



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍAS EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PLAN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

**EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE DESHIDRATADO EN BANDEJA SOBRE
EL TORONJIL *Melissa officinalis* L. PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE TÉ A
GRANEL**

Modalidad presencial

Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR:

PINANJOTA GUAYTARILLA HENRY GABRIEL

DIRECTOR:

ING. BERMEO CÓRDOVA BÉLGICA NORMANDÍ, PHD.

Ibarra – Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1724481765 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | PINANJOTA GUAYTARILLA HENRY GABRIEL | | |
| DIRECCIÓN: | Pichincha, Tabacundo | | |
| EMAIL: | henrydbgt62@gmail.com | | |
| TELÉFONO FIJO: | | TELÉFONO MÓVIL: | +593997564078 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-----------------------------|---|
| TÍTULO: | <i>Efectas de los parámetros de deshidratado en bandeja sobre el toronjil <i>Melissa officinalis</i> L. Para la comercialización de té a granel</i> |
| AUTOR (ES): | PINANJOTA GUAYTARILLA HENRY GABRIEL |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 23/05/2023 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero Agroindustrial |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Bélgica Normandi Bermeo Córdova, PhD. |

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de mayo de 2023.

EL AUTOR:

Pinanjota Guaytarilla Henry Gabriel

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 22 días del mes de mayo del 2022

Ing. Bermeo Córdova Bélgica Normandi, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a horizontal line.

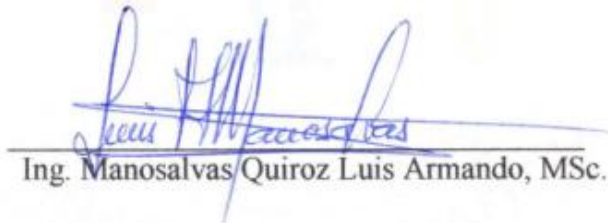
Ing. Bermeo Córdova Bélgica Normandi, PhD.

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité Calificado del trabajo de investigación Curricular “EECTOS DE LOS PARÁMETROS DE DESHIDRATADO EN BANDEJA SOBRE EL TORONJIL *Melissa officinalis* L. PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE TÉ A GRANEL” elaborado por PINANJOTA GUAYTARILLA HENRY GABRIEL, previo a la obtención del título del **Ingeniero agroindustrial**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Ing. Bermeo Cordova Bélgica Normandi, PhD.



Ing. Manosalvas Quiroz Luis Armando, MSc.

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre conmigo en cada momento, por mostrarme el camino en momentos de debilidad donde su presencia me permitió alcanzar diversas metas bajo las virtudes de la sabiduría, honestidad y perseverancia.

A mi familia, quienes me apoyaron en todo momento, principalmente a mis amados padres Pinanjota Pujota Segundo Miguel y Guaytarilla Pilca María Fabiola, pues gracias a su amor incondicional, apoyo y comprensión en cada etapa de mi vida pude concluir mis estudios de forma exitosa. Además, su honestidad, perseverancia, valentía y honor son virtudes que forjaron en mí desde el nacimiento pudiendo de este modo desarrollarme no solo como profesional si no como ser humano.

Del mismo modo dedico este estudio a mi querida hermana Pinanjota Guaytarilla Alexandra Fabiola por mostrarme su apoyo y consejo justo en los momentos más importantes de mi vida.

Finalmente agradezco a mis amigos, Núñez Mónica, Guerrón Jessica, Rosero Liz, Ceballos Alexandra, Manrique Nahomi, Morocho Alexis, Trujillo Lenin, Pulles Rubén, Lomas Andrés, de la misma manera al Pastor Montoya Andrés, sus hijas y todos aquellos que oraron por mí, quienes me acompañaron durante mi desarrollo como persona en todo momento al ser estudiante de la prestigiosa Universidad Técnica del Norte.

Pinanjota Guaytarilla Henry Gabriel

AGRADECIMIENTO

Agradezco de corazón a todos los profesores de la carrera de agroindustria de la Universidad Técnica del Norte quienes con sus cátedras me sumergieron en el mundo del saber, del mismo modo al personal administrativo, en este punto principalmente agradezco a mi tutora la Ing. Bermeo Córdova Bélgica Normandi, PhD. así como al Ing. Satama Tené Ángel Edmundo. Quienes fueron piedra angular en este proceso de titulación, los cuales con sus virtudes y saberes supieron tanto guiarme como apoyarme hasta el final de esta investigación.

Del mismo modo agradezco a los Asesores de tesis: Dra. Olmedo Galarza Valeria, pues con su carismática forma de ser y forma de enseñar pude comprender varios aspectos de investigación en un corto periodo de tiempo; Ing. Manosalvas Quiroz Luis Armando MSc. Porque con su metodología de enseñanza pude conocer el hermoso mundo de las operaciones unitarias, pilares fundamentales en dentro de los procesos agroindustriales. De este modo agradezco a quienes supieron dirigirme y asesorarme de forma desinteresada durante mi desarrollo académico.

Pinanjota Guaytarilla Henry Gabriel

RESUMEN

Las plantas medicinales - como el toronjil - han sido un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad, la salud y el bienestar del ser humano. Se ha reportado que el toronjil tiene efectos antiinflamatorios, antibacterianos y previene el estrés oxidativo. Sin embargo, su acción depende del contenido y compuestos fisicoquímicos que se encuentran en el producto final. La deshidratación es uno de los métodos de conservación más usados e importantes para procesar y prolongar la vida útil de estos alimentos. Aun así, todavía existen problemas para interpretar o predecir las pérdidas debido al gradiente de tiempo-temperatura-humedad existente durante el proceso operativo. El objetivo del estudio fue evaluar los parámetros de secado en bandeja sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del toronjil. La metodología empleada en este estudio fue mixta de tipo descriptiva y experimental. Los experimentos se realizaron de acuerdo con un diseño completamente al azar para dos variables independientes: temperatura (35 y 45 °C) y velocidad de aire seco (1.5 y 3 m/s). Se utilizó un secador de flujo de aire vertical y un sistema de pesaje continuo para determinar la constante de secado. Se realizaron pruebas fisicoquímicas antes y después del proceso de deshidratación para identificar si los parámetros de secado influyen en las características del producto final. En la materia prima sin procesar las propiedades fisicoquímicas se mantuvieron dentro del rango reportado por la NTE INEN 2392:2017, a diferencia de los análisis microbiológicos. El análisis estadístico mostró que los parámetros de secado influyen significativamente ($p < 0.05$) sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del toronjil deshidratado. La humedad del producto final se determinó en 11.045%. Deshidratar toronjil empleando 35°C y una DAS de 1.5m/s, permite conservar en mayor cantidad los aceites esenciales. En el producto final los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se mantuvieron dentro del rango reportado. El tratamiento T4 fue el producto con mayor aceptabilidad por los consumidores. Los parámetros de deshidratado son fundamentales para conservar y aumentar las características sensoriales y funcionales del producto final.

Palabras clave: Toronjil, Deshidratación de productos, Propiedades fisicoquímicas, Microbiología, Propiedades sensoriales, Propiedades funcionales, Aceptabilidad.

ABSTRACT

Medicinal plants - such as lemon balm - have been a fundamental pillar for the development of society, the health and well-being of the human being. Lemon balm has been reported to have anti-inflammatory effects, antibacterial, and prevent oxidative stress. However, its action depends on the content and physicochemical compounds found in the final product. Dehydration is one of the most used and important preservation methods to process and prolong the shelf life of these foods. Even so, there are still problems interpreting or predicting the losses due to the existing time-temperature-humidity gradient during the operating process. The objective of the study was to evaluate the parameters of tray drying on the physicochemical and microbiological properties of lemon balm. The methodology used in this study was mixed of descriptive and experimental type. The experiments were performed according to a completely randomized design for two independent variables: temperature (35 and 45 °C) and dry air velocity (1.5 and 3 m/s). A vertical airflow dryer and a continuous weighing system were used to determine the drying constant. Physicochemical tests were carried out before and after the dehydration process to identify if the drying parameters influence the characteristics of the final product. In the unprocessed raw material the physicochemical properties remained within the range reported by NTE INEN 2392:2017, unlike the microbiological analyses. The statistical analysis showed that the drying parameters influence significantly ($p < 0.05$) on the physicochemical and microbiological parameters of the dehydrated lemon balm. The moisture of the final product was determined at 11.045%. Dehydrating lemon balm using 35°C and a VAS of 1.5m/s, allows to preserve a greater quantity of essential oils. In the final product, the physicochemical and microbiological parameters remained within the reported range. The T4 treatment was the product with the highest acceptability by consumers. The dehydration parameters are essential to preserve and increase the sensory and functional characteristics of the final product.

Keywords: Lemon balm, Dehydration of products, Physicochemical properties, Microbiology, Sensory properties, Functional properties, Acceptability.

