparicio Baidal, escuela superior politécnica del litoral, en el año 2011 “**diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas**”.

⁸ diana cristina chamorro sangoquiza, de la Universidad Técnica del Norte denominado (2012) **construcción de una máquina secadora de pellets de balanceado**.



realizó, buscando una solución al desconocimiento de técnicas de deshidratación, la falta de equipos de alta tecnología, la inexistencia de un mercado sobre plantas aromáticas en fresco y procesadas, estos aspectos han mantenido al margen el desarrollo de la población rural del cantón Cotacachi. En tal sentido se planteó un objetivo general sobre la determinación de los parámetros óptimos para la deshidratación de dos plantas aromáticas como es el caso de la menta y el orégano.⁹

Esto contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida (Sumak Kawsay) en el marco de la salud preventiva e integral, seguridad alimentaria, conservación ambiental y generar ingresos para las diferentes comunidades que conforman la organización. El desarrollo del experimento se efectuó en la **UNORCAC** (Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi) en la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi, la cual dispone de una infraestructura física para el procesamiento de las mismas constituida de un secador de bandejas con caldero incorporado, una mesa de selección y lavado, una balanza, una selladora de impulso y además tiene un área de terreno para la producción de las plantas.

Para el estudio se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B con tres repeticiones por tratamiento dando como resultado seis tratamientos para la menta y seis para el orégano, los factores en estudio fueron los siguientes: factor A) temperatura de secado y factor B) espesor del material (hojas). Las variables

Medidas fueron la humedad final, el tiempo de secado y la actividad del agua. De acuerdo a los resultados obtenidos la humedad final, la temperatura, el tiempo y el espesor de las hojas de las plantas aromáticas (menta y orégano), en el proceso de deshidratación intervienen en la aceptabilidad del producto final.

⁹ María Isabel Tonguino Borja de la Universidad Técnica del Norte (2011) denominado **determinación de las condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas.**



La humedad alta favorece el desarrollo de microorganismos que deterioran el producto, por lo tanto, es necesario reducirla debajo del 10 % en peso, para preservar el sabor y su valor nutritivo, a 40 °C temperatura del aire de secado, se evaporan ciertos componentes volátiles (alcaloides, compuestos aromáticos y otros), además se incrementa la actividad del agua de 0,57 a 0,59, estos son factores que afectan las características organolépticas y estabilidad en el almacenamiento de las plantas ; mientras, el tiempo y espesor del producto influyen en la aceptabilidad del producto final, cuando la meta es preservar el aroma de las especies en estudio.

Se realizó análisis físico-químicos (actividad del agua, porcentaje de aceites esenciales) para los seis tratamientos correspondientes a las dos especies aromáticas, donde pueden constatar que el mejor tratamiento es el T1 cuya composición es 30 °C de temperatura de secado y con 3 cm de espesor del material.

Además el contenido microbiológico garantiza la inocuidad del producto terminado de acuerdo a las normas **INEN** para hierbas aromáticas teniendo un valor de 1×10^4 . De los resultados obtenidos en las pruebas de degustación donde se evaluaron color, aroma y sabor (sin y con azúcar) aplicando la prueba de Friedman al 5% determinó que el tratamiento T1 (30 °C, 3 cm), tiene mayor preferencia por los panelistas correspondientes a 1 y 30 días de elaborado el producto.

Se recomienda a la **UNORCAC**, que para obtener mayor rendimiento en el proceso de secado, la organización debe encaminarse a optimizar el equipo utilizando

Alternativas como: ampliar el tamaño y número de bandejas, cambiar la tubería del aire de entrada por una de mayor diámetro (4 pulgadas), con aislamiento, con esto se aumentaría en al menos el 80% su rendimiento.¹⁰

¹⁰ Determinación de las Condiciones Óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas; Menta (*mentha piperita* L) y Orégano (*origanum vulgare* L) Director : Núñez, Milton Autor : Tonguino Borja, María Isabel, <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/385>



El proyecto de Carlos Efraín Aucancela guacho y Enma Natali Chávez Córdova, de la escuela superior politécnica del Chimborazo titulado **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE TÚNEL PARA LA DESHIDRATACIÓN DEL MAÍZ**, El objetivo de esta investigación es Diseñar y Construir un secador de túnel para satisfacer las necesidades de secado y deshidratación de granos del Laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El dimensionamiento del equipo se realizó a través de cálculos de ingeniería de datos experimentales y variables de proceso obtenidas en los ensayos de laboratorio. El equipo está construido de perfil estructural rectangular, tiene varios componentes: tolvas, dos ventiladores, un sensor digital que controlará la temperatura, de acero inoxidable AISI 304 y 430 para la cámara de secado y de aireación, banda transportadora de poliestireno, 4 rodillos acoplados para su movimiento con un reductor de velocidad y la innovación de la utilización de vapor producido por la caldera como fuente de calor por medio de los serpentines.

Tiene características como: 25 Kg/h de capacidad de carga, 3,00 m de largo, 0,50 m de ancho y altura, banda transportadora de 6 m de longitud y 0,28 m de ancho en cual es arrastrado por un reductor de velocidad a 0,11 m/s El vapor a suministrar en los serpentines es de 0,08 Kg/h a una presión de 10 PSI y un calor latente de 637,05 kcal/kg

El secado del maíz se ejecutó en media hora a 60 °C con una humedad inicial de 30,5% y llegándose a una humedad final de 13,7 % en el de la costa y de 31,2% a 14,4% el de la sierra, con una eficiencia del 84,33 %.¹¹

¹¹ Carlos Efraín Aucancela guacho y Enma Natali CHavez Cordova, de la escuela superior politécnica del Chimborazo titulado **diseño y construcción de un secador de túnel para la deshidratación del maíz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.**



3.2. MARCO TEORICO

3.2.1. SECADO

“El exceso de humedad contenida por los materiales puede eliminarse por métodos mecánicos (sedimentación, filtración, centrifugación). Sin embargo, la eliminación más completa de la humedad se obtiene por evaporación y eliminación de los vapores formados, es decir, mediante el secado térmico, ya sea empleando una corriente gaseosa o sin la ayuda del gas para extraer el vapor (Knoule, 1968).

La operación de secado es una operación de transferencia de masa de contacto gas sólido, donde la humedad contenida en el sólido se transfiere por evaporación hacia la fase gaseosa, en base a la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa. Cuando estas dos presiones se igualan, se dice que el sólido y el gas están en equilibrio y el proceso de secado cesa.¹²

3.2.2. PRINCIPIOS DE SECADO

El proceso de secado consiste en la remoción de humedad de una sustancia, involucrando los fenómenos de transferencia de calor y masa, en forma simultánea. La transferencia de masa ocurre cuando el sólido pierde humedad y la transferencia de calor se verifica cuando el medio ambiente entrega calor al sólido el que se emplea en la evaporación del agua, que se va incorporando al aire a medida que transcurre el proceso de secado.

¹² <http://www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml>.



Una de las formas usuales de secado consiste en hacer circular una corriente de aire caliente sobre el material a secar”. (Equipment, Innovators in Engineering Teaching Equipment & Industrial R&D, 2018)“El secado es la operación unitaria de separación mediante la cual se remueve agua o algún otro compuesto volátil por evaporación, de la que se obtiene un producto sólido, y se lleva a cabo por diferentes razones relacionadas con el proceso, o bien para preservar o prolongar la vida útil como es el caso de algunos productos biológicos, entre ellos los alimentos. Durante el secado, se lleva a cabo fenómenos de transferencia de masa, calor y momento, interrelacionados entre si y que dependen de las propiedades estructurales o moleculares del material a secar”.¹³

“El secado constituye uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido. En general, entendemos por secado la separación de la humedad de los sólidos (o de los líquidos) por evaporación en una corriente gaseosa; en consecuencia, en cualquier proceso de secado hemos de tener en cuenta los mecanismos de transmisión de calor y transporte de materia.¹⁴

3.2.3. OBJETIVOS DEL SECADO

“El objetivo primordial del proceso de deshidratación es reducir el contenido de humedad del producto a un nivel que limite el crecimiento microbiano y las reacciones químicas y permita conservar sus propiedades.

- Evita el deterioro de materia prima vegetal.
- Los productos obtenidos conservan las propiedades naturales.
- Se mantiene la calidad del producto durante un intervalo de tiempo amplio.

¹³ https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/2/IQ53D/1/material_docente/bajar?id_material=183292.

¹⁴ <http://procesosbio.wikispaces.com/Secado>



3.2.4. COMPONENTES DEL SECADO

Un proceso de secado involucra aporte de calor y transferencia de masa. El calor debe transferirse al material a secar para suministrar el calor latente requerido para la vaporización de la humedad. Luego la masa de agua se vuelve vapor que pasa a la corriente de aire, el secado es la eliminación total o parcial de agua de los materiales de proceso y de otras sustancias.

Para determinar los resultados finales que se van a obtener según las propiedades del aire que va a recorrer el alimento, se emplean los diagramas psicométricos.

El secado es un fenómeno complejo que involucra la transferencia de calor y materia (el transporte de calor hacia dentro del material y el transporte de agua hacia el exterior).¹⁵

3.2.5. MÉTODOS GENERALES DE SECADO

(MUÑOZ, 1996) Afirma que “el secado es un procedimiento muy antiguo y empleado hasta nuestros días, para conservación de los alimentos”.

Existen diversos métodos para el secado, sea en forma natural o mecánica.

SECADO NATURAL: Si se cuenta con condiciones climáticas adecuadas, baja humedad relativa y temperaturas elevadas, el secado natural requiere poco gasto y es sencillo de realizar.

¹⁵ http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/06/06_equipos.html



El producto se extiende en capas delgadas sobre bandejas que se exponen al aire libre durante algunos días, teniendo la precaución de removerlos frecuentemente y de cubrirlos o guardarlos bajo techo durante la noche para evitar que el rocío ennegrezca el producto.

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:

- a.- Secado por aire caliente.
- b.- Secado por contacto directo con una superficie caliente.
- c.- Secado por aporte de energía de una fuente radiante de microondas.
- d.- 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 se aplica 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.¹⁶

3.2.6. TIPOS DE SECADORES

Existen varias clases de secadores. Los equipos de secado se ha clasificado, según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos”

¹⁶ http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE_EVENTOSENTI/FILE_EVENTOSENTI13435.dc



Según **TREYBAL, (1993)**. Cuando se seca un sólido se producen dos procesos fundamentales y simultáneos:

- Transmisión del calor para evaporar el líquido.
- Transferencia de masa en humedad interna y líquido evaporado.

Independientemente del mecanismo de transmisión de calor el cual puede ser por conducción, convección, radiación o una combinación de cualquiera de éstos, el calor tiene que pasar primero a la superficie exterior y desde ésta al interior del sólido. Excepto el secado por electricidad de alta frecuencia, que genera el calor intercambiante, esto conduce a la circulación de calor desde el interior hasta la superficie exterior. También se ha reportado otro tipo de secado llamado secado por sublimación.¹⁷

Los equipos utilizados para secar se pueden clasificar también de acuerdo a cualquiera de estas categorías:

I. MÉTODOS DE OPERACIÓN: Continuos o Discontinuos.

En las operaciones continuas pasan a través del equipo tanto la sustancia a secar como el gas. La operación discontinua en la práctica se refiere generalmente a un proceso semi-continuo, en el que se expone una cierta cantidad de sustancia a secar a una corriente de gas que fluye continuamente en la que se evapora la humedad.

II. MÉTODOS DE PROPICIAR EL CALOR NECESARIO PARA LA EVAPORACIÓN DE LA HUMEDAD: En secaderos directos e indirectos

¹⁷ TREYBAL, (1993).



- **Secadores directos:** La transferencia de calor se logra por contacto directo entre los gases calientes y los sólidos húmedos. Se los llama secadores por convección.
- **Secadores indirectos:** El calor se transfiere al material húmedo por conducción a través de una pared metálica. La velocidad de secado depende del contacto que se establezca entre el material húmedo y la superficie caliente.
- **Secadores diversos:** Dependen de la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad. La energía radiante se suministra eléctricamente por medio de lámparas infrarrojas, resistencias eléctricas o refractarias incandescentes calentados por gas. Este ofrece un calentamiento por convección.

III. NATURALEZA DE LA SUSTANCIA A SECAR: Puede ser la sustancia un sólido rígido como la madera, un material flexible como el papel o la tela, un sólido granular tal como la masa de cristales, una pasta espesa o delgada o una solución.