Glosario

%

%

Porcentaje

<

Menor que ·

±

±

mas, menos ·

A

Área ·

A

AT

Diferencial de temperatura ·

a_w

Actividad de agua · 50

H

H

Hora ·

Hbh

Humedad en base húmeda ·

K

K

Conductividad térmica del solido

kg

kilogramos · 50

M

mg

Miligramos

Q

Q

Calor · 30

R

R

Velocidad de secado · 66

Y

Y

Espesor · 30

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| Glosario | 9 |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | i |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | ix |
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| PROBLEMA | 10 |
| JUSTIFICACIÓN | 12 |
| OBJETIVOS | 13 |
| Objetivo general | 13 |
| Objetivos específicos | 13 |
| HIPÓTESIS DE TRABAJO | 13 |
| Hipótesis nula | 13 |
| Hipótesis alternativa | 13 |
| CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Las Plantas Medicinales | 14 |
| 2.1.1 <i>Clasificación de las Plantas Medicinales</i> | 14 |
| 2.2 El Toronjil | 16 |
| 2.2.1 <i>Descripción Taxonómica del Toronjil</i> | 16 |
| 2.2.2 <i>Composición Fisicoquímica del Toronjil</i> | 17 |
| 2.2.3 <i>Variedades del Toronjil</i> | 18 |
| 2.2.4 <i>Características Morfológicas del Toronjil</i> | 18 |
| 2.2.4.1 Tallos. | 19 |
| 2.2.4.2 Hojas..... | 19 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.2.4.3 | Flores..... | 20 |
| 2.2.4.4 | Raíz..... | 20 |
| 2.2.5 | <i>Valor Nutricional del Toronjil.....</i> | 21 |
| 2.2.5.1 | Humedad Del Toronjil..... | 22 |
| 2.2.6 | <i>Usos del Toronjil.....</i> | 22 |
| 2.2.7 | <i>Té Herbal de Toronjil.....</i> | 23 |
| 2.2.8 | <i>Producción y Consumo de Toronjil en el Ecuador.....</i> | 23 |
| 2.3 | Principales Problemas en la Industria del Té Herbal..... | 23 |
| 2.4 | Métodos de Deshidratado en la Elaboración de Té Herbal..... | 24 |
| 2.4.1 | <i>Método de Deshidratado por Convección Forzada.....</i> | 25 |
| 2.5 | Mecanismos del Secado Convectivo..... | 25 |
| 2.5.1 | <i>Proceso de Secado Convectivo.....</i> | 26 |
| 2.5.2 | <i>Teorías de Difusión Durante el Secado.....</i> | 26 |
| 2.5.3 | <i>Mecanismos de Transferencia de Masa y Calor.....</i> | 27 |
| 2.5.4 | <i>Propiedades Psicrométricas de la Mezcla Aire-Vapor de Agua.....</i> | 27 |
| 2.5.5 | <i>Cinética de Secado.....</i> | 28 |
| 2.6 | Actividad de Agua..... | 28 |
| 2.7 | Cambios en la Calidad del Producto..... | 28 |
| III | Capítulo II MATERIALES Y MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1 | Caracterización del Área de Estudio..... | 30 |
| 3.2 | Materiales y Equipos..... | 32 |
| 3.3 | Descripción de la Metodología..... | 32 |
| 3.3.1 | <i>Estandarización de la Materia Prima.....</i> | 32 |
| 3.3.2 | <i>Caracterización de las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas de la Materia Prima.....</i> | 33 |
| 3.3.3 | <i>Evaluación de los parámetros de Temperatura y Velocidad de Aire Seco, sobre las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas del Producto Final.....</i> | 34 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3.3.1 | Análisis Estadístico del Modelo ADEVA. | 36 |
| 3.3.3.2 | Manejo Específico del Experimento..... | 37 |
| 3.3.3.3 | Procedimiento..... | 38 |
| 3.3.4 | <i>Estimación de la Aceptabilidad del Producto Final Bajo el Criterio Sensorial</i> | 42 |
| IV | CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 46 |
| 4.1 | Caracterización Físicoquímica Y Microbiológicas de la Materia Prima | 46 |
| 4.2 | Evaluación de los Parámetros de Temperatura y Velocidad de Aire Seco, sobre las Propiedades Físicoquímicas y Microbiológicas del Producto Final | 49 |
| 4.2.1 | <i>Humedad</i> | 52 |
| 4.2.2 | <i>Cenizas Insolubles en HCl</i> | 55 |
| 4.2.3 | <i>Actividad de Agua</i> | 56 |
| 4.2.4 | <i>Contenido de Aceite Esencial (CAE)</i> | 57 |
| 4.2.5 | <i>Análisis Microbiológico</i> | 61 |
| 4.2.6 | <i>Análisis de Plomo y Cadmio en el Producto Final</i> | 62 |
| 4.2.7 | <i>Cinética de Deshidratación</i> | 63 |
| 4.2.7.1 | Curva de deshidratación del tratamiento A1B1 (T4)..... | 65 |
| 4.2.8 | <i>Balance de Materiales</i> | 68 |
| 4.2.9 | <i>Rendimiento para el mejor Tratamiento</i> | 69 |
| 4.3 | Estimación de la Aceptabilidad del Producto Final Bajo Criterio Sensorial | 69 |
| 4.3.1 | <i>Características del Color al mejor Tratamiento.</i> | 72 |
| V | CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 74 |
| 5.1 | Conclusiones | 74 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | 75 |
| | Bibliografía | 76 |
| | ANEXOS..... | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Toronjil..... | 19 |
| Figura 2 Tallo del toronjil..... | 19 |
| Figura 3 Hojas del toronjil..... | 20 |
| Figura 4 Flores del toronjil..... | 20 |
| Figura 5 Raíz del toronjil..... | 21 |
| Figura 6 <i>Etapas del secado convectivo.</i> | 26 |
| Figura 7 <i>Detalle gráfico de la difusión en el material vegetal.</i> | 27 |
| Figura 8 <i>Detalle gráfico de la convección y conducción durante el secado</i> | 27 |
| Figura 9 <i>Detalle gráfico de la cinética de secado</i> | 28 |
| Figura 10 Cambios de estructura del alimento. | 29 |
| Figura 11 Condiciones del aire durante el proceso..... | 31 |
| Figura 12 Diagrama del proceso de deshidratado en bandeja del toronjil..... | 37 |
| Figura 13 Recepción de la materia prima. | 38 |
| Figura 14 Selección de la materia prima. | 38 |
| Figura 15 Limpieza de la materia prima..... | 39 |
| Figura 16 Desinfección de la materia prima..... | 39 |
| Figura 17 Selección de la materia prima. | 40 |
| Figura 18 Selección de la materia prima. | 40 |
| Figura 19 Deshidratación de la materia prima..... | 41 |
| Figura 20 Evaluación de las propiedades psicrométricas mediante equipos..... | 41 |
| Figura 21 Pesado del toronjil deshidratado..... | 41 |
| Figura 22 Pulverizado de la materia prima..... | 42 |
| Figura 23 Proceso de empaque del toronjil deshidratado..... | 42 |

| | |
|---|-----|
| Figura 24 Capacitación por parte del investigador hacia el catador. | 43 |
| Figura 25 Test de cata por parte del consumidor. | 44 |
| Figura 26 Diagrama de cromaticidad. | 45 |
| Figura 27 Curva de deshidratado de la humedad en base humedad. | 65 |
| Figura 28 Curva de velocidad deshidratado del tratamiento 4. | 66 |
| Figura 29 Balance de masa del proceso de secado realizado a las hojas de toronjil | 68 |
| Figura 30 Perfil de aceptación sensorial del té herbal de toronjil respecto al sabor. | 70 |
| Figura 31 Análisis de color al mejor tratamiento. | 73 |
| Figura 32 Carta psicrométrica de la ciudad de Ibarra 8 de septiembre 2022. | 96 |
| Figura 33 Carta psicrométrica del proceso del aire durante el proceso. | 97 |
| Figura 34 <i>Caracterización visual de la materia prima.</i> | 98 |
| Figura 35 Caracterización de las hojas de la materia prima. | 98 |
| Figura 36 Caracterización del peciolo de la materia prima. | 99 |
| Figura 37 Análisis de humedad del toronjil fresco. | 100 |
| Figura 38 Peso obtenido en el análisis de CiHCl a la materia prima. | 100 |
| Figura 39 Análisis de a_w del toronjil en su estado fresco. | 101 |
| Figura 40 Análisis de a_w del toronjil en su estado fresco. | 101 |
| Figura 41 Conteo de UFC en placas Petrifilm TM de Salmonella. | 101 |
| Figura 42 Conteo de UFC en placas Petrifilm TM de E. coli. | 102 |
| Figura 43 Toma de datos psicrométricos durante el proceso. | 103 |
| Figura 44 Deshidratación del toronjil. | 103 |
| Figura 45 Análisis de humedad mediante el empleo de la termobalanza al producto terminado. | 104 |
| Figura 46 Resultado del Análisis de humedad mediante el empleo de la termobalanza al producto. | 104 |
| Figura 47 Resultado del CiHCl del producto. | 105 |
| Figura 48 Resultado del a_w del producto. | 105 |

| | |
|---|-----|
| Figura 49 | 106 |
| Figura 50 Resultado del análisis de Salmonella al producto final..... | 106 |
| Figura 51 Resultado del análisis de E. coli al producto final. | 107 |
| Figura 52 Conteo de UFC de Bacillus cereus..... | 107 |
| Figura 53 Preparación de agar PCA. | 108 |
| Figura 54 Preparación de agua de peptona. | 108 |
| Figura 55 <i>Análisis de aceptabilidad por parte de los catadores.</i> | 109 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Catalogación en base a la aplicabilidad curativa. | 15 |
| Tabla 2 Taxonomía del toronjil..... | 17 |
| Tabla 3 Composición química de los materiales promisorios del toronjil..... | 18 |
| Tabla 4 Caracterización nutritiva del toronjil | 21 |
| Tabla 5 Usos del toronjil..... | 22 |
| Tabla 6 Características de métodos de secado para té a granel | 24 |
| Tabla 7 Condiciones climatológicas. | 30 |
| Tabla 8 Insumos, Equipos y materiales | 32 |
| Tabla 9 Métodos empleados en el análisis microbiológico y fisicoquímico del toronjil fresco. | 33 |
| Tabla 10 Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para hierbas aromáticas. | 34 |
| Tabla 11 Estructura del diseño experimental..... | 35 |
| Tabla 12 Tabla de variables fisicoquímicas. | 35 |
| Tabla 13 Tabla de variables microbiológicas. | 36 |
| Tabla 14 Modelo ADEVA. | 36 |
| Tabla 15 Resultados fisicoquímicos. | 46 |
| Tabla 16 Características microbiológicas de la materia prima. | 48 |
| Tabla 17 Análisis ADEVA. | 50 |
| Tabla 18 Análisis Tukey de los Factores. | 51 |
| Tabla 19 DMS (Humedad), Factor A..... | 53 |
| Tabla 20 DMS (Humedad), Factor B..... | 54 |
| Tabla 21 DMS (ClHCl), Análisis del Factor A..... | 56 |
| Tabla 22 Análisis DMS del Factor A para el rendimiento..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 23 DMS (Rendimiento), Factor B..... | 59 |
| Tabla 24 Resultados del análisis microbiológico..... | 61 |
| Tabla 25 Resultados del análisis de plomo y cadmio antes y después del proceso | 63 |
| Tabla 26 Cinética de deshidratado del tratamiento A1B1 (T4). | 64 |
| Tabla 27 Análisis no paramétrico de Friedman en la aceptabilidad sensorial del al aroma y sabor para el toronjil deshidratado..... | 69 |
| Tabla 28 Análisis de post hoc en la aceptabilidad del sabor del té herbal de toronjil por parte del consumidor..... | 70 |
| Tabla 29 Análisis de post hoc en la aceptabilidad del aroma del té herbal de toronjil por parte del consumidor..... | 71 |
| Tabla 30 Perfil de aceptación sensorial del té herbal de toronjil respecto al aroma. | 72 |
| Tabla 31 Resultados del análisis de colorimetría al mejor tratamiento. | 72 |
| Tabla 32 <i>Características macro morfológicas de la materia prima</i> | 85 |
| Tabla 33 Análisis de varianza para la humedad del toronjil deshidratado..... | 110 |
| Tabla 34 Análisis de varianza para el contenido de ClHCl. | 110 |
| Tabla 35 Análisis de varianza para el contenido de actividad de agua..... | 111 |
| Tabla 36 Análisis de varianza para el contenido de aceite esencial del producto final. | 111 |
| Tabla 37 Tukey (Humedad). | 112 |
| Tabla 38 Tukey (ClHCl). | 112 |
| Tabla 39 Análisis Tukey (Rendimiento de AE)..... | 113 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 1 Proceso de estandarización de la materia prima. | 84 |
| Anexo 2 Procedimiento para análisis de materia prima y producto final bajo el criterio de la NTE INEN 2392: (2017); Norma para Hierbas aromáticas. Requisitos..... | 86 |
| Anexo 3 Prueba de aceptabilidad hedónica e identificación de atributos sensoriales en el té de toronjil..... | 90 |
| Anexo 4 Análisis de plomo y cadmio a la materia prima..... | 91 |
| Anexo 5 Análisis de Clostridium Perfringens en el producto terminado | 92 |
| Anexo 6 Análisis de Clostridium Perfringens en el producto terminado | 93 |
| Anexo 7 Análisis de pureza del aceite esencial proveniente del mejor tratamiento..... | 94 |
| Anexo 8 Muestra de la ficha de aceptabilidad calificada por los catadores | 95 |
| Anexo 9 <i>Cartas psicrométricas empleadas en el análisis</i> | 96 |
| Anexo 10 Caracterización de la materia prima..... | 98 |
| Anexo 11 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima | 100 |
| Anexo 12 Proceso de deshidratación de la materia prima..... | 103 |
| Anexo 13 Resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el producto final | 104 |
| Anexo 14 Análisis de Cenizas insolubles en HCL | 105 |
| Anexo 15 <i>Preparación de los agares</i> | 108 |
| Anexo 16 Análisis de aceptabilidad por parte de los catadores..... | 109 |
| Anexo 17 <i>Análisis ADEVA de los tratamientos</i> | 110 |
| Anexo 18 <i>Análisis Tukey de los tratamientos</i> | 112 |

INTRODUCCIÓN

PROBLEMA

Melissa officinalis es una planta medicinal originaria de la región mediterránea, el sur este de Europa y Asia menor. Esta hierba ha tenido usos culinarios y/o medicinales desde la antigüedad, por lo que actualmente se la está utilizando en el sector agroindustrial por su versatilidad de presentaciones (deshidratadas o en fresco) y sus características funcionales (Padilla et al., 2018).

Aun así, en Ecuador existen pocas industrias dedicadas a la explotación de esta materia prima debido a la falta de atención en investigación que ha tenido este sector productivo y a la desactualización de información acerca de diferentes parámetros operativos, lo cual ha impedido el desarrollo y diversificación de esta industria (Inche & Robles, 2019).

Ahora bien, enfocándose en el desconocimiento del procesamiento para deshidratar plantas medicinales, es bien sabido que los métodos más habituales son: 1) el deshidratado a temperatura ambiente, 2) por radiación solar o 3) convección forzada. No obstante, estudios como los de Inche & Robles (2019) indican que la desnaturalización de los nutrientes, así como la contaminación biológica por parte de *Bacillus cereus* o *Clostridium perfringens*, son factores que persisten (por no decir difíciles de controlar) hasta el final del proceso, por lo que complica aún más su manejo y por ende el cumplir diferentes normas técnicas (Ayala Enríquez et al., 2018; Haybar et al., 2018; Inche & Robles, 2019).

Sumado a esto, las investigaciones sobre el comportamiento de la materia prima frente a parámetros como: El flujo de aire seco, tiempo de deshidratado o la temperatura, han quedado desactualizadas o no se ha estudiado a profundidad [Por ejemplo el último estudio que se encontró sobre estas características data del 2010, desconociendo así el correcto uso de estos parámetros y, dando como resultado el deterioro de las propiedades organolépticas, al igual que la pérdida de metabolitos secundarios durante el proceso.

Asimismo, la deficiente optimización de su producción ha generado una falta de atención a la industria del té, creando obstáculos que afectan la competitividad de esta materia prima, orillando a que solo un reducido número de emprendedores ecuatorianos emplee este producto en este sector productivo, ocasionando una escasa oferta de productos de calidad frente al incesante comercio de mercancía competitiva por parte de empresarios extranjeros, los cuales inundan los anaqueles del mercado nacional (Ayala Enríquez et al., 2018).

Producto de ello, estos inconvenientes inciden negativamente sobre el desarrollo de este cultivo, reprimiendo la capacidad en innovación y limitando su uso (Kanas et al., 2020). Además, la baja iniciativa de las empresas del sector público ha provocado que se vea afectado el emprendimiento, el cual es un factor pilar para el desarrollo agroindustrial, social y económico del país (Abdellatif et al., 2021).

Por lo cual, fomentar investigaciones sobre esta índole resulta importante debido a que mejorar este tipo de productos dentro de la matriz productiva es indispensable para el progreso, sobre todo en un país como Ecuador donde a pesar de su potencial agroindustrial, la Cámara de Industrias y Producto (CIP) en el 2021 reportó un Producto Interno Bruto (PIB) agrícola de tan solo 0.4% frente a otros sectores productivos, lo que refleja la poca importancia que se le ha dado a este sector productivo (CIP, 2021).