Es probable que la forma física de la sustancia y los distintos métodos de manipulación empleados, ejerzan la influencia más grande en el tipo de secadero a utilizar.¹⁸

“De acuerdo a la clasificación de la operación de secado se encuentran los siguientes tipos de equipos”

¹⁸ ROBERT H. P. (2001).



1. SECADEROS DE CALENTAMIENTO DIRECTO.

a) Equipos discontinuos:

- Secaderos de bandejas con corriente de aire.
- Secaderos de cama fluidizada.
- Secaderos con circulación a través del lecho sólido.

b) Equipos continuos:

- Secaderos de túnel.
- Secaderos neumáticos.
- Secaderos ciclónicos.
- Secaderos de cama chorreada.
- Secaderos de cama vibratoria.
- Secadero de cama fluidizada.
- Secaderos espray.
- Secaderos de tipo turbina.
- Secaderos rotatorios.

2. SECADEROS DE CALENTAMIENTO INDIRECTO:

a) Equipos discontinuos.

- Secaderos de bandejas a vacío.
- Secaderos de bandejas a presión atmosférica.
- Secaderos por congelación.

b) Equipos continuos.



- Secaderos de tambor.
- Secaderos con circulación a través del lecho.

3. SECADOR DE CABINA, BANDEJAS, ANAQUEL O COMPARTIMIENTOS:

Consiste de una cabina en el que el material a secar se esparce en bandejas. Cada bandeja puede ser de forma cuadrada o rectangular. Estos equipos tienen dos variaciones, una de secado directo en el cual el aire caliente es forzado a circular por las bandejas.

La otra de secado indirecto, donde se utiliza el aire caliente proveniente de una fuente de calor radiante dentro de la cámara de secado y una fuente de vacío o un gas circulante para que elimine la humedad del secador. Estos secaderos pueden disponer de reguladores para controlar la velocidad de aire nuevo y la cantidad de aire de recirculación.

Los calentadores del aire pueden ser quemadores directos de gas, serpentines calentados por vapor o, en los modelos más pequeños, calentadores de resistencia eléctrica. Un ventilador recircula aire caliente con vapor sobre la superficie de las bandejas, paralelamente a las mismas.

La fuente energética de estos secadores es vapor, electricidad, o hidrocarburos como carbón, Petróleo, aceite y gas. Para la presente investigación se utilizará este tipo de secador de bandejas con caldero incorporado.¹⁹

¹⁹ TREYBAI, (1993).



3.2.7. SECADOR DE BANDEJA

Los secaderos de bandejas resultan convenientes cuando la capacidad de producción es pequeña. Prácticamente pueden secar cualquier producto, pero la mano de obra necesaria para la carga y descarga da lugar a costes de operación elevados. Frecuentemente se utilizan en el secado de materiales valiosos tales como colorantes y productos farmacéuticos. El secado por circulación de aire sobre capas estacionarias de sólidos es lento y, por consiguiente, los ciclos de secado son largos: de 4 a 48 horas por carga.

3.2.8. DISEÑO DE LA SECADORA

Pueden operar a vacío, frecuentemente con calentamiento indirecto. Las bandejas pueden estar sustituidas sobre placas metálicas huecas que se calientan con vapor de agua o con agua caliente, o bien las mismas bandejas pueden estar provistas de una cámara para la circulación de un fluido de calefacción. El vapor que sale del sólido se retira mediante un eyector o una bomba de vacío. El secado con congelación. O liofilización; Esto se realiza en secaderos especiales de bandejas para secar vitaminas y otros materiales sensibles al calor.

Para la determinación del tamaño de las bandejas se ha recorrido a la Norma Española FDA. GMP, (la separación entre bandejas debe ser aproximada a 2"; recomendable 4 cm. de alto).

Densidad del producto 200 (Kg / m³); con una masa de producto húmedo de 5 kg se tiene un volumen de 0,025 m³ Si el ancho interno de la cámara de secado es 360 mm. Y la profundidad de 500 mm se tiene una bandeja con unas medidas iniciales de: 310 mm Ancho; 410 mm de profundidad, y 40 mm de alto.



3.2.9. EL SECADO Y LA ACCION DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS

Según **GEANKOPLIS, CH. (1986)**. “Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua.

Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5% en peso, para preservar el sabor y su valor nutritivo”.²⁰

ASTIASARÁN I. (2003). Manifiesta: “los alimentos son aquellas sustancias o productos de cualquier naturaleza que, por sus características, aplicaciones, componentes, preparación y estado de conservación, son susceptibles de ser habitual o idóneamente utilizados para la normal nutrición. En definitiva, se puede afirmar que el alimento constituye un sistema muy complejo, formado por una gran cantidad de componentes que presentan funciones diversas. Unas adecuadas propiedades de color, sabor, aroma o textura son necesarias para que un alimento sea susceptible de ser consumido.”²¹

3.2.10. EL SECADO Y LAS ALTERACIONES FISICO-QUIMICA

Durante el proceso de secado de alimentos, ocurren fenómenos físicos y químicos que modifican la calidad y las características del producto.

²⁰ GEANKOPLIS, CH. (1986).

²¹ ASTIASARÁN I. (2003).



La actividad de agua es un importante factor que afecta la estabilidad de los productos secos y deshidratados durante el almacenamiento, los productos secos y deshidratados tienen un alto poder de popularidad en los consumidores diarios. Las mezclas de alimentos cuya actividad de agua en productos secos es menor permiten mantener una apropiada estructura, textura, estabilidad densidad y propiedades de rehidratación.

Las reacciones químicas pueden dividirse en general en tres categorías: hidrolítica, oxidativa y peroxidativa. Investigaciones para la ciencia de alimentos en literatura, indican que todas estas reacciones son influenciadas por niveles de hidratación a varios grados.

La probabilidad de reacciones de Maillard que producen pardeamiento de un producto aumenta, cuando aumenta la actividad de agua, alcanzando un máximo a actividad de agua en el rango de 0.6 a 0.7. En algunos casos, sin embargo, incrementos extensos de actividad de agua impedirían la reacción de Maillard. Así en algunas muestras, al medir la actividad de agua es una buena forma de controlar los problemas de pardeamiento.²²

3.2.11. LA INALTERACION DEL SABOR

La inalteración 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 a bajas actividades

²² BRENMAN, (981), ROOS, (2000), WALTERS, (1998), AQUALAB, (2002).



de agua. La pérdida de componentes volátiles, sabores y aroma pueden provocar cambios estructurales y cristalización de componentes encapsulados **ROOS, (2000)**.

“En resumen, la actividad de agua influye en las cualidades organolépticas y la estabilidad en almacenamiento, determina la seguridad de un producto con respecto al crecimiento microbiano, es el mejor indicador de la perecibilidad de un producto”. **ALVARADO, (1996)**.

3.2.12. COMPUESTOS QUE NO DEBEN ALTERARSE

Mientras 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.

Existe actividad de agua que limita el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias. Es así, que 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 son o no potenciales de alteración, la actividad de agua, no la cantidad de agua determina el límite más bajo de agua disponible para crecimiento microbiano.²³

²³ BEUCHAT, (1999), ROOS, (2000).



3.2.13. LOS ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios de las plantas por lo que un metabolismo más activo puede asociarse con una mayor producción de aceites. En un aceite esencial pueden encontrarse hidrocarburos alicíclicos y aromáticos, así como sus derivados oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres), sustancias azufradas y nitrogenadas.

“Los aceites constituyen la fracción volátil de los principios activos contenidos en una planta, y por tanto, se obtienen mediante técnicas de destilación, en la que se volatilizan los principios por calor, se condensan en frío y se recogen. Se determinan por cromatografía de gases (**CGL**) y espectrometría de masas si es necesario, tras extracción por destilación de arrastre de vapor a presión atmosférica”.²⁴

DOMINGUEZ, X (1973) dice: Los aceites esenciales o esencias vegetales son mezclas de un número variable de sustancias orgánicas olorosas. Respecto a su distribución, un aceite esencial puede localizarse en un determinado órgano vegetal, flores, hojas, frutos, y hasta raíces o en toda la planta. El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento del peso vegetal hasta 1-3%. La composición de una esencia puede cambiar con la época de la recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos.²⁵

Según **ALBORNOZ, A (1980)** “Debido a que se evaporan por exposición al aire a temperatura ambiente, se denominan: aceites volátiles, aceites etéreos, aceites esenciales o esencias. Son responsables de las fragancias de las flores y otros

²⁴ PALOMINO, O. (2001).

²⁵ DOMINGUEZ, X (1973)



órganos vegetales. Están constituidos por terpenos, hidrocarburos alifáticos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, fenoles, lactonas, etc. Los aceites esenciales son generalmente líquidos aromáticos, miscibles con lípidos y solventes lipófilos; incoloros, particularmente cuando están frescos”.²⁶

Los componentes de los aceites volátiles pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- a) Hidrocarburos terpénicos y sus derivados oxigenados
- b) Hidrocarburos alifáticos y sus derivados oxigenados
- c) Derivados del benceno
- d) Compuestos misceláneos.

Las esencias hallan aplicación en numerosísimas industrias, algunos ejemplos son los siguientes: · Industria cosmética y farmacéutica: como perfumes, conservantes, saborizantes, principios activos, etc. · Industria alimenticia y derivadas: como saborizantes para todo tipo de bebidas, helados, galletitas, golosinas, productos lácteos, etc. · Industria de productos de limpieza: como fragancias para jabones, detergentes, desinfectantes, productos de uso hospitalario, etc. · Industria de plaguicidas: como agentes pulverizantes, atrayentes y repelentes de insectos, etc.

La demanda de composiciones aromáticas ha crecido en el sector agroindustrial a razón de un 10% anual desde 1960, sus principales destinos son las industrias de bebidas, las lácteas, las de golosinas, de cosméticos y sabores. Las tres primeras representan el 75% de la demanda.²⁷

²⁶ ALBORNOZ, A (1980)

²⁷ Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales del Ministerio de la Producción Bonaerense



Los aceites volátiles generalmente se obtienen mediante algunos de los siguientes procesos:

a) Destilación

1. Destilación con agua
2. Destilación con agua y vapor
3. Destilación con agua directo
4. Destilación destructiva

b) Enfleurage

c) Extracción con solventes

d) Hidrólisis

La técnica operativa debe escogerse de acuerdo a la naturaleza del aceite y al rendimiento esperado, para evitar afectar la naturaleza física y química del mismo.

3.2.14. HIERBAS AROMÁTICAS

Son plantas que nacen en el campo o son cultivadas en los huertos por sus cualidades aromáticas, condimentarías o, incluso, medicinales. La palabra condimento, del latín condimentum, significa: sazonamiento, sazonar. Generalmente se utilizan las hojas de las mismas, ya sean frescas, secas, o deshidratadas, tanto para sazonar los guisos como para realzar los diversos aromas de los platos culinarios, ya sean en crudo o cocidos.²⁸

²⁸ (Infoagro 2011)



3.2.15. TORONJÍL

Planta muy importante, ya que posee grandes atributos para la salud, genera beneficios muy importantes para el bienestar, es considerada como la controladora de los nervios. Apreciada por su fuerte aroma a limón, se la utiliza en infusión como tranquilizante natural, y su aceite esencial se aprovecha en perfumería.

El nombre de "toronjil" procede del olor típico a limón o toronja que desprenden sus hojas. La melisa o toronjil tiene un aspecto parecido al de la ortiga. (aromas.com). Originaria de Europa y del Asia Central se extendió a todo el mundo debido a que puede crecer en estado silvestre en terrenos ricos en materia orgánica y en lugares frescos y sombreados. Se puede cultivar fácilmente.

3.2.15.1. CLASIFICACION CIENTIFICA DEL TORONJIL

TABLA 1: CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL TORONJIL.

REINO	PLANTAE
SUBREINO	TRACHEOBIONTA
DIVISION	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	MAGNOLIOPSIDA
SUBCLASE	LAMIACEAE
ORDEN	LAMIALES
FAMILIA	LABIADAS
GENERO	MELLISA
ESPECIE	OFFICINALIS
NOMBRA BINOMINAL	MELISSA OFFICINALIS

FUENTE: <http://www.terra-fertil.com/pv/hfd/pdf/hf/toronjil.pdf>



3.2.16. ORÉGANO

Es originario de Europa central, meridional y Asia central. El orégano es un pariente muy próximo de la mejorana procedente de Asia Menor, que sin embargo, difiere significativamente en sabor debido a que su aceite esencial carece de compuestos fenólicos. Algunos cruces poseen un sabor intermedio entre el orégano y la mejorana (mejorana dorada = orégano dorado).