JUSTIFICACIÓN

El toronjil es una planta aromática con diversas propiedades, de acuerdo con Lema (2018) estas se enfocan en el beneficio de la salud a través de sus diversos compuestos bioactivos por lo que en la actualidad es empleada especialmente para fines farmacéuticos, culinarios o de perfumería.

Tomando en cuenta lo anterior, varios estudios como los de Padilla et al. (2018) destacan que estas pueden modificarse en función de los parámetros operativos utilizados dentro de sus procesos, por este motivo la presente investigación busca conocer si los parámetros de deshidratado inciden sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de *Melissa officinalis L.* Esto con el fin de contribuir a generar un producto competitivo en el mercado que cumpla con las exigencias sensoriales del consumidor, así como las normas técnicas de calidad a nivel nacional e internacional.

La relevancia de este estudio se centró en fortalecer los conocimientos técnicos y metodológicos involucrados en la manufactura de productos herbáceos deshidratados. Por ello, esta investigación resulta conveniente en tres niveles para su desarrollo: A nivel académico-investigativo, este estudio contribuyó con actualizar la información sobre los parámetros de deshidratado en bandeja, lo cual permitió identificar la incidencia de estos en el proceso de comercialización y la calidad del producto final.

A nivel manufacturero, se espera que este trabajo favorezca a las empresas emergentes o emprendedores que necesiten información sobre el manejo de los parámetros de secado en bandeja para el toronjil, pues este estudio reveló la incidencia que estos tienen sobre este tipo de materia prima.

A nivel social, se aportará con un producto con diferentes características funcionales en relación a las nuevas tendencias del mercado. Demostrando así, la relevancia de la investigación, ya que, resulta conveniente en cuanto al desarrollo agrícola e industrial, impulsando la innovación, el emprendimiento y la productividad que beneficiará a los involucrados en la cadena productiva directa o indirectamente (Familia, empleados, socios de toda la cadena productiva entre otros), cumpliendo de esta manera con el objetivo 3 del “Plan de Creación de Oportunidades (PCO)”, el cual cita claramente “Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular”.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar los parámetros de secado en bandeja sobre el toronjil *Melissa officinalis L.* para la comercialización de té a granel.

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima.
- Evaluar los parámetros de temperatura y velocidad de aire seco, sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado.
- Estimar la aceptabilidad del producto final bajo el criterio sensorial.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Hipótesis nula

H₀ = Los parámetros de temperatura y flujo de aire seco influyen sobre las características fisicoquímicas del producto final.

Hipótesis alternativa

H_a = Los parámetros de temperatura y flujo de aire seco, no influyen sobre las características fisicoquímicas del producto final.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

2.1 Las Plantas Medicinales

Las plantas medicinales son seres orgánicos incapaces de mudarse por accionar voluntario. No obstante, son capaces de crear mediante efecto fisiológico compuestos bioquímicos con diversos aromas para atraer insectos polinizadores o repeler diversas plagas mediante biotoxinas (Ayala Enríquez et al., 2018; Maldonado et al., 2020). En esto último, es importante mencionar que insectos, animales e incluso el hombre han sido beneficiados medicinalmente por las propiedades que las plantas medicinales han podido aportar, afortunadamente para el ser humano el uso de estos vegetales raras veces han causado un efecto secundario en el organismo, debido a que las sustancias químicas con cualidades curativas no se encuentran en forma pura y su uso es en pequeñas dosis (Ayala Enríquez et al., 2018; Martínez & Rojas, 2019).

Tomando en cuenta lo anterior, las plantas medicinales han sido un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad. De hecho, existen investigaciones que confirman la documentación realizada por la humanidad en cuanto a la flora y el reino plantae, logrando catalogarla en función de su taxonomía, fisiología, reino e incluso de acuerdo con su capacidad de estimular la salud humana (por ejemplo: plantas medicinales, aromáticas, venenosas, narcóticas y especias). En relación a esto último, estudios como los de Peña & Juliana (2020) han permitido revelar que en el mundo existen alrededor de 350 000 a 500 000 vegetales beneficiosos para la salud de las cuales tan solo 500 se encuentran en el Ecuador según Ayala Enríquez et al. (2018)

2.1.1 Clasificación de las Plantas Medicinales

Las plantas que pueden estimular positivamente la salud o bienestar del ser humano están clasificadas de acuerdo con su aplicabilidad curativa en la Tabla 1. Estas características de acuerdo con diferentes estudios se han catalogado por su efecto que ha tenido sobre la salud del ser humano. Por ejemplo, en el estudio de Haybar et al. (2018), se identificó que el empleo del toronjil incide positivamente en personas con problemas de insomnio, depresión, estrés y ansiedad, ya que de las 80 personas que participaron en la investigación, el grupo que recibió el tratamiento tuvo una reducción significativa en las puntuaciones de las afecciones ya mencionadas. A continuación, se describen otras aplicaciones curativas de acuerdo al criterio de (Inche & Robles, 2019).

Tabla 1.*Catalogación en base a la aplicabilidad curativa.*

| Aplicabilidad curativa | Detalle |
|-------------------------------|--|
| Diurética | Son capaces de estimular la frecuencia para eliminación de orina. |
| Astringentes | Tienen la cualidad de actuar sobre las mucosas extrayendo líquidos o contrayendo tejidos |
| Diaforéticas | Estimula la acción sudorífica, incitando mayor sudor |
| Antidiabéticas | Combate la diabetes aumentando la producción de insulina |
| Expectorantes | Ayuda a la eliminación de mucosidad del sistema respiratorio |
| Sedantes | combaten el insomnio, así como la ansiedad |
| Hepatoprotectoras | Actúan como protector del hígado |
| Antiinflamatorias | Previenen o reducen inflamación de los tejidos |
| Laxantes | Estimulan la expulsión de heces del intestino |
| Antibióticas | Cuentan con la capacidad de eliminar o disminuir la proliferación de microorganismos patógenos |
| Digestivas | Mejoran la función del sistema digestivo |
| Relajantes | Reducen el cansancio, estrés, ansiedad y cansancio físico-mental |
| Antiasmáticas | Previenen o alivian el asma |
| Antiácidas | Neutralizan el exceso de acidez que se pueda dar en el estómago |
| Inmunoestimulantes | Estimulan el funcionamiento del sistema inmune |
| Hipotensoras | Reducen la presión arterial |
| Carminativas | Previenen formación y expulsión de gases |
| Vermífugas | Tienen acción antiparasitaria |
| Colagogas | Estimulan la producción de bilis del hígado |
| Cardiotónicas | Cuentan con acción tonificante o estimulante en el corazón |
| Analgésicas | Útiles para combatir dolores de cabeza, musculares, neurológicos, dolores por traumatismos, etc. |
| Galactógenas | Estimulan la secreción de leche materna |

Fuente: Adaptado por el investigador en base al criterio de Inche & Robles (2019)

Como se puede apreciar en la Tabla 1, las plantas medicinales están catalogadas en base a su aplicabilidad curativas, por ejemplo: Las diuréticas, estimulan la eliminación de orina; Las astringentes, actúan sobre las mucosas para extraer líquidos o contraer los tejidos y los expectorantes, facilitan la limpieza del sistema respiratorio, demostrando de este modo que estas plantas cuentan con atributos que les permiten aliviar algunas afecciones en el ser humano (VanPool, 2019)..

2.2 El Toronjil

El toronjil (*Melissa officinalis*), conocido en otros países como Melissa, melissenblat o lemon blam, es una planta originaria de Asia central y Europa, aunque por medio de diversas investigaciones se encontró algunas especies en la región mediterránea (Abdellatif et al., 2021). Este vegetal no requiere de muchos cuidados, pudiendo crecer fácilmente; incluso en estado silvestre, motivo que le permitió extenderse por todo el mundo (Kanas et al., 2020).

En el Ecuador, la práctica de este cultivo se concentra las provincias de Bolívar, Loja, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha e Imbabura, bajo condiciones altitudinales de 1800 a 3356 msnm, tolerando una extensa gama de condiciones y, adaptándose a las zonas templadas húmedas, cálidas e incluso en climas fríos (Vélez et al., 2018). Además, la producción de toronjil se lleva a cabo principalmente por organizaciones campesinas, así como empresas productoras de hierbas aromáticas las cuales comercializan este tipo de plantas (Haybar et al., 2018; Inche & Robles, 2019)

2.2.1 Descripción Taxonómica del Toronjil

Es una planta perenne, perteneciente a la familia lamiáceas, mide entre 30 a 80 cm, presenta tallos simples y cuadrangulares. Se caracteriza por tener hojas pecioladas y cuando alcanza la madurez exhibe una floración con un color que puede variar entre el blanco, rosado o azulado (Kanas et al., 2020). A continuación, la descripción taxonómica del toronjil se muestra en la Tabla 2. En este punto, cabe mencionar que, aunque existen otras variedades, se diferencian por su especie. La revisión bibliográfica trata sobre estas especies, pero no se ha identificado investigaciones que profundicen acerca del tema.

Tabla 2*Taxonomía del toronjil.*

| Taxonomía | Nombre |
|------------------|-------------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Tracheophytina</i> |
| Subdivisión | <i>Spermatophytina</i> |
| Clase | <i>Magnolipsida</i> |
| Orden | <i>Lamiales</i> |
| Superorden | <i>Asteranae</i> |
| Familia | <i>Mentheae</i> |
| Género | <i>Melissa</i> |
| Especie | <i>Melissa officinalis L.</i> |
| Nombre común | <i>Toronjil</i> |

Fuente: Desarrollado en base al criterio de Myrna & Pérez (2022) y Kanatas et al.(2020).

2.2.2 Composición Fisicoquímica del Toronjil

Melissa officinalis es conocida comúnmente en Ecuador como toronjil, se identifica por un aroma penetrante a limón o toronja característico de los compuestos como: terpenos, citronela, citronelol, citral y geraniol. Aunque, según estudios como los de Palomino (2018), dentro de su composición química están los siguientes: Eugenol (45.47%), cariofileno (40.77), α -cariofileno (2.94), 3-metil-4-isopropilfenol (1.52%) y germacreno D con 1.52%, a los cuales se les atribuye sus olores característicos. A continuación, en la Tabla 3 se amplía esta descripción de acuerdo con lo reportado en algunos estudios.

Tabla 3

Composición química de los materiales promisorios del toronjil.

| Parámetros | Especie Toronjil |
|------------------------|------------------|
| Humedad (%) | 0.17 |
| Cenizas (%) | 1.53 |
| Proteína (%) | 30.418 |
| Carbohidrato Total (%) | 64.8 |
| Lípidos (%) | 3.082 |

Fuente: Adaptado por el investigador en base al criterio de Palomino (2018)

2.2.3 Variedades del Toronjil

De acuerdo Myrna & Pérez (2022), la categorización del toronjil se subdivide en distintas variedades. Sin embargo, de entre las más conocidas se destacan las siguientes

- *All gold*: Es una variedad dorada con sensibilidad a la luz solar, es importante saber que el intenso sol puede afectar la coloración de las hojas al tornarlas de color café.
- *Agastache mexicana ssp, mexicana*: Es una variedad perenne que alcanza aproximadamente un metro de altura, presenta un tallo leñoso erecto, el cual se caracteriza por un tono morado en la parte basal y media del tallo.
- *Variiegata*: Presenta un follaje luminoso con lunares amarillos y vistosos, puede tolerar intensos días soleados (Schroeder & le Duc, 2019).

Cabe indicar que existen algunas variedades, tal es el caso de *Melissa Officinalis L.* en el subgénero *Alissima*, *Gold Leaf* y *lime*. Sin embargo, no hay información concreta debido a la escasa práctica de estos cultivos (Schroeder & le Duc, 2019).

Cabe indicar que existen algunas variedades, tal es el caso de *Melissa Officinalis L.* en el subgénero *Alissima*, *Gold Leaf* y *lime*. Sin embargo, no hay información concreta debido a la escasa práctica de estos cultivos (Myrna & Pérez, 2022).

2.2.4 Características Morfológicas del Toronjil

La morfología como la del toronjil como cualquier otra planta se distingue por tener flores, hojas, raíz y tallos. No obstante, cada una de estas ramificaciones se caracteriza por tener diferentes particularidades, pudiendo variar incluso entre variedades. A continuación, se presenta la morfología del Toronjil *Melissa Officinalis L.* tomando en cuenta el aspecto de la Figura 1.

Figura 1

Toronjil.



2.2.4.1 Tallos.

Los tallos de *Melissa officinalis L.* son de color verde intenso, se destacan por poseer una forma recta y angulosa con un surcado profundo, a lo largo de su superficie no presentan vellosidad, lo que los hace un poco lisos al tacto (Padilla et al., 2018). A continuación, en la Figura 2 se muestra el tallo del toronjil.

Figura 2

Tallo del toronjil



2.2.4.2 Hojas.

El toronjil presenta grandes y abundantes hojas pecioladas ovales-cordiformes de color verde oscuro en el haz, pero su tono se torna pálido en el envés, siendo áspero al tacto debido a su vellosidad; incluso en su peciolo. En cuanto a su posición se disponen unas frente a otras (Padilla et al., 2018). A continuación, en la Figura 3 se muestran las hojas del toronjil.

Figura 3

Hojas del toronjil.



2.2.4.3 Flores.

Las flores del toronjil están agrupadas en la parte superior, normalmente en unas ramas que sobresalen en la parte alta del vástago, es común que salgan en grupos de tres en vértices axilares, su color puede variar entre blanco, blanco amarillento o rosado (Figura 4), tienen una corola bilabial con un gran labio erecto plano y otro pequeño con tres lóbulos de los cuales el central es el más grande (Myrna & Pérez, 2022).

Figura 4

Flores del toronjil.



Fuente: VanPool (2019)

2.2.4.4 Raíz.

EL toronjil posee una raíz delgada, pivotante y pálida (Figura 5), como se puede apreciar de su raíz principal nacen varias raíces secundarias extensas, lo que le atribuye una apariencia bastante ramificada (Kanatás et al., 2020).

Figura 5

Raíz del toronjil.



2.2.5 Valor Nutricional del Toronjil.

Mediante una dieta equilibrada el toronjil aporta al organismo diversos nutrientes, los cuales juegan un rol importante a la hora de combatir diversas afecciones que se agravan con la edad, como muestra principal de ello: El estrés oxidativo y algunos trastornos neuronales (Haybar et al., 2018). Por este motivo, el toronjil es un complemento nutricional necesario para todas las personas indistintamente de su edad (Vrbova et al., 2021). A continuación, en la Tabla 4 se detallan los valores nutricionales del toronjil.

Tabla 4

Caracterización nutritiva del toronjil

| Característica | Valor por cada 100 g |
|----------------|----------------------|
| Energía | 99kcal |
| Agua | 70.58 g |
| Proteína | 1.82 g |
| Grasa Total | 0.49 g |
| Carbohidratos | 25.31 g |
| Calcio | 65 mg |
| Hierro | 8.17 mg |
| Sodio | 6 mg |
| Vitamina C | 2.6 mg |

Fuente: Adaptado por el investigado bajo el criterio de Myrna & Pérez (2022)

2.2.5.1 Humedad Del Toronjil.

El contenido de Humedad en el follaje del Toronjil *Melissa Officinalis L.* en fresco puede variar entre 9 y 13%, cabe destacar que esto depende de las condiciones del cultivo, ya sea al sol o a la sombra, incluso condiciones atmosféricas, entre otros factores (Luna Valencia et al., 2018).

Por otro lado, el toronjil deshidratado para que pueda ser almacenado para su posterior comercialización debe tener una humedad entre 11% como lo recomienda la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de normalización [INEN] 2392: (2017). El motivo principal radica en que la humedad es un factor que incide en el crecimiento microbiológico y por ende sobre la calidad del producto final (Palomino, 2018; Salvatierra, 2019).

2.2.6 Usos del Toronjil

Desde tiempos inmemorables el toronjil juega un rol muy importante en el bienestar de quienes lo consumen y, en la actualidad continúa siendo utilizado en la elaboración de infusiones para calmar la tos o aliviar ciertos dolores estomacales, musculares o de cabeza (Myrna & Pérez, 2022). Además, incluso luego de haber sido procesada esta hierba es capaz de mantener su atractivo aroma y sabor, es así como esta planta es aceptada a la hora de tomar el té (Inche & Robles, 2019). A continuación, en la Tabla 5 se muestran los usos del toronjil.

Tabla 5

Usos del toronjil

| Usos | Descripción |
|-----------------|--|
| Antiespasmódica | Calma los nervios, dolores, reanima desmayos |
| Sedativa | Cumple efectos sedantes para cardiopatías de tipo nervioso |
| Analgésica | Alivia dolores menstruales, así como estomacales |
| Relajante | Beneficia al corazón y problemas de estrés |
| Anti-insomnio | Posee propiedades levemente narcóticas |
| Carminativa | Favorece la expulsión de gases del tubo digestivo |

Fuente: Adaptado por el investigador en base al criterio de Palomino (2018)

Es importante indicar que el toronjil no solo se usa con fines medicinales, sino que además tiene gran aplicación en la industria culinaria donde aporta tanto aroma como sabor a postres y cocteles, mismos que actualmente son tendencia en el mercado local e internacional. Por otro lado, el extracto de esta hierba [aceite esencial] al ser tan agradable al olfato es aprovechada

como ingrediente en la fabricación de diferentes cosméticos (González & Cáceres, 2018; Lema, 2018).