Según **MUÑOZ, F.** (1996). Especie herbácea, vivaz, con tallos erectos, ramificados, vellosos, que alcanza una altura variable entre 0,30 y 0,70 m. Las hojas brotan de dos en dos en cada nudo, son enteras, ovales, opuestas, verdes, vellosas en su

Cara inferior, lisas en la superior. Las flores son pequeñas (los pétalos no sobrepasan los 2 o 3 milímetros de longitud), ordinariamente púrpuras, dispuestas en inflorescencias terminales; el cáliz con cinco dientes iguales, brácteas lanceoladas u ovales. Las semillas son pequeñas, ovales y de color marrón.

Parte útil.- Las hojas y sumidades floridas.

- **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Se compone principalmente de aceites esenciales entre 0,15 a 0,40%, un principio amargo, goma, resina y algún tanino (de ahí su sabor amargo). La planta contiene ácidos fenólicos, caféico, clorogénico, rosmarínico; flavonoides: derivados del apigenol, del luteolol, del diosmetol; ácido ursólico. Aceite esencial: rico en carvacrol y timol entre 7 al 16%, fenoles que pueden alcanzar hasta el 90% del total; contiene pineno, alfa-pineno, sesquiterpenos, cimeno, lipiol, ácido tánico, citral, L-limoneno y



geraniol. Alcaloides. Elementos minerales (planta). Las raíces contienen estaquiosa y los tallos sustancias tánicas 5%.²⁹

3.2.16.1. CLASIFICACION CIENTIDICA DEL ORÉGANO.

TABLA 2: CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL ORÉGANO

REINO	PLANTAE
DIVISIÓN	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	MAGNOLIOPSIDA
ORDEN	LAMIALES
FAMILIA	LAMIACEAE, NEPETOIDEAE
TRIBU	MENTHEAE
GÉNERO	ORIGANUM
ESPECIE	O. VULGARE
REINO	PLANTAE
DIVISIÓN	MAGNOLIOPHYTA

FUENTE: saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Verduras%2FHortalizas&s2=Hojas&s3=Or%E9gano

²⁹ MUÑOZ, F. (1996).



4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un secador de bandejas para plantas aromáticas por flujo de aire caliente

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las variables en el proceso de secado en muestras de material vegetal (plantas aromáticas).
- Definir las especificaciones de tamaño, volúmenes de flujo y temperaturas de operación, que permitan la elaboración de los planos para llevar a cabo la estructuración física del secador de bandejas por flujo de aire caliente.
- Optimizar las condiciones de operación del equipo, mediante ensayos preliminares de secado vegetal.



5. METODOLOGÍA.

5.1. POBLACIÓN

Para verificar las condiciones óptimas del secador de bandejas por flujo de aire, se utilizarán dos plantas de gran uso en la región las cuales son toronjil (melissa officinalis) y orégano (origanum vulgare).

5.2. DELIMITACIÓN

Campo científico: Agroindustrial

Área: Investigación básica

Sub-área: Agrícola

Sector: equipos

Sub- sector: deshidratación de productos vegetales

Espacial: Valledupar-cesar, Colombia

Tiempo: 2018

5.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se propone para la ejecución de este trabajo, una investigación de tipo experimental, donde se analizarán los diferentes rangos de temperatura para el secado óptimo de las hojas de plantas aromáticas. Se realizará el secado de las hojas a escala laboratorio, previa definición del diseño experimental a utilizar y las condiciones de extracción.

En lo que respecta al equipo secador realizar la operación inmediatamente después de ser cosechado el vegetal, después del oreo o desecado realizado por el equipo



analizar los parámetros que precede al secado artificial con el fin de no desnaturalizar el contenido de las hojas de plantas aromáticas conservando así su contenido natural.

Para lograr los objetivos se desarrollará la siguiente estrategia:

- Implementación de un equipo deshidratador de hojas de plantas aromáticas.
- Deshidratación a escala laboratorio de las hojas de plantas aromáticas previa definición del diseño experimental a utilizar y las condiciones de secado.
- Análisis estadísticos de datos, construcción y redacción de las conclusiones.
- Socialización de los resultados.

5.3.1. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

- **FUENTES SECUNDARIAS:** estas fuentes corresponden a los diferentes datos bibliográficos concernientes al tema de investigación que se encontrarán en esta investigación, los cuales son referencias bibliográficas, libros e internet, las cuales servirán de soporte para comparar los resultados obtenidos en el laboratorio.



5.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la parte experimental se construirá una estadística descriptiva donde se establecerán los tiempos y las curvas de secado.

5.5. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR DE BANDEJAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE

5.5.1. PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR.

Para construir el secador de bandejas se hicieron los siguientes pasos:

- Determinación de las variables del proceso de secado.
- Definición de las especificaciones de la construcción.
- Construcción del secador.
- Optimizar condiciones de funcionamiento.

5.5.1.1. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE SECADO.

La razón más impórtate por la que secamos las plantas aromáticas es para conservarlas, por medio de este método se consigue alargar la vida útil, conservar las principales características de las plantas en su estado fresco y evitar el crecimiento de microorganismos que afectan su calidad.

El secado debe llevarse a cabo bajo unas condiciones específicas que nos permitan mantener las características organolépticas que hacen el producto atractivo y no perder su valor comercial.



La cantidad de agua a extraer en cada producto varía principalmente en el porcentaje de humedad contenida en cada uno; las temperaturas y tiempos de secado van a ser determinados por el tipo de producto que se desea secar, por ejemplo: las hierbas y hojas se deben secar a temperaturas moderadas y de manera lenta para no tomen apariencia de marchites, mientras que raíces, tallos y cortezas se pueden secar a temperaturas más altas.

Para poder conservar los atributos de calidad de estos productos (sabor, olor y alto contenido de aceites esenciales), las condiciones de secado deben ser leves en lo que se refiere a temperatura de secado y velocidad del aire, puesto que si esas variables se mantienen con niveles altos, se favorece la pérdida de esos componentes. La temperatura también puede causar un efecto negativo en el color de algunas especias como la cúrcuma. Para hierbas varios autores recomiendan el secado con aire caliente a temperaturas cercanas a 35 °C, en secadores de gabinete o túnel, manteniendo velocidades de aire moderadas (0.5-1.0 m/s).³⁰

5.5.1.2. DEFINICION DE LAS ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Como se mencionó anteriormente, los secadores de bandejas estáticos son los más utilizados a nivel planta piloto, por este motivo decidimos diseñar y construir este equipo para permitirle a los estudiantes del programa Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Popular del Cesar, realizar los ensayos de laboratorio relacionados con

³⁰ Evaluación de las variables de secado para la conservación de las hojas de la planta de añil. (indigofera sp.) presentado por cristo Jose Hernandez Ayala, Edwin Alexander Perez flores, para optar al título de: ingeniero químico ciudad universitaria, diciembre de 2003 universidad de el salvador facultad de ingeniería y arquitectura escuela de ingeniería química; webgrafia: http://ri.ues.edu.sv/2024/1/Evaluaci%C3%B3n_de_las_variables_de_secado_para_la_conservaci%C3%B3n_de_las_hojas_de_la_planta_de_a%C3%B1il._%28indigofera_sp.%29.pdf



el secado de materias primas, que les permitirá complementar la teoría con la parte práctica y afianzar sus conocimientos.

Además decidimos utilizar materiales de tipo industrial que nos permitieron construir un equipo de alta calidad, Obteniendo con esto, un secador que opera sin problemas hasta 24 h para realizar un proceso de deshidratación.

Dentro de las especificaciones se encuentran las siguientes:

- Para dimensionar el equipo, se estableció una cantidad inicial de material a secar, para ello, se propuso 500 gr de Toronjil fresco, el cual será distribuido en 1 bandeja de acero inoxidable, con una capacidad de 2 kg aproximadamente de Toronjil por bandeja. Para deshidratar esta cantidad de producto, se propuso construir un cubo de 55 cm de ancho * 70 cm de profundidad * 70 cm de altura, por lo que las dimensiones de las bandejas fueron 65 cm de ancho por 45 cm de largo y 2 cm de alto.
- El manejo de los alimentos debe llevarse a cabo en equipos que sean adecuados para mantener un alimento inocuo, es por esto, que la mayoría de ellos se elabora con acero inoxidable, para la construcción de la parte exterior del equipo se utilizó lamina coll rol calibre 20, ya que es un material económico y resistente a la oxidación. Para la construcción interna y para la elaboración de las bandejas se empleó lámina de acero inoxidable de calibre 14 y lámina galvanizada calibre 20, ya que esta parte estará en contacto directo con los alimentos, la puerta está hecha en acero calibre 20.
- Con el fin de conservar la temperatura constante de operación que debe ser de 45 °C, se eligió el cubrimiento y aislamiento en fibra de vidrio.



- Se eligió una llave de mariposa para abrir y cerrar fácilmente la puerta del secador, además de que con este tipo de llave se puede presionar lo suficiente la puerta, reduciendo la transferencia de calor.
- Para el suministro de aire se optó por utilizar un ventilador de 14 pulgadas que funciona a 110 W, este proporcionó una velocidad de flujo de aire de (1 – 4 m/s) y fue colocado en la parte trasera del equipo para permitir un flujo de aire constante y uniforme en la cámara de secado, siendo desmontable para posteriores cambios
- Para el proceso de secado se necesita una temperatura constante de 45° C, basándose en esto, se utilizaron 2 resistencias, las cuales proporcionaron 1,650.0 W las cuales se regulan con termostatos para llevar a cabo los procesos de secado.
- El panel de control del equipo es desmontable para permitir el cambio de algún componente del sistema electrónico.

5.5.1.3. CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR.

Para la construcción del equipo se siguió una serie de pasos que se muestran a continuación. Las Figuras y Fotografías a las que se hace referencia se encuentran en los Anexos.

1. Para la elaboración de la cámara de secado, se construyeron 2 cubos, el interno de 43 cm de ancho * 62 cm de alto * 65 cm de profundidad y el externo de 55 cm de ancho * 70 cm de alto * 70 cm de profundidad, y entre ambos se colocó el cubrimiento y aislamiento en fibra de vidrio. En los Anexos se presentan las medidas que se hicieron sobre la lámina de acero y la línea punteada que se logra distinguir muestra el lugar donde se hicieron los cortes. Obteniendo entre los dos cubos, 6 partes, 2 rectángulos.

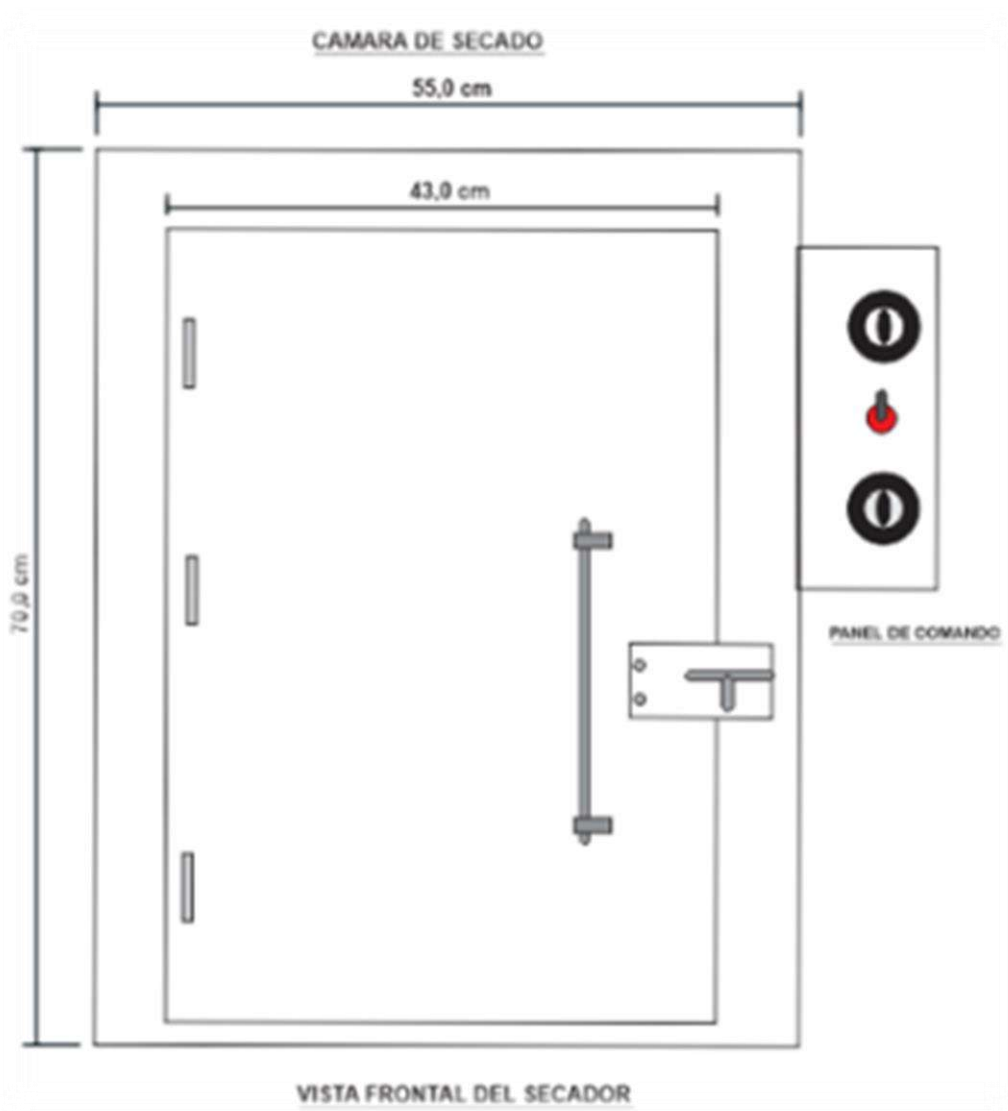


2. En la parte posterior del secador, se le hizo un orificio en forma de rectángulo donde se instaló el ventilador que cumple como función el flujo de aire caliente y salida del aire húmedo de la cámara de secado.
3. Las láminas con las que se construyó el equipo fueron dobladas y soldadas, dándoles forma de un cubo rectangular.
4. Después se colocó cubrimiento y aislamiento en fibra de vidrio entre las capas del secador.
5. Se colocan las bisagras de la puerta, sujetándolas con 3 remaches cada una.
6. A la puerta se le instaló una llave de mariposa para presionar lo suficiente y reducir la pérdida de calor. La llave quedó sostenida con 4 remaches.
7. Se construyeron 3 bandejas de acero inoxidable doblándolo y cortándolo de tal manera que las bandejas quedaran con medidas de 65 cm de ancho por 45 cm de largo y 2 cm de alto.
8. Las resistencias se colocaron en la parte superior e inferior de la cámara de secado las cuales fueron sujetadas por platinas metálicas con remaches.
9. El panel de comando del secador se colocó en la parte superior derecha, en el cual se encuentran los interruptores: del ventilador y los termostatos de las resistencias.

En figuras 1 a 4 se muestran los esquemas de las diferentes vistas del secador con sus dimensiones principales. Para esto, se utilizó el Software Corel Draw 2018 para realizar los planos del equipo a una escala de 1:100.



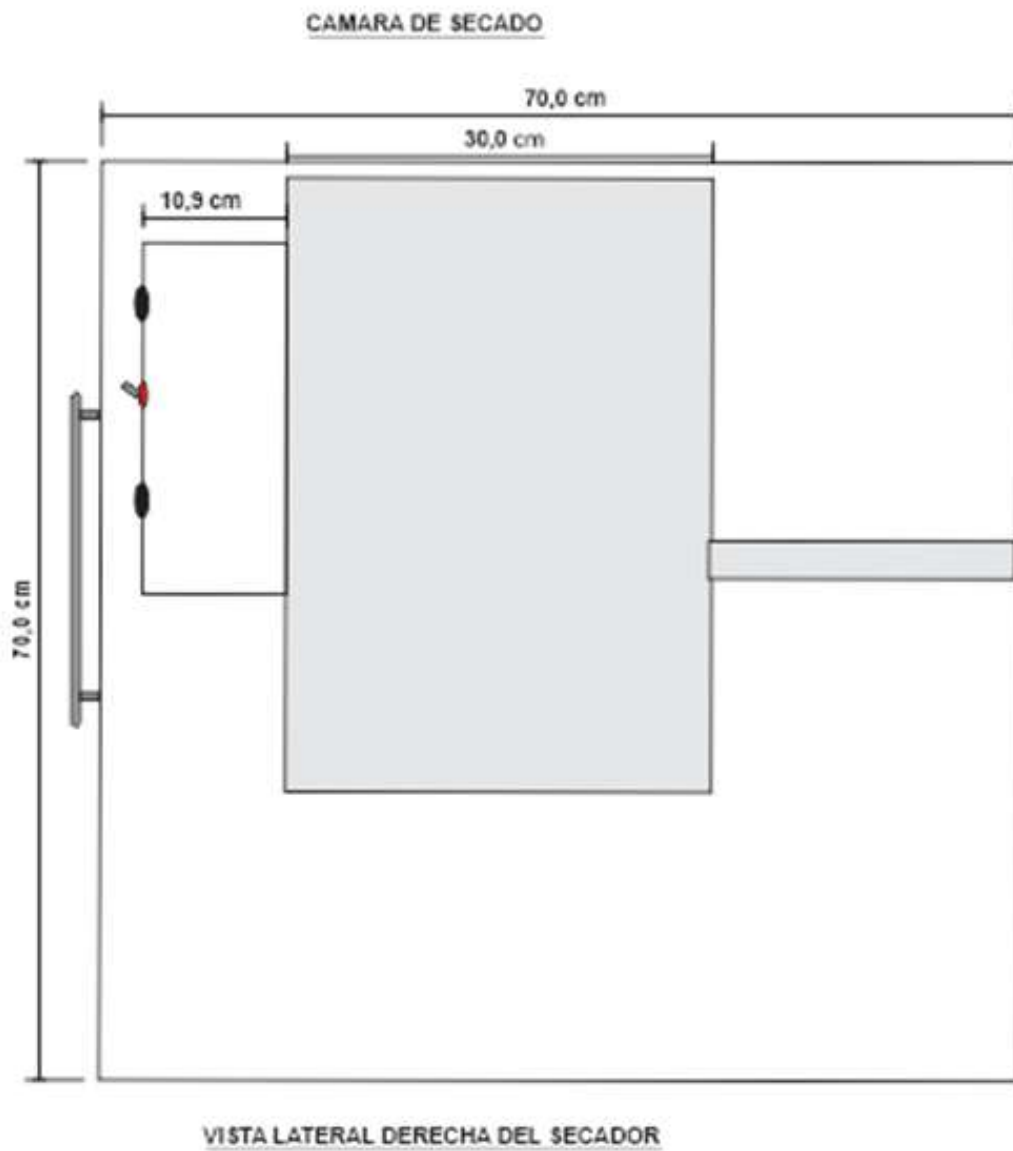
FIGURA 1: VISTA FRONTAL SECADOR DE BANDEJAS