2.2.7 Té Herbal de Toronjil

El té de toronjil es un producto de consistencia líquida, servida principalmente caliente, esta bebida es obtenida mediante infusión de hojas y brotes frescos o deshidratados, se consume generalmente agregando endulzantes como azúcar o miel (Álvarez & Paltin, 2018).

Con respecto a las materias primas, la norma INEN 2392: (2017) [Requisitos de hierbas aromáticas], establece que la materia prima debe cumplir con los principios de buenas prácticas de fabricación (BPF), además de no haber perdido sus características organolépticas, principios activos y otros compuestos de importancia para su caracterización química y biológica. En cuanto a los requisitos de té, la INEN 2381: (2015) establece que el té debe tener olor y sabor característico, libre de aromas y olores extraños, de igual forma, durante la manufactura es importante seguir los protocolos de Buenas prácticas de Manufactura (BPM). Además, no está permitido agregar colorantes ni otras sustancias que afecten la naturaleza del producto.

2.2.8 Producción y Consumo de Toronjil en el Ecuador

Como ya se mencionó en apartados anteriores, la producción de toronjil dentro del Ecuador se ha concentrado en Chimborazo, Pichincha e Imbabura desde 1999, cubriendo zonas de cultivo que van desde los 450 a 4250msnm (Inche & Robles, 2019). Se podría decir que la producción en estas zonas es pasiva, ya que, la falta de información que indique la producción y consumo del toronjil es escasa y no se pueden encontrar datos sobre estos indicadores, sino que los pocos datos que existen hablan sobre su consumo y producción en términos generales y no en estadísticas que se logre verificar la extensión y explotación.

De hecho, aunque el consumo de esta planta ya sea en fresco o deshidratado ha tenido fines culinarios o de perfumería, los únicos datos de consumo se encuentran en la industria de tés, evidenciados por un crecimiento del 14% y ventas alcanzadas de más 2800 toneladas. Sin embargo, no se especifican sobre cuáles son las plantas más empleadas y a cuáles de estas se deben estos indicadores, sino que solo explican que el efecto se debe a la exportación y, esto debido a la participación de empresas líderes en este campo (Álvarez & Paltin, 2018).

2.3 Principales Problemas en la Industria del Té Herbal

La industria del té en Ecuador es grande, siendo Terraferil, Green Garden, Jambi kiwa y Amazon Aroma los principales competidores en el mercado. Aun así, empresas como Nueva

América-Jambi Sacha, cedin-huertos edén y agroalegre, que tienen una pequeña participación de mercado, comercian más activamente en mercados locales. Sin embargo, a diferencia de las grandes empresas, estas (PYMES) tienen varias desventajas, las más destacadas en: el uso de instalaciones rudimentarias u obsoletas, el mal manejo de los parámetros de deshidratado y por consiguiente la falta de atención hacia los procesos dentro de la industria afectando la competitividad de estos productos frente al mercado extranjero, el cual cuenta con una gran variedad de productos de óptima calidad (Padilla et al., 2018).

Esto genera que las pequeñas empresas no sean competitivas frente a las grandes industrias al no contar con las mismas oportunidades, por lo cual se requiere la gestión de nuevas investigaciones que impulsen el desarrollo en la ciencia por lo tanto en la técnica de estos procesos, razón que tiene la capacidad de permitir mejorar la producción y productividad de estas microempresas cuya competitividad se encuentra mermada al no contar con este tipo de información (Urbina et al., 2018).

2.4 Métodos de Deshidratado en la Elaboración de Té Herbal

El deshidratado es un método que se basa en la extracción de agua de un cuerpo, donde uno de los objetivos principales es aumentar la vida útil del producto final. Actualmente existen 4 métodos habituales para producir alimentos deshidratados, pero únicamente en dos de ellos es posible manipular la temperatura, el flujo de aire seco y tiempo de secado, los cuales son los principales parámetros controlables esta actividad (Capcha et al., 2020). A continuación, en la tabla 7 se detalla las características de métodos de secado para té a granel.

Tabla 6

Características de métodos de secado para té a granel

| Método | Detalle |
|----------------|---|
| Secado natural | El agua es extraída sin la intervención de equipos que inciten la deshidratación, dicho en otras palabras, al aire libre, colgado en lonas, en tablas, con o sin la presencia del sol. El espacio que ocupa puede extenderse en función de la disponibilidad de superficie. Sin embargo, es un método lento, poco efectivo y con poca inocuidad. |
| Secado al sol | El secado solar es el método más económico para la deshidratación de materias primas donde únicamente la energía solar interviene en dicho cometido, se divide en dos clases: secado directo, indirecto o combinado (El área que ocupa se limita por la capacidad económica para su implementación), en su tipología se divide en: tipo carpa, armario y túnel. |

| Método | Detalle |
|--------------------------------|--|
| Secado por convección forzada | Es un método ideal para procesos seguros de secado y deshidratación de materiales, con volúmenes que van desde 22kg en adelante. Este tipo de secador puede ser de tipos continuos o intermitentes. |
| Secado en estufa o en secadero | Es el más simple y consta de un pequeño recinto cuadrangular o paralelepípedo de dos pisos. El aire pasa por un quemador en el piso inferior que luego atraviesa por convección forzada o natural el segundo piso perforado el cual es usado para deshidratar hierbas aromáticas, frutas, entre otros vegetales. |

Fuente: Adaptado por el investigador bajo el criterio de *Álvarez & Paltin* (2018)

En la tabla 6 se puede apreciar como Capcha et al. (Capcha et al., 2020) hace referencia a los principales métodos de deshidratado considerando los principales aspectos de cada uno. De hecho, ciertos estudios demuestran que cada método tiene diferentes efectos sobre el producto final, por ejemplo: El estudio de Padilla et al. (2018) menciona que se debe considerar la influencia de la temperatura en los procesos de secado, lo cual demuestra que las temperaturas inciden sobre el alimento de forma directa. Del mismo modo *Álvarez & Paltin* (2018) destacan que la aplicabilidad de cualquier método para deshidratar plantas aromáticas depende del espacio, economía y productividad requerida.

2.4.1 Método de Deshidratado por Convección Forzada.

Este método es óptimo para realizar procesos de deshidratado y deshidratación de materiales, con volúmenes mínimos de 22kg. En cuanto a su modo de operación, este tipo de deshidratador puede ser de dos tipos: Continuo, en este caso la producción no se detiene, es decir la materia prima ingresa de forma continua al sistema de deshidratado mientras al final del proceso el producto de la misma manera; Intermitente, esta forma de operación consiste procesar los alimentos por lotes. Sin embargo, los costos productivos son menores cuando la producción es continua (Urbina et al., 2018).

2.5 Mecanismos del Secado Convectivo

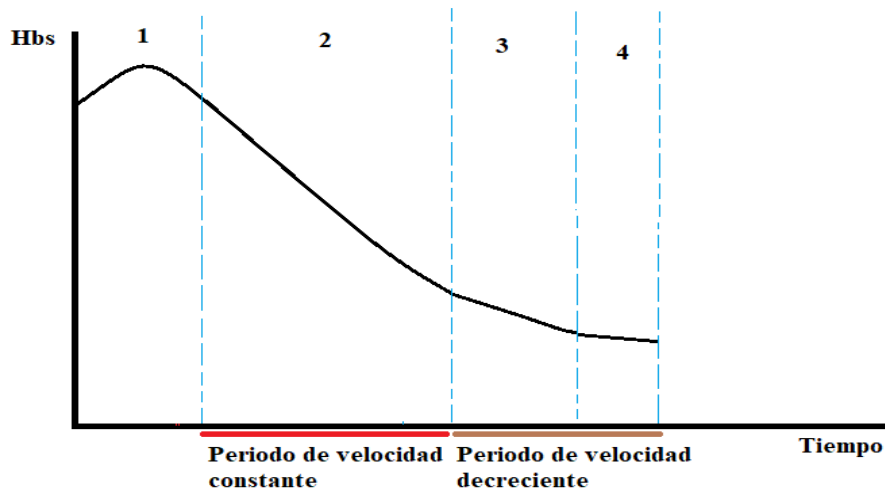
De acuerdo con algunos estudios como los de Marulanda-Meza & Burbano-Jaramillo (2021), este proceso de transferencia de calor y masa se caracteriza principalmente por emplear gases calientes por contacto superficial para la estimulación de la estructura fisicoquímica del material vegetal, cuyos gases fruto de este proceso son arrastrados fuera del secador. Los gases empleados para deshidratar los alimentos pueden ser: Aire calentado por vapor de agua, productos de la combustión, gases inertes, vapor recalentado o aire calentado por radiación (Bécquer Frauberth et al., 2020).