FUENTE: EL AUTOR



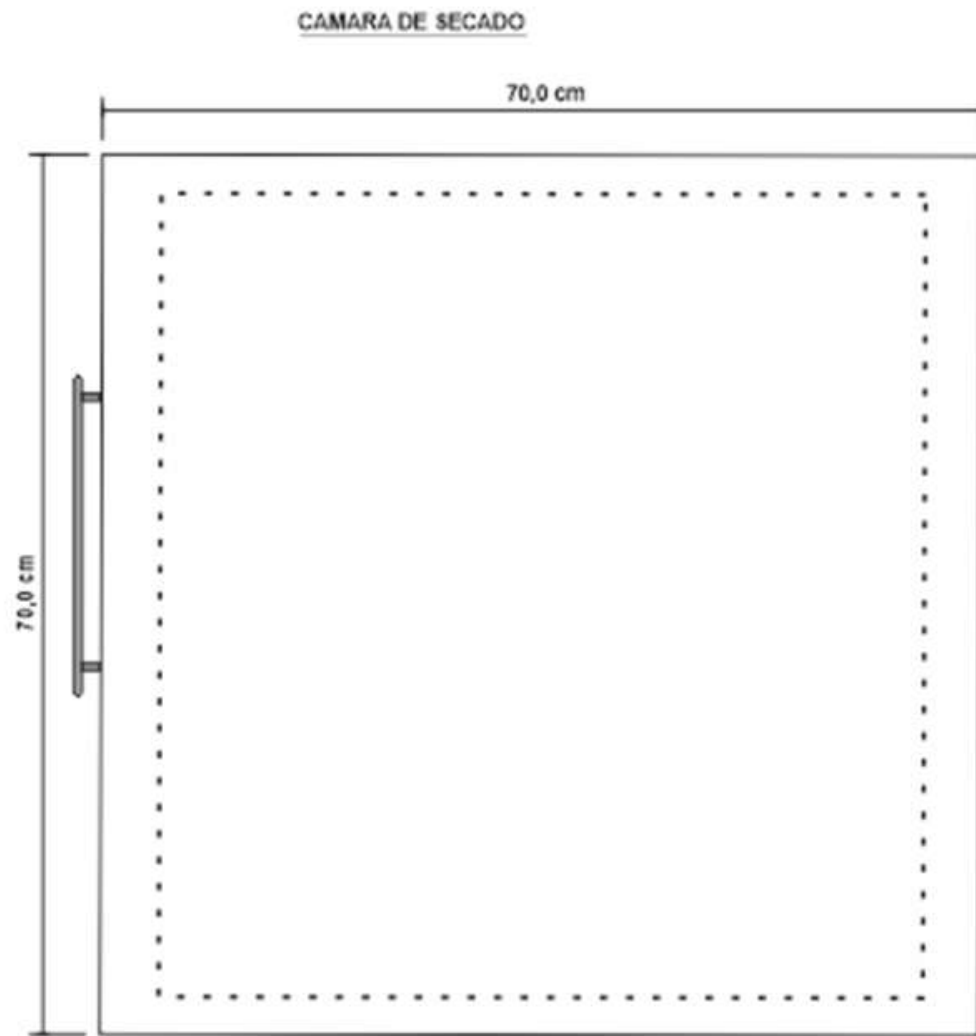
FIGURA 2: VISTA LATERAL DERECHA SECADOR DE BANDEJAS



FUENTE: LOS AUTORES



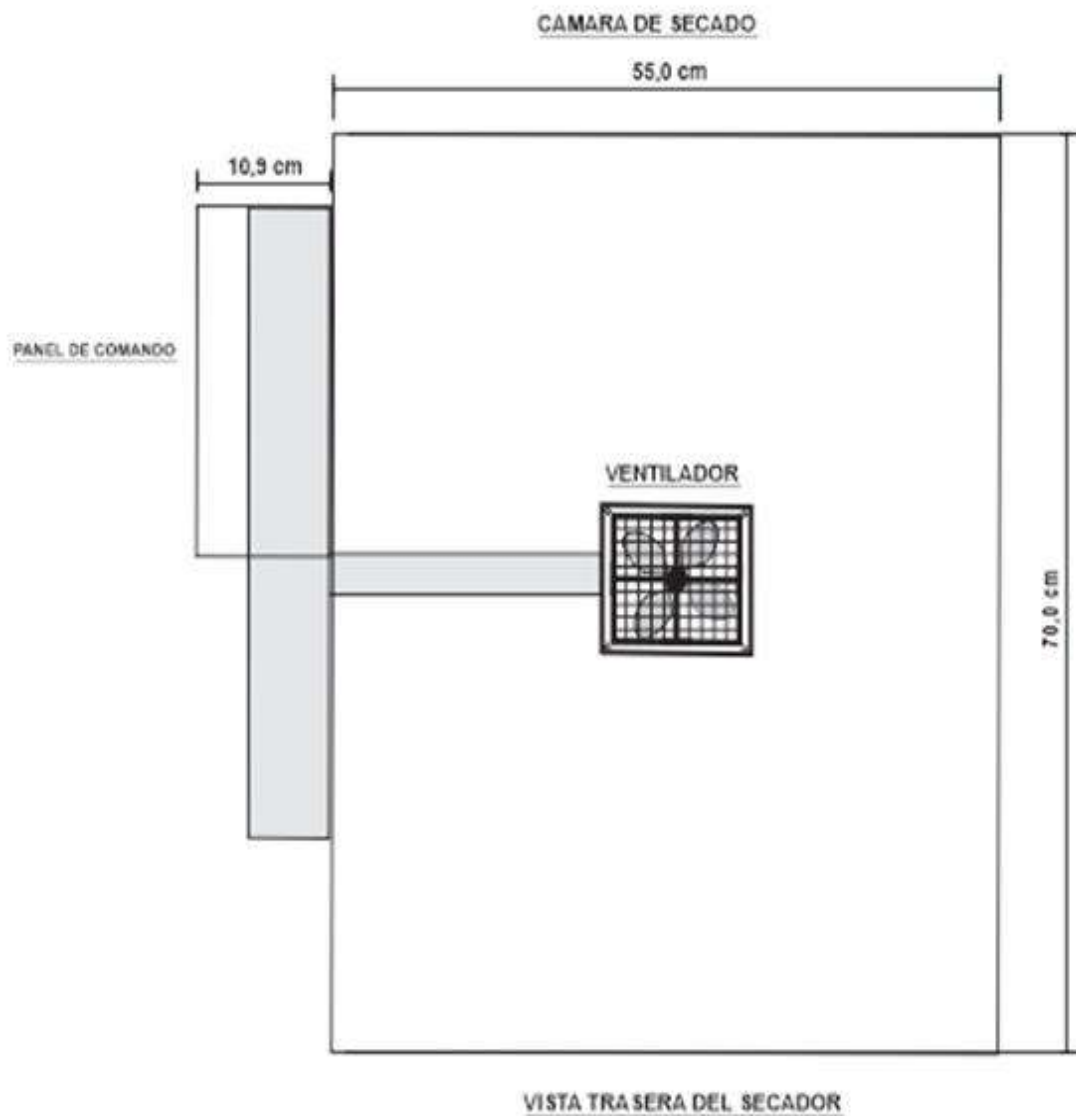
FIGURA 3: VISTA LATERAL IZQUIERDA



FUENTE: LOS AUTORES



FIGURA 4: VISTA TRASERA DEL SECADOR



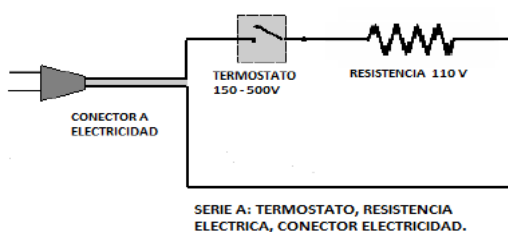
FUENTE: LOS AUTORES



5.5.1.3.1. SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y VENTILACIÓN.

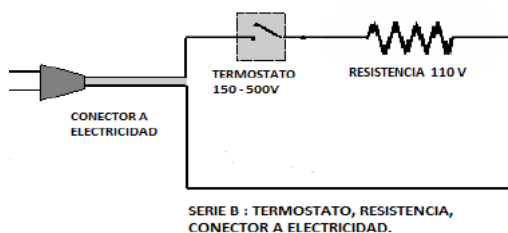
El componente principal de este sistema son 2 resistencias eléctricas empleadas para calentar el aire que ingresa a la cámara de secado por medio del ventilador. En seguida se presentan los circuitos de este sistema:

FIGURA 5: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE LA RESISTENCIA 1, SERIE A



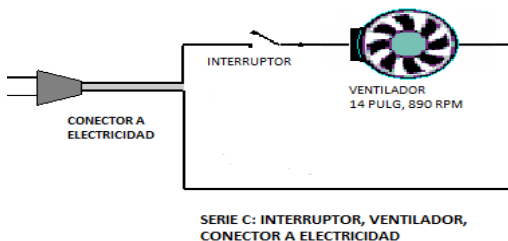
FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 6: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE LA RESISTENCIA 2 SERIE B



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 7: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL VENTILADOR SERIE C



FUENTE: LOS AUTORES



Las resistencias del sistema son activadas por los termostatos, que permiten graduar la temperatura de funcionamiento del secado; que van desde 35°C hasta 500°C, el ventilador se activa con un interruptor; las 3 series funcionan independientes, pero unidas a una misma alimentación, estos componentes están ubicados en el panel de comando del equipo.

5.5.2. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DEL SECADOR.

Para verificar las condiciones óptimas del secador de bandejas por flujo de aire, se utilizaron dos plantas: toronjil (*Melissa officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*).

La valoración del secador se realizó mediante la deshidratación de hojas de toronjil y orégano y su posterior pesaje para determinar la cantidad de humedad perdida durante el proceso, estos valores se representaron en las curvas de secado; figura 10 y figura 11.

Los pasos para la valoración del secador fueron:

5.5.2.1. PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES Y LAS MUESTRAS.

En la preparación de los materiales y muestras seleccionamos cuales serían los que utilizaríamos en la realización del secado.

El peso de las muestras se determinó por la cantidad de espacio que ocupaban las hojas esparcidas en las bandejas y el peso fue de 500 gramos de hojas de toronjil y orégano.

- Secador de bandeja con flujo de aire caliente
- Hojas aromática frescas (orégano y toronjil)
- Peso electrónico
- Cronometro
- Termómetro
- Mesa de selección



5.5.2.2. PROCEDIMIENTO DEL SECADO Y PESADO DE LAS MUESTRAS.

FIGURA 8: DIAGRAMA DE FLUJO PROCEDIMIENTO DE SECADO Y PESADO DE LAS MUESTRAS.



FUENTE: LOS AUTORES



5.5.2.2.1. PROCEDIMIENTO DE SECADO DE HOJAS DE ORÉGANO.

1. Se tomaron las hojas de orégano, se esterilizaron y se pesaron dando un peso de 500 gramos.
2. Luego se colocó en una bandeja bien distribuidas ocupando todo el espacio en el equipo, a una temperatura de 45°C (Temperatura constante durante todo el proceso) y se tomó el tiempo para iniciar el proceso de secado.
3. al pasar 30 minutos se sacó la bandeja y se observó que las hojas estaban un poco marchitas, habían cambiado su color y su peso había bajado a 425 gramos obteniendo una pérdida de humedad de 75 gramos.
4. Se repitió el proceso nuevamente en el equipo por un tiempo de 60 minutos, al transcurrir este tiempo se volvió a pesar obteniendo un peso de 365 gramos, obteniendo como resultado una pérdida de humedad de 60 gramos.
5. Se colocó la bandeja nuevamente por un tiempo de 60 minutos, Luego de pasar ese tiempo se observaron las hojas aún más secas, se volvieron a pesar obteniendo 345 gramos y con una pérdida de humedad de 20 gramos.
6. Se ingresa una vez más la bandeja al equipo por otros 60 minutos a la misma temperatura. Después de este tiempo se pesó nuevamente y su peso fue de 330 gramos perdiendo 15 gramos de humedad.



7. Se ingresó la bandeja en el equipo por otros 60 minutos a la misma temperatura. Al terminar el tiempo pesamos las hojas y su peso fue de 320 gramos perdiendo 10 gramos de humedad.
8. Se volvió a meter la bandeja al equipo por otros 60 minutos a la misma temperatura de 45°C. Al terminar el tiempo pesamos la muestra ya un poco más seca y peso 312 gramos perdiendo una humedad de 8 gramos.

Se observó que el orégano tuvo una pérdida total de 188 gramos de agua; quedando 312 gramos de producto seco.

5.5.2.2. PROCEDIMIENTO DE SECADO DE HOJAS DE TORONJIL.

1. Se tomó las hojas del toronjil las esterilizamos y las pesamos dándonos un peso de 500 gramos.
2. Luego la colocamos en una bandeja bien distribuidas ocupando todo el espacio de la bandeja; se encendió el equipo a una temperatura de 45°C (Temperatura constante durante todo el proceso) y se tomó el tiempo para iniciar el proceso de secado.
3. Luego de pasar 30 minutos se sacó la bandeja y observando que las hojas estaban un poco marchitas, y su peso había bajado a 395 gramos obteniendo una pérdida de humedad de 105 gramos.
4. Se colocó nuevamente la bandeja en el equipo por un tiempo de 60 minutos, Al transcurrir este tiempo se secó a pesar y su peso fue de 295 gramos y observando una pérdida de humedad de 100 gramos.



5. Se colocó la bandeja nuevamente por un tiempo de 60 minutos, Luego de pasar ese tiempo se observó las hojas aún más secas, las se pesó obteniendo 215 gramos y con una pérdida de humedad de 80 gramos.
6. Se metió una vez más la bandeja al equipo por otros 60 minutos, Después de este tiempo la se pesó nuevamente y su peso fue de 150 gramos perdiendo 65 gramos de humedad.
7. Se colocó la bandeja en el equipo por otros 60 minutos, Al terminar el tiempo se pesó las hojas y su peso fue de 90 gramos perdiendo 60 gramos de humedad.

Las fotos 15 a la 27 muestran los valores de las mediciones en cada intervalo de tiempo, se encontraran en los anexos

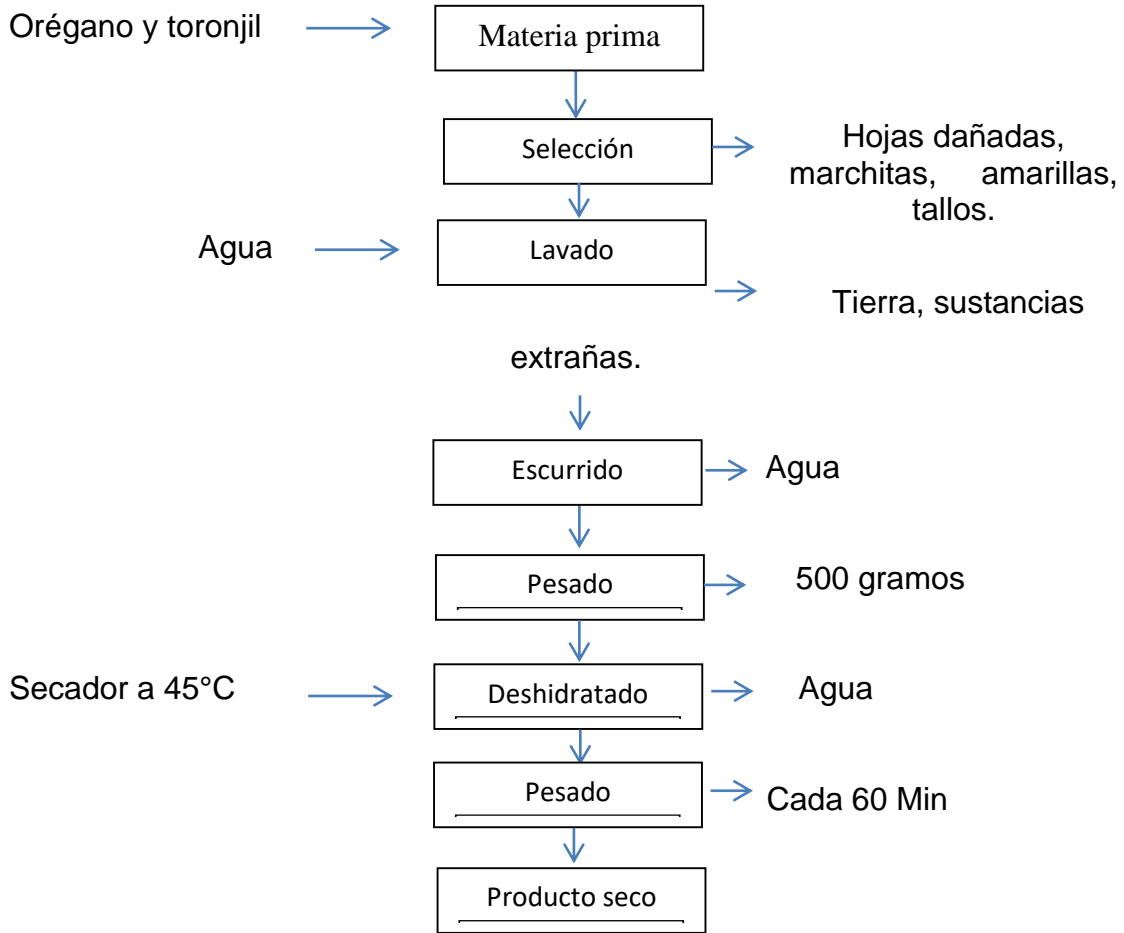
8. Se volvió a meter la bandeja al equipo por otros 60 minutos, Al pasar este tiempo se pesó la muestra ya un poco más seca y pesó 60 gramos perdiendo una humedad de 30 gramos.

Se observó que el toronjil perdió una humedad de 440 gramos de agua en total. Quedando como producto seco 60 gramos de toronjil.

Las fotos 15 a la 27 muestran los valores de las mediciones en cada intervalo de tiempo, se encontrarán en los anexos



FIGURA 9: DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA DESHIDRATACION DE PLANTAS AROMÁTICAS: ORÉGANO Y TORONJIL.



FUENTE: EL AUTOR



5.5.2.3. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PESO HÚMEDO PERDIDO POR LAS MUESTRA DURANTE EL SECADO.

Para determinar el porcentaje de peso húmedo perdido durante el secado utilizamos una ecuación (1).

$$X = \left(\frac{W_i - W_f}{W_i} \right) * 100 \quad \text{Ec (1)}$$

X = Humedad de la muestra (%)

W_i = Peso inicial de la muestra (kg. de agua + kg. De sólido seco)

W_f = Peso final de la muestra (kg. de sólido seco)

5.5.2.4. OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO.

Para obtener las curvas de secado se prepararon tres bandejas con 500 g de hojas de toronjil y orégano respectivamente.

De las cuales se monitoreó la pérdida de peso durante todo el proceso de deshidratado; la primera medición se realizó en los primeros 30 Min y las demás mediciones cada 60 Min. Con esto se obtuvieron 2 curvas de secado en condiciones de 45°C (Temperatura constante).

Para realizar la curva de pérdida de humedad con respecto al tiempo se utilizó la Ecuación 2.

$$XP = \left(\frac{W_i - W_f}{W_i * X} \right) * 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

X_p = Pérdida de humedad (%)

W_i = Peso inicial de la muestra (kg. de agua + kg. de sólido seco)

W_t = Peso de la muestra a diferentes tiempos (kg de agua + kg de sólido seco)

X = Humedad de la muestra a temperatura constante 45°C.



6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

6.1. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

El secador de bandejas construido se muestra en la Foto 1, el cual tiene un sistema que controla la temperatura y velocidad de flujo de aire, lo que permitió tener condiciones constantes durante todo el proceso.

FOTOGRAFÍA 1: VISTA FRONTAL DEL SECADOR DE BANDEJAS CONSTRUIDO.



FUENTE: LOS AUTORES

Cuando el equipo se encendía y se graduaba la temperatura a la que se quería trabajar, se necesitó de aproximadamente 10 minutos para alcanzar la



temperatura deseada, luego se tomó la temperatura; al llegar a 45°C se ingresaron las bandejas; las bandejas se colocaron como muestra la Foto 2.

FOTOGRAFÍA 2: VISTA INTERNA DE LA CÁMARA DE SECADO.



FUENTE: LOS AUTORES

El contenido de agua perdido por las muestras de hojas de toronjil y orégano respectivamente fue: 88 % y 37.6 %

6.2. OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO.

Una curva de secado típica es la que se muestra en la Gráfica 10 y 11, en donde se muestra el cambio del contenido de humedad en base seca a una temperatura constante de 45°C y una velocidad de flujo de aire de (1 – 4 m/s). La pérdida de humedad se dio en más cantidad al inicio del proceso, cuando el flujo de aire evaporaba fácilmente el agua de la superficie de las hojas de toronjil y orégano. Los tiempos requeridos para



reducir el contenido de humedad de alrededor de 88% para el toronjil y 37.6% para el orégano fueron de 330 min (5 horas y 30 min).

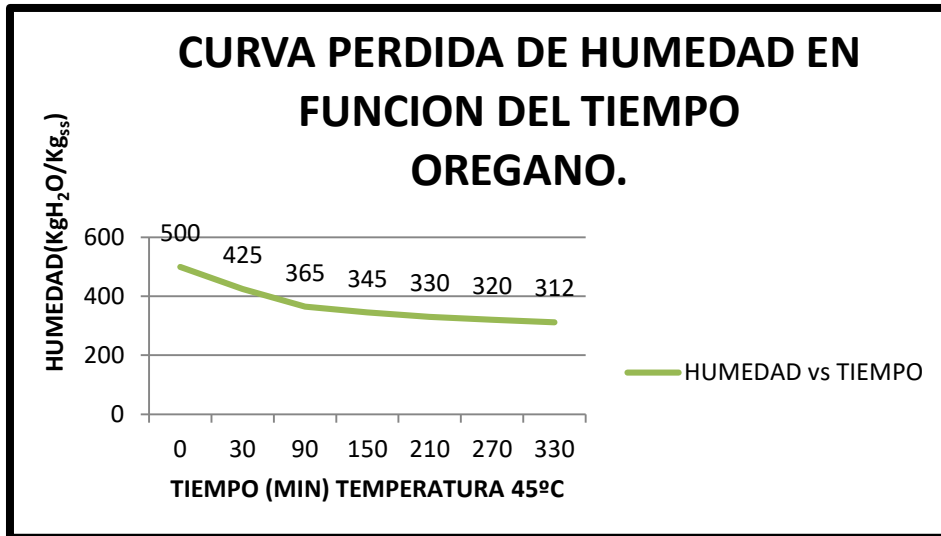
La cantidad de humedad que perdieron las muestras fue disminuyendo en comparación con las medidas iniciales esto debido a que la humedad que primero se elimina y que se encuentra en mayor proporción es la superficial del área de secado, cuando la película inicial de agua se elimina la humedad que se encuentra en el interior de la muestra empieza a salir a la superficie evaporándose, ese fenómeno es el que da el característico comportamiento de las curvas de secado de Humedad en función del Tiempo.

Es importante resaltar que la temperatura se mantuvo constante, la velocidad de flujo de aire influyó de forma importante.

Los datos obtenidos del secado nos indican que el equipo tiene un correcto funcionamiento para la eliminación de humedad en plantas aromáticas.

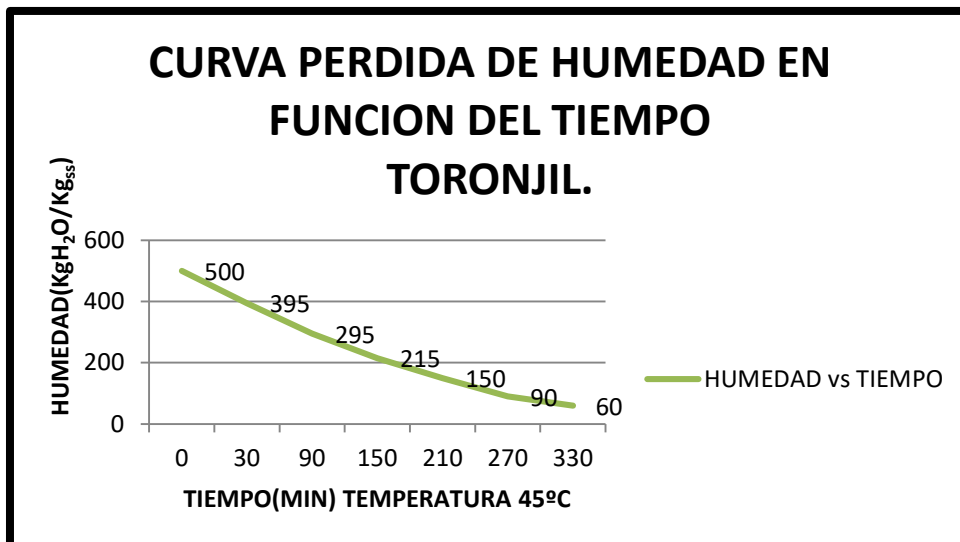


FIGURA 10: CURVA PERDIDA DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO ORÉGANO.



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 11: CURVA PERDIDA DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO TORONJIL.



FUENTE: LOS AUTORES



7. CONCLUSIONES

- Se construyó un secador de bandejas por flujo de aire caliente que opera de forma manual después de ingresar las condiciones de temperatura graduando los termostatos (45°C) y encender el ventilador de aire.
- Con el equipo se pueden realizar procesos de secado a condiciones constantes de temperatura y velocidad de flujo de aire, ya que se tiene un sistema que controla estas dos variables.
- Dentro de la cámara de secado no existe un cambio significativo de temperatura, se manejó una temperatura constante de 45°C , la cual se verificó con el uso de un termómetro, esto permitió indicar que hay una distribución uniforme de calor durante el proceso de secado lo que representa una pérdida de humedad homogénea en todas las bandejas.
- La temperatura y el flujo de aire juegan un papel importante en el correcto secado, estas variables pueden ser estudiadas a fondo por los estudiantes del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Popular del Cesar, y con ello cumplir uno de los objetivos de este proyecto.
- El proceso de secado de las hojas Toronjil y orégano, en las condiciones manejadas produjo una pérdida del color característico de las hojas, llegando a mostrarse marchitas y secas tomando un color café debido a las reacciones que se presentan una vez que las hojas pierden un gran contenido de humedad.
- Se concluye que el funcionamiento del equipo es el adecuado y que se cumplió con los objetivos trazados a lo largo de este proyecto.



8. RECOMENDACIONES.

Debido a que el secador de bandejas por flujo de aire caliente se propone como una herramienta para el uso de los estudiantes del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Popular del Cesar se recomienda:

- Hacer ensayos con diferentes plantas aromáticas y cambiar las variables de temperatura y tiempos de secado para permitirles reconocer las diferentes variables de los procesos de secado.
- Determinar por el método de cromatografía de los componentes químicos y sus concentraciones, en muestras de plantas aromáticas que se hayan deshidratado en el secador de bandejas por flujo de aire caliente.
- Antes de cargar las bandejas con la materia prima al equipo, se debe esperar que se establezca la temperatura de la cámara de secado, se gradúa con los termostatos y se verifica con un termómetro.
- Antes de la utilización del secador de bandejas se debe realizar la respectiva revisión de sus componentes y partes que forman este, con el fin de verificar su correcto funcionamiento y evitar accidentes al momento de su utilización.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARADO, J (1996) *Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos*. Editorial. Radio comunicaciones. Quito, Ecuador. pp. 127
2. ASTIASARÁN I, J MARTINEZ A. (2005) *Alimentos Composición y Propiedades*. Editorial Interamericana de España, S.A.U. pp. 9
3. PEREZ ARBELAEZ. E (1996) *Plantas Útiles de Colombia*. 4ta Edición, Bogotá. Colombia pp. 59
4. DESROSIER, N (1991) *Conservación de alimentos*. Editorial Continental, S. A DE CV. Decimonovena reimpresión, México. pp. 177, 185
5. DOMÍNGUEZ X. (1985) *Métodos de Investigación Fotoquímica*. 3era Edición. Editorial Limusa S.A México. pp. 229
6. Dr. AMÉRICO ALBORNOZ M. (1988) *Productos Naturales: Estudio de las sustancias y drogas extraídas de las plantas*. Publicaciones de la Universidad Central de Venezuela. Caracas. pp. 640
7. BADUI DERGAL. S (2006) *Química de los Alimentos*. 4ta Edición, Editorial Pearson Educación, México. pp. 16
8. BRENNAN, J.G. (1996) *Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos*. Editorial. Acibia. Zaragoza, España. pp. 256-258



9. CHIFE, C. (2005) *Garantía y control de calidad de materias primas vegetales para fines farmacéuticos*. Rev. Lab Ciencia pp. 6-8, 24
10. F. L. HART Y H.J. FISHER (1984) *Análisis Modernos de los Alimentos*. Editorial Acriba, Zaragoza-España. pp. 69
11. FONT QUER (1981) *Plantas Medicinales*. 7ma Edición. Editorial Labor, S.A, Barcelona España. pp. 51
12. FRAZIER W. C. (2003) *Microbiología de los Alimentos*; 4ta Edición. Editorial Acriba, Zaragoza-España. pp. 128,181
13. GEANKOPLIS. CH. (1995) *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. 2da Edición. Editorial Continental, México D, F. pp.435, 454, 457
14. NONHEBEL, G. y MOSS, A.D.M. (1979) *El Secado de sólidos en la Industria Química*. Editorial Reverté, S.A. España. pp. 2
15. PALOMINO, O. (2001) *Métodos analíticos para la identificación de Plantas Medicinales*. Apuntes del Curso de la Asociación Española de Farmacéuticos de la Industria (AEFI). pp. 74
16. PEGGY OTI-BOATENG, BARRIE AXTELL (1998) *Técnicas de Secado. Tecnologías aplicadas al ciclo alimentario* 2da Edición Lima ITDG. Perú pp. 42