2.5.1 *Proceso de Secado Convectivo*

El proceso de secado se lleva a cabo al atravesar cuatro etapas, como se detalla en la Figura 6.

Figura 6

Etapas del secado convectivo.



Fuente:(Capcha et al., 2020)

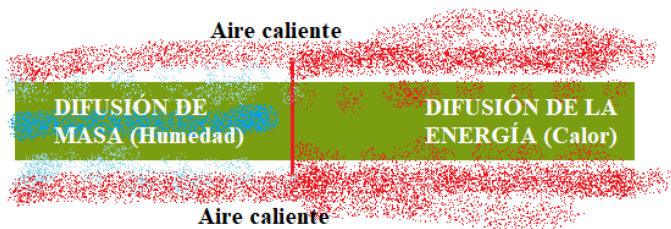
La primera es la etapa de calentamiento, aquí el alimento gana temperatura; posteriormente tiene lugar la etapa de velocidad constante, esta se caracteriza por una evaporación es acelerada fruto de la pérdida humedad superficial (Capcha et al., 2020). Entonces comienza la etapa de velocidad decreciente donde se experimentan bajos índices de evaporación por que el agua debe trasportarse por capilaridad hacia la superficie, de este modo llega la etapa final que es donde la humedad no varía (Marulanda-Meza & Burbano-Jaramillo, 2021).

2.5.2 *Teorías de Difusión Durante el Secado*

Varios estudios como las de Bécquer Frauberth et al. (2020) indican que durante este proceso se producen fenómenos termodinámicos como la difusión, la cual es bien sabido se determina en este caso por el movimiento de energía o masa de un espacio de alta concentración a otro de poca concentración (Véase, Figura 7). Ahora bien, tomando en cuenta investigaciones como las de Melo et al. (2021), el modelo más adecuado para estudiar el secado del material vegetal es la teoría de Fick.

Figura 7

Detalle gráfico de la difusión en el material vegetal.



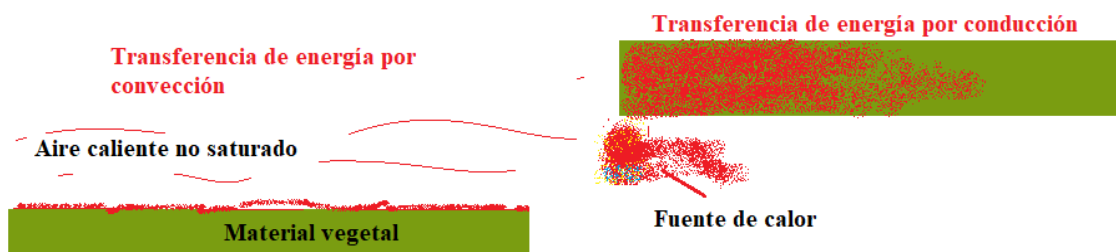
Fuente: Adaptado por el investigador bajo el criterio de Bécquer Frauberth et al. (2020)

2.5.3 Mecanismos de Transferencia de Masa y Calor

Según Melo et al. (2021), el proceso de secado por convección, indica en su nombre su predominación en esta operación unitaria, pues es de este modo donde el aire caliente interactúa con las hojas. No obstante, cabe destacar que este fenómeno ocurre entre la superficie de la hoja y el aire, mientras que la interacción de este factor se da por conducción al interior de del material vegetal (Padilla et al., 2018). Tal argumento se detalla en la Figura 8.

Figura 8

Detalle gráfico de la convección y conducción durante el secado



Fuente: Adaptado por el investigador bajo el criterio de Melo et al., (2021)

2.5.4 Propiedades Psicrométricas de la Mezcla Aire-Vapor de Agua

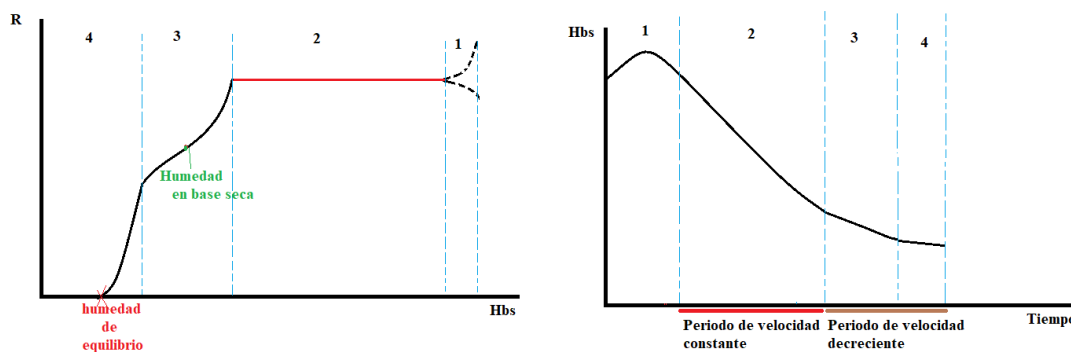
Durante el estudio del secado resulta importante conocer las propiedades que posee el aire con cierto contenido de humedad entre ellos: Humedad absoluta X , humedad relativa, entre otros Cengel Yunus A. (2020). Sin embargo, los más importantes a la hora de realizar el cálculo para la cinética de secado son: La Humedad relativa, humedad absoluta, Temperatura de rocío, Temperatura de bulbo húmedo entre otras (Bécquer Frauberth et al., 2020).

2.5.5 Cinética de Secado

En este punto cabe mencionar que esta curva está determinada por dos periodos: Periodo de velocidad constante, se caracteriza por una deshidratación acelerada producto de la evaporación de la humedad superficial de la hoja; Periodo de velocidad decreciente, durante esta etapa se percibe una caída en la velocidad de secado ya que a humedad dentro del alimento requiere más trabajo para viajar al exterior de la hoja mediante capilaridad(Urbina et al., 2018).

Figura 9

Detalle gráfico de la cinética de secado



Fuente: Adaptado por el investigador bajo el criterio de Melo et al., (2021)

2.6 Actividad de Agua

Es un factor muy importante a la hora de determinar la capacidad de conservación de los alimentos, por otra parte, este parámetro de calidad se encuentra en un intervalo entre 0 y 1, donde 0 determina la ausencia de agua libre y conforme se acerca a uno su presencia aumenta (Soledad Tapia, 2020). A continuación, se describe el comportamiento de los objetos frente a las diferentes escalas de actividad de agua.

Entre 0.8 a 0.85 el alimento sufre alteraciones por actividad enzimática y biológica, mientras que al llegar a 0.75-0.85 se percibe un retraso en el deterioro del alimento y cuando se alcanza valores de 0.7-0.75 resulta óptimo para almacenamientos prolongados. No obstante, cuando se alcanza 0.62aw desaparece la actividad biológica (Soledad Tapia, 2020).

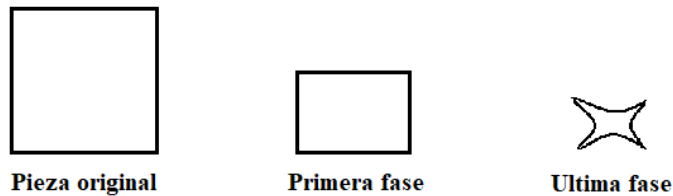
2.7 Cambios en la Calidad del Producto

Al someter un alimento a una operación unitaria como es el secado, la matriz sólida del alimento sufre una serie de cambios que afectan su naturaleza comprometiendo la textura, el sabor, el aroma, el color, del mismo modo la estabilidad fisicoquímica y nutricional del alimento por lo tanto su calidad (Cengel Yunus A, 2020). De acuerdo con diferentes autores

como, Luna Valencia et al.(2018) y Urbina et al.(2018) la naturaleza física de los alimentos percibe cambios determinados por dos fases como se muestra en la figura 6.

Figura 10

Cambios de estructura del alimento.



Fuente: Adaptado por el investigador bajo el criterio de Cengel Yunus A. (2020)

Al someter al proceso de secado la pérdida de fluido celular contrae el volumen de la célula, de este modo en la primera etapa ocurre la depresión de la capa superficial de las, entonces el cabo pierde 8 vértices, mismos que posteriormente se secan mientras el centro se mantiene húmedo y plástico presentando formas irregulares (Urbina et al., 2018).

Durante el proceso los cambios que se concentran en: el color, la textura, las proteínas del protoplasma se coagulan, los tejidos pierden turgencia, cambia la permeabilidad de las membranas, aumenta el pardeamiento y los azúcares migran hacia el centro (Cengel Yunus A, 2020). Ahora bien, cabe destacar que no es posible recuperar por completo la estructura inicial luego de someter a rehidratación (Luna Valencia et al., 2018).