17. EURORESIDENTES. *Hiervas aromáticas (orégano)*.
<http://www.euroresidentes.com/Alimentos/hierbas/mejoranaoregano.htmjkkkjijj> (11 Diciembre, 2008)
18. BOTANICAL - ONLINE. *Orégano*. <http://www.botanical-online.com/medicinalsoreganocastella.htm> (19 Diciembre, 2008)
19. WIKIPEDIA, la enciclopedia libre, *Orégano*.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Or%C3%A9gano> (19 Diciembre, 2008)
20. HERBOTECNIA, *Especies Vegetales exóticas*.
<http://www.herbotecnia.com.ar/exotica.html> (28 -10-2009)
21. HERBOTECNIA, *Principales métodos de deshidratación de hierbas*.
<http://www.herbotecnia.com.ar/poscosecha-secadoMetodos.htm> (28 -10-2009)
22. <http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/06/06 Equipos.html> (11 -10- 2009)
23. MONOGRAFIAS, *Envases para almacenamiento de hierbas aromáticas*.
<http://www.monografias.com/trabajos72/envases-comercializacion-manejo-oregano/envases-comercializacion-manejo-oregano.shtml#procesamia> (15-11-2009)
24. http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE_EVENTO SENTI/FILE_EVENTOSENTI13435.doc (11- 10-2009)



25. LIBROS AULA MAGNA, *Hierbas aromáticas.*
<http://www.librosaulamagna.com/libro/GUIA-DE-LAS-HIERBAS-Y-ESPECIAS/162160/4524#> (5 – 06-2010)

26. LIBROS AULA MAGNA, *Propiedades organolépticas.*
<http://www.librosaulamagna.com/.../ANALISIS-SENSORIAL./4524> -
España (5 – 06-2010)

27. <http://revistas.mes.edu.cu/eduniv/Members/Administrador/9789591606570.pdf> (12-01-2010)

28. TRIPOD, *Aceites esenciales.*
<http://www.members.tripod.com/aromaticas/Aceites.htm> (12-01-2010)

29. FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION), *Secado a Altas temperaturas.*
<http://www.fao.org/docrep/x5059S/x5059S02.htm> (24-04-2010)



ARTICULO CIENTIFICO



Diseño y Construcción de un Secador de Bandejas Para Plantas Aromáticas por Flujo de Aire Caliente

Design and Construction of a Tray Dryer for Aromatic Plants by Hot Air Flow
Ricardo Jose Arias Iglesia¹- Yanerys Padilla Ferrer²

¹ Estudiante ingeniería agroindustrial, universidad popular del cesar, Email: ricardojarias25@gmail.com

² Estudiante ingeniería agroindustrial, universidad popular del cesar. Email: nandy1104@hotmail.com

RESUMEN

Decidimos trabajar sobre el diseño y construcción de un secador de bandejas por flujo de aire caliente para plantas aromáticas al notar la necesidad de las personas de conservar estas plantas, ya que de manera natural las hojas frescas son de difícil conservación; entonces, sí realizamos un secado con un equipo como el que diseñamos podemos conservarlas en un mejor estado. En la universidad popular del cesar a través del programa de ingeniería agroindustrial en la asignatura operaciones unitarias le enseñan a los estudiante a identificar los diferentes fenómenos que ocurren al momento de transformar la materia prima en subproductos industriales; especialmente se enfocan en los procesos de secado en una muestra; Luego del diseño y construcción del equipo se procedió con los ensayos de laboratorio para comprobar el correcto funcionamiento del mismo, logramos obtener unas curvas de secado mediante la deshidratación de hojas de toronjil y orégano, dando como resultado que es un equipo funcional para los objetivos trazados, al cual se le pueden hacer aún muchas mejoras lo cual permitirá un mejor entendimiento de fenómenos físicos que se dan durante el secado. Resaltamos que el equipo fue donado al programa de ingeniería agroindustrial.

Palabras claves: plantas aromáticas, secado, secador, flujo de aire.

ABSTRACT

We decided to work on the design and construction of a tray dryer by hot air flow for aromatic plants, noting the need of people to preserve these plants, since naturally fresh leaves are difficult to preserve; then, if we do a drying with a team like the one we design, we can preserve them in a better state. In the popular university of the Cesar through the program of agroindustrial engineering in the unit operations subject they teach the students to identify the different phenomena that occur at the moment of transforming the raw material into industrial by-products; especially focus on drying processes in a sample; After the design and construction of the equipment we proceeded with the laboratory tests to verify the correct operation of it, we managed to obtain drying curves by dehydrating leaves of lemon balm and oregano, resulting in a functional equipment for the objectives set , to which you can still make many improvements which will allow a better understanding of physical phenomena that occur during drying. We emphasize that the equipment was donated to the agro-industrial engineering program.

Keywords: aromatic plants, drying, dryer, air flow.



INTRODUCCION

Desde los inicios de la humanidad surge la necesidad de conservar los alimentos sin importar su origen (hierbas, carnes), desde allí se vislumbró la necesidad de buscar formas que permitiesen esto.

La producción de hierbas aromáticas y medicinales ha mostrado un auge en los últimos años en el mundo por la apertura de barreras arancelarias y por las tendencias del mercado hacia los productos con propiedades terapéuticas y medicinales; la industria alimentaria está cada vez más interesada en las hierbas aromáticas, debido al creciente aumento de los consumidores por la demanda de alimentos sanos de origen natural.⁴

Las personas en la actualidad se empiezan a preocupar por el origen y el tipo de alimentos que consumen, esto ha desencadenado un boom por lo natural y orgánico, de ahí nace la idea de buscar métodos y procedimientos que permitan a las personas adquirir más fácilmente estos tipos de productos, y poder abrir nuevos mercados.

La gran diversidad de plantas que habitan en el territorio colombiano y la heterogeneidad de grupos humanos que residen en este mismo territorio hacen que se genere un gran vínculo entre las sociedades y los beneficios que les pueden proveer las plantas para su bienestar.⁵

Más específicamente en la región del Cesar, existen muchas variedades de plantas aromáticas, de las cuales sus hojas contienen grandes cantidades de metabolitos que son utilizados en la industria alimentaria.

En nuestro país la comercialización de hierbas aromáticas y medicinales se da en función del tipo de hierba comercializar ya sea en forma fresca o sometiéndolas algún tipo de procedimiento de secado; En el caso de las hierbas frescas es



necesario someterlas a temperaturas alrededor de los 2°C Empacándolas en bolsas de polietileno, no obstante aunque se garanticen las condiciones óptimas de almacenamiento La vida útil de estos productos es corta debido a la alta tasa respiratoria que manejan estos alimentos frescos.

La técnica de secado de alimentos es probablemente el método más antiguo para preservar el alimento que ha ideado el ser humano. La extracción de la humedad del alimento previene el crecimiento y la reproducción de los microorganismos causantes de la descomposición. Produce una disminución sustancial del peso y el volumen, reduciendo empaque, costos de almacenamiento y transporte y permitiendo el almacenamiento del producto a temperatura ambiente por largo tiempo.

En el caso de las plantas aromáticas, un aspecto fundamental de la calidad en ellas es su aroma, el cual es muy sensible de que se pierda en tratamientos como el secado, por lo que habrá que buscar la combinación adecuada de tiempo y temperatura para minimizar su pérdida ya que esta es la principal característica de calidad que tienen las hierbas aromáticas.⁶

Al interior del documento se referencia además del producto a secar, el diseño y proceso de construcción del secador de bandejas por flujo de aire caliente. Se determinan las propiedades y características de las plantas, a partir de lo cual se exponen las alternativas, posteriormente se realiza la elección, cálculos y selección de los elementos constitutivos del equipo y se realizará una prueba de su correcto funcionamiento.⁷

METODOLOGÍA

El proyecto bajo los criterios de la investigación de tipo experimental, donde se analizarán los diferentes rangos de temperatura para el secado

⁴ LIBRO: Evaluación de los efectos del proceso de secado sobre la calidad de la Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) y la Hierbabuena (Mentha spicata); AUTOR: Frank Jimmy García Navarrete); TOMADO DE : Hossain, M.B. ; Barry-Ryan, C. ; Martin-Diana, A.B. ; Brunton, N.P.: Effect of drying method on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. En: Food Chemistry 123 (2010), Nr. 1, p. 85 – 91. – ISSN 0308–8146; WEBGRAFIA: (<http://www.bdigital.unal.edu.co/42012/1/822137.2014.pdf>)

⁵ Xiomara Sanclemente Directora de Ecosistemas Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales nativas en Colombia, AÑO 2011; WEBGRAFIA: (<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31427>)

⁶ (<http://manualdeshidratacion.blogspot.com/>) Patricio Valdez Marín 4 septiembre 2008)

⁷ Diseño de una máquina secadora de hojas aromáticas - Luis Alberto Andrade Lavanda, Henry Marcelo Rodríguez Martínez



óptimo de las hojas de plantas aromáticas. Se realizará el secado de las hojas a escala laboratorio, previa definición del diseño experimental a utilizar y las condiciones de extracción.

En lo que respecta al equipo secador realizar la operación inmediatamente después de ser cosechado el vegetal, después del oreado o desecado realizado por el equipo analizar los parámetros que precede al secado artificial con el fin de no desnaturalizar el contenido de las hojas de plantas aromáticas conservando así su contenido natural.

Para lograr los objetivos se desarrollará la siguiente estrategia:

- Implementación de un equipo deshidratador de hojas de plantas aromáticas.
- Deshidratación a escala laboratorio de las hojas de plantas aromáticas previa definición del diseño experimental a utilizar y las condiciones de secado.
- Análisis estadísticos de datos, construcción y redacción de las conclusiones.
- Socialización de los resultados.

RESULTADOS

FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO: el secador de bandejas construido se muestra en la Fotografía 1, el cual tiene un sistema que controla la temperatura y velocidad de flujo de aire, lo que permitió tener condiciones constantes durante todo el proceso.

FOTOGRAFÍA 1: VISTA FRONTAL DEL SECADOR DE BANDEJAS CONSTRUIDO.



FUENTE: LOS AUTORES

Cuando el equipo se encendió y se graduaba la temperatura a la que se quería trabajar, se necesitó de aproximadamente 10 minutos para alcanzar la temperatura deseada, luego se tomó la temperatura; al llegar a 45°C se ingresaron las bandejas; las bandejas se colocaron como muestra la Foto 2.

FOTOGRAFÍA 2: VISTA INTERNA DE LA CÁMARA DE SECADO.



FUENTE: LOS AUTORES

El contenido de agua perdido por las muestras de hojas de toronjil y orégano respectivamente fue: 88 % y 37.6 %

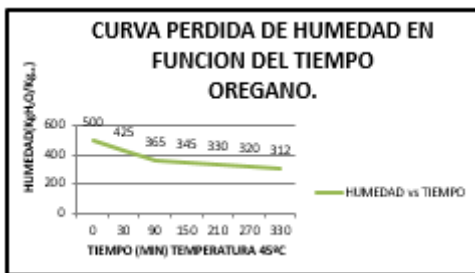
OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO: una curva de secado típica es la que se muestra en la Gráfica 1 y 2, en donde se muestra el cambio del contenido de humedad en base seca a una temperatura constante de 45°C y una velocidad de flujo de aire de (1 – 4 m/s). La pérdida de humedad se dio en más cantidad al inicio del proceso, cuando el flujo de aire evaporaba fácilmente el agua de la superficie de las hojas de toronjil y orégano. Los tiempos requeridos para reducir el contenido de humedad de alrededor



de 88% para el toronjil y 37.6% para el orégano fueron de 330 min (5 horas y 30 min).

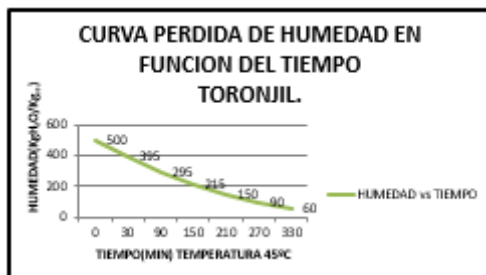
La cantidad de humedad que perdieron las muestras fue disminuyendo en comparación con las medidas iniciales esto debido a que la humedad que primero se elimina y que se encuentra en mayor proporción es la superficial del área de secado, cuando la película inicial de agua se elimina la humedad que se encuentra en el interior de la muestra empieza a salir a la superficie evaporándose, ese fenómeno es el que da el característico comportamiento de las curvas de secado de Humedad en función del Tiempo.

FIGURA 1: CURVA PERDIDA DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO ORÉGANO.



FUENTE: LOS AUTORES

FIGURA 2: CURVA PERDIDA DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO TORONJIL.



FUENTE: LOS AUTORES

DISCUSION

Es importante resaltar que la temperatura se mantuvo constante, la velocidad de flujo de aire influyó de forma importante.

Los datos obtenidos del secado nos indican que el equipo tiene un correcto funcionamiento para la eliminación de humedad en plantas aromáticas.

El secador de bandejas por flujo de aire caliente se propuso como una herramienta para el uso de los estudiantes del programa de Ingeniería



Agroindustrial de la Universidad Popular del Cesar para ser utilizado en las materias del pensum en donde sea necesario realizar ensayos de secado con diferentes muestras y cambiar las variables de temperatura y tiempos de secado para permitirles reconocer las diferentes variables de los procesos de secado.

CONCLUSION

Se construyó un secador de bandejas por flujo de aire caliente que opera de forma manual después de ingresar las condiciones de temperatura graduando los termostatos (45°C) y encender el ventilador de aire.

Con el equipo se pueden realizar procesos de secado a condiciones constantes de temperatura y velocidad de flujo de aire, ya que se tiene un sistema que controla estas dos variables.

Dentro de la cámara de secado no existe un cambio significativo de temperatura, se manejó una temperatura constante de 45°C, la cual se verificó con el uso de un termómetro, esto permitió indicar que hay una distribución uniforme de calor durante el proceso de secado lo que representa una pérdida de humedad homogénea en todas las bandejas.

La temperatura y el flujo de aire juegan un papel importante en el correcto secado, estas variables pueden ser estudiadas a fondo por los estudiantes del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Popular del Cesar, y con ello cumplir uno de los objetivos de este proyecto.

El proceso de secado de las hojas Toronjil y orégano, en las condiciones manejadas produjo una pérdida del color característico de las hojas, llegando a mostrarse marchitas y secas tomando un color café debido a las reacciones que se presentan una vez que las hojas pierden un gran contenido de humedad.

Se concluye que el funcionamiento del equipo es el adecuado y que se cumplió con los objetivos trazados a lo largo de este proyecto.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ALVARADO, J (1996) *Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos*.



- Editorial. Radio comunicaciones. Quito, Ecuador. pp. 127
- ASTIASARÁN I, J MARTINEZ A. (2005) *Alimentos Composición y Propiedades*. Editorial Interamericana de España, S.A.U. pp. 9
 - PEREZ ARBELAEZ. E (1996) *Plantas Útiles de Colombia*. 4ta Edición, Bogotá. Colombia pp. 59
 - DESROSIER, N (1991) *Conservación de alimentos*. Editorial Continental, S. A DE CV. Decimonovena reimpresión, México. pp. 177, 185
 - BADUI DERGAL. S (2006) *Química de los Alimentos*. 4ta Edición, Editorial Pearson Educación, México. pp. 16
 - BRENNAN, J.G. (1996) *Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos*. Editorial. Acribia. Zaragoza, España. pp. 256-258
 - CHIFE, C. (2005) *Garantía y control de calidad de materias primas vegetales para fines farmacéuticos*. Rev. Lab Ciencia pp. 6-8, 24
 - F. L. HART Y H.J. FISHER (1984) *Análisis Modernos de los Alimentos*. Editorial Acribia, Zaragoza-España. pp. 69
 - FONT QUER (1981) *Plantas Medicinales*. 7ma Edición. Editorial Labor, S.A, Barcelona España. pp. 51
 - FRAZIER W. C. (2003) *Microbiología de los Alimentos*; 4ta Edición. Editorial Acribia, Zaragoza-España. pp. 128,181
 - GEANKOPLIS. CH. (1995) *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. 2da Edición. Editorial Continental, México D, F. pp.435, 454, 457
 - NONHEBEL, G. y MOSS, A.D.M. (1979) *El Secado de sólidos en la Industria Química*. Editorial Reverté, S.A. España. pp. 2
 - PEGGY OTI-BOATENG, BARRIE AXTELL (1998) *Técnicas de Secado. Tecnologías aplicadas al ciclo alimentario* 2da Edición Lima ITDG. Perú pp. 42
 - EURORESIDENTES. *Hiervas aromáticas (orégano)*.
<http://www.euroresidentes.com/Alime>
- ntos/hierbas/mejoranaoregano.htmjkk
kjjjj (11 Diciembre, 2008)
- BOTANICAL - ONLINE. *Orégano*.
<http://www.botanical-online.com/medicinalsoreganocastella.htm> (19 Diciembre, 2008)
 - WIKIPEDIA, la enciclopedia libre, *Orégano*.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Or%C3%A9gano> (19 Diciembre, 2008)
 - HERBOTECNIA, *Principales métodos de deshidratación de hierbas*.
<http://www.herbotecnia.com.ar/posco-secha-secadoMetodos.htm> (28 -10-2009)
 - http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/06/06_equipos.html (11 -10-2009)
- LIBROS AULA MAGNA, *Hierbas aromáticas*.
<http://www.librosaulamagna.com/libro>



ANEXOS



ANEXO A. VISTAS DEL SECADOR DE BANDEJAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE

FOTOGRAFÍA 3: VISTA FRONTAL DEL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 4: VISTA LATERAL DERECHA DEL SECADOR DE BANDEJAS.





FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 5: VISTA LATERAL IZQUIERDA DEL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 6: VISTA TRASERA DEL SECADOR DE BANDEJAS





FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 7: VISTA INTERNA DEL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES



ANEXO B: PARTES DEL SECADOR

FOTOGRAFÍA 8: VISTA DE LAS RESISTENCIAS DEL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 9: VISTA DEL VENTILADOR DEL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 10: VISTA DE LAS BISAGRAS USADAS EN EL SECADOR DE BANDEJAS



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 11: VISTA DE LA CERRADURA USADA PARA ASEGURAR LA PUERTA DEL SECADOR DE BANDEJA



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 12: VISTA DEL PANEL DE CONTROL DEL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 13: VISTA DE LAS HOJAS DE TORONJIL DISTRIBUIDAS EN LAS BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 14: VISTA DE LAS HOJAS DE ORÉGANO DISTRIBUIDAS EN LAS BANDEJAS



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 15: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJIL ANTES DE INGRESAR AL SECADOR DE BANDEJAS.





FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 16: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO ANTES DE INGRESAR AL SECADOR DE BANDEJAS



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 17: VISTA DE LAS BANDEJAS DENTRO DEL SECADOR



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 18: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJIL LUEGO DE 30MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 19: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 30MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 20: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJIL LUEGO DE 60MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 21: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 60MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.





FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 22: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJIL LUEGO DE 120MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 23: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 120MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 24: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE TORONJIL LUEGO DE 180MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 25: VISTA DEL PESO DE HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DE 180MIN EN EL SECADOR DE BANDEJAS.



FUENTE: LOS AUTORES



FOTOGRAFÍA 26: VISTA DE LAS HOJAS DE TORONJIL LUEGO DEL SECADO PESO FINAL 60 GR



FUENTE: LOS AUTORES

FOTOGRAFÍA 27: VISTA DE LAS HOJAS DE ORÉGANO LUEGO DEL SECADO PESO FINAL 312 GR.



FUENTE: LOS AUTORES



9.1. PRESUPUESTO

COSTOS/PRESUPUESTO						
RECURSO HUMANO						
AREA	INSUMOS	TIEMPO (MESES)	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	
OFICINA	Resma	4	4	8.000	32.000	
	Lapiceros	4	12	800	9.600	
	Fotocopias	4	500	200	100.000	
	Impresiones	4	10	25.000	250.000	
MATERIALES Y PRODUCTOS VEGETALES	Equipos y Materiales de Fabricación	Cuerpo en lámina coll rol c-20- (lámina galvanizada)		5	30.000	150.000
		Recubrimiento interno en lámina galvanizada c-20		3	60.000	180.000
		cubrimiento y aislamiento en fibra de vidrio		1 rollo de aislamiento	120.000	120.000
		Puertas principales en acero c-20		2 metros de acero ca -22	60.000	120.000
		Resistencias industriales electrónicas (voltaje 110)		4 resistencias	90.000	360.000
		Termostato eléctrico con tara 0 – 500 °C		2	225.000	450.000
		Instalación interna en cable siliconado n-10		10 metros	8.000	80.000
		Extractor 8 pulgadas 110 v		1	70.000	70.000
		Contactador eléctrico 50hz a 40A		2	125.000	250.000
	Hojas de toronjil y orégano		1000GR	100.000	100.000	
SERVICIOS TÉCNICOS DE ASESORÍA	Asesorías técnicas para la fabricación del equipo	4	4	250.000	1.000.000	
PERSONAL	Director	4	4	300.000	1.200.000	
	Estudiantes	4	4	200.000	800.000	
OTROS	Imprevisto	4	4	250.000	1'000.000	
TOTAL					6.271.600	

FUENTE: LOS AUTORES



9.2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	1	2	3	4
ELABORACIÓN BASE DE DATOS				
SELECCIÓN DEL MATERIAL Y CONSULTA CON ASESORES				
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN				
PRUEBAS AL DISEÑO				
ENSAYOS DE EQUIPO CON MUESTRA VEGETAL				
REALIZACIÓN DE CURVAS DE SECADO				
INFORME FINAL Y SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO				

FUENTE: LOS AUTRS



Valledupar, Cesar 30/11/2018.

Señores:

COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO

Facultad de Ingenierías y Tecnologías.
Programa de Ingeniería Agroindustrial.
Universidad Popular del Cesar.

Cordial Saludo:

Los estudiantes que suscriben la presente carta, Se comprometen a realizar un artículo científico a partir de los resultados del proyecto de grado titulado "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE**", el cual será presentado en el formato y condiciones establecidas por el comité de proyecto de grado.

Atentamente,

Ricardo José Arias Iglesia

C.C: 1065637761

Yanerys Padilla Ferrer

C.C. 1065622131



Valledupar, Cesar 30/11/2018

TITULO DEL PROYECTO DE GRADO: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE".

NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS ESTUDIANTES:

RICARDO JOSE ARIAS IGLESIA
YANERYS PADILLA FERRER

ASUNTO: AUTORIZACION DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.

Autorizo a la Universidad Popular del Cesar, **PARA QUE EN TERMINOS ESTABLECIDOS EN EL MANUAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA INSTITUCION**, la Ley 23 de 1982, la Ley 44 de 1993, Decisión andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas vigentes sobre la materia, utilice y use todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente proyecto de grado.

La presente autorización se hace extensiva no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, digital, óptico, usos en red, internet, extranet, intranet, Etc. Y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Ricardo José Arias Iglesia
C.C: 1065637761

Yanerys Padilla Ferrer
C.C. 1065622131



Valledupar, Cesar 30/11/2018



TITULO DEL PROYECTO DE GRADO: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA PLANTAS AROMÁTICAS POR FLUJO DE AIRE CALIENTE".

NOMBRES Y APELLIDOS DE LOS ESTUDIANTES:

RICARDO JOSE ARIAS IGLESIA
YANERYS PADILLA FERRER

ASUNTO: AUTORIZACION DECLARACION ANTIFRAUDE.

Somos conscientes que cualquier tipo de fraude en este proyecto es considerado como una falta grave en la universidad. Al firmar, entregar y presentar esta propuesta de proyecto de grado, damos expreso testimonio de que esta propuesta fue desarrollada de acuerdo con las normas establecidas por la universidad. Del mismo modo, aseguramos que no participamos en ningún tipo de fraude y que en este trabajo se expresaron debidamente los conceptos o ideas que sean tomadas de otras fuentes.

Somos conscientes que el trabajo que realizaremos incluirá ideas y conceptos de otros autores, del director y/o asesor y podrá incluir material de cursos o trabajos anteriores realizados en la universidad y por tanto daré crédito correspondiente y utilizare este material de acuerdo con las normas de derecho de autor o presentaciones en congresos, seminarios o conferencias sin la revisión o autorización expresa del asesor o quien representara en este caso a la universidad.

Ricardo José Arias Iglesia
C.C: 1065637761

Yanerys Padilla Ferrer
C.C. 1065622131