Capítulo II

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del Área de Estudio

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte (UTN) de la siguiente manera:

El análisis fisicoquímico y microbiológico del toronjil, así como del producto terminado, fue realizado en el laboratorio de análisis fisicoquímico y microbiológico de la UTN, mientras que, el deshidratado de la materia prima se llevó a cabo en el equipo deshidratador de bandejas, del mismo modo el pulverizado se realizó en el pulverizador, ambos situados dentro de las Unidades Edu-productivas perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Y Ambientales (FICAYA) de la UTN. Todos están ubicados en la ciudad de Ibarra, cuyas condiciones climatológicas del lugar, así como las condiciones de del aire durante el proceso de experimentación se detallan en la Tabla 7. Finalmente, la estimación de la aceptabilidad se realizó en la parroquia de Tabacundo del cantón Pedro Moncayo.

Tabla 7

Condiciones climatológicas.

| Condiciones climatológicas | Descripción |
|------------------------------|------------------------------------|
| Provincia | Imbabura |
| Cantón | Ibarra |
| Parroquia | La dolorosa del priorato |
| Sitio | Unidades Edu-productivas de la UTN |
| Presión | 781.60 KPa |
| Altitud media m.s.n.m | 2225.00 |
| Latitud | N0°21'6.16" |
| Longitud | O78°7'20.39" |
| Precipitación anual promedio | 1784 mm/año |

Fuente: Información obtenida bajo el criterio del programa Pschtool A.J March '98 y Abad & Poluche, (2019)

A continuación, en la Figura 11 se detallan las Condiciones del aire durante el proceso.

Figura 11

Condiciones del aire durante el proceso

| | | |
|---|--|--|
| Dry Bulb: 31.47°C Rel.Humidity: 23.75% Abs.Humidity: 5.38g/kg Vap.Pressure: 0.86kPa Volume: 0.8702m3/kg Enthalpy: 45.05kJ/kg Dew Point: 8.74°C Wet Bulb: 18.82°C | Dry Bulb: 32.62°C Rel.Humidity: 39.90% Abs.Humidity: 9.67g/kg Vap.Pressure: 1.55kPa Volume: 0.8795m3/kg Enthalpy: 57.03kJ/kg Dew Point: 17.59°C Wet Bulb: 22.89°C | Dry Bulb: 18.02°C Rel.Humidity: 23.33% Abs.Humidity: 2.32g/kg Vap.Pressure: 0.37kPa Volume: 0.8276m3/kg Enthalpy: 23.87kJ/kg Dew Point: -3.00°C Wet Bulb: 9.64°C |
| Dry Bulb: 41.46°C Rel.Humidity: 23.99% Abs.Humidity: 9.64g/kg Vap.Pressure: 1.54kPa Volume: 0.9047m3/kg Enthalpy: 65.80kJ/kg Dew Point: 17.55°C Wet Bulb: 25.66°C | Dry Bulb: 31.37°C Rel.Humidity: 23.75% Abs.Humidity: 5.35g/kg Vap.Pressure: 0.86kPa Volume: 0.8699m3/kg Enthalpy: 44.87kJ/kg Dew Point: 8.65°C Wet Bulb: 18.75°C | Dry Bulb: 29.98°C Rel.Humidity: 40.69% Abs.Humidity: 8.44g/kg Vap.Pressure: 1.35kPa Volume: 0.8702m3/kg Enthalpy: 51.29kJ/kg Dew Point: 15.49°C Wet Bulb: 21.01°C |
| Dry Bulb: 31.46°C Rel.Humidity: 33.98% Abs.Humidity: 7.69g/kg Vap.Pressure: 1.23kPa Volume: 0.8734m3/kg Enthalpy: 50.88kJ/kg Dew Point: 14.07°C Wet Bulb: 20.89°C | Dry Bulb: 23.40°C Rel.Humidity: 27.60% Abs.Humidity: 3.84g/kg Vap.Pressure: 0.62kPa Volume: 0.8450m3/kg Enthalpy: 33.11kJ/kg Dew Point: 3.92°C Wet Bulb: 13.96°C | Dry Bulb: 31.46°C Rel.Humidity: 23.99% Abs.Humidity: 5.43g/kg Vap.Pressure: 0.87kPa Volume: 0.8703m3/kg Enthalpy: 45.17kJ/kg Dew Point: 8.88°C Wet Bulb: 18.86°C |
| Dry Bulb: 26.00°C Rel.Humidity: 70.00% Abs.Humidity: 11.43g/kg Vap.Pressure: 1.83kPa Volume: 0.8630m3/kg Enthalpy: 54.87kJ/kg Dew Point: 20.23°C Wet Bulb: 22.13°C | Dry Bulb: 24.51°C Rel.Humidity: 46.02% Abs.Humidity: 6.86g/kg Vap.Pressure: 1.10kPa Volume: 0.8524m3/kg Enthalpy: 41.84kJ/kg Dew Point: 12.35°C Wet Bulb: 17.50°C | Dry Bulb: 28.96°C Rel.Humidity: 23.56% Abs.Humidity: 4.60g/kg Vap.Pressure: 0.74kPa Volume: 0.8620m3/kg Enthalpy: 40.57kJ/kg Dew Point: 6.47°C Wet Bulb: 17.06°C |

3.2 Materiales y Equipos

En la Tabla 8 se muestran los materiales, insumos y equipos que fueron utilizados en la investigación, con el fin de evaluar cada uno de los objetivos planteados en el presente estudio, los mismos que se adquirieron por parte del investigador y otros pertenecientes a la Universidad Técnica del Norte.

Tabla 8

Insumos, Equipos y materiales

| Insumos | Materiales | Equipos |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Toronjil | Fundas ziploj | Balanza |
| Agua | Bandejas | Horno mufla |
| Vinagre | Rotuladores | Desecador |
| HCl 5N | vidrio reloj | Incinerador |
| Peróxido de hidrógeno | Papel filtro | Incubadora |
| Agar sulfito Ciclo cerina | Potenciómetro | Espectrofotómetro |
| Azúcar | P. P. film coliformes | Cont. de colonias |
| Agar MYP | P. P. film Salmonella | Balanza analítica |
| Agar PCA | Tubos de ensayo | Autoclave |
| Emulsión Yema de huevo (Ts 002) | Porta objetos | Refrigerador |
| Supl. selectivo de polimixina B | Micropipetas | Pulverizador |
| | Servilletas | |
| | cucharas desechables | |
| | Calibrador pie de rey | |
| | Matraz | |
| | Destilador | |
| | Gotero | |

3.3 Descripción de la Metodología

Los parámetros de deshidratado fueron evaluados en función de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto final bajo los criterios de la NTE INEN 2392: (2017) porque son factores que todo producto para consumo humano debe cumplir. Para el proceso se usó toronjil con una humedad inicial de 80.25%. A continuación, se describe las etapas que contuvo el estudio con el fin de responder la objetividad de la investigación.

3.3.1 Estandarización de la Materia Prima

Antes de analizar los factores fisicoquímicos, la materia prima fue sometida a un análisis de inspección visual y de estandarización, luego se desinfectó para continuar con la etapa de deshidratación. Todo el proceso se guio por la norma INEN 2392 (2017) con el objeto de

estandarizar el proceso. Además, se consideraron las directrices de los investigadores Buitrago et al. (2018) y (Capcha et al., 2020) siguiendo la matriz detallada en el Anexo 1.

3.3.2 *Caracterización de las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas de la Materia Prima*

Para caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en el toronjil fresco, se consideró la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] 2392:(2017). La materia prima se envió a un laboratorio certificado, donde fue analizada en función de su contenido en plomo, cadmio, así como la presencia de *Clostridium Perfringens* y *Bacillus Cereus* en la materia prima, en la Tabla 9 se muestran los métodos que se empleó para su cuantificación.

Tabla 9

Métodos empleados en el análisis microbiológico y fisicoquímico del toronjil fresco.

| Variables | Unidad | Métodos de ensayo |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Plomo | mg/kg | Standard Methods 3111 B modif |
| Cadmio | mg/kg | Standard Methods 3111 B modif |
| <i>Bacillus Cereus</i> | UFC/g | PEEMi/LA/46 MICROVAL 2019 LR87 |
| <i>Clostridium Perfringens</i> | UFC/g | PEEMi/LA/18 INEN ISO 7937 |

Fuente: adaptado por el investigador (2023)

Por otro lado, las pruebas de humedad y cenizas insolubles en HCl fueron realizadas en las instalaciones de la UTN, al igual que los análisis microbiológicos de *E. coli* y *Salmonella* de acuerdo con los procedimientos descritos en el Anexo 2. De este modo, se cumplió con los requerimientos de la NTE INEN 2392: (2017) lográndose analizar mediante las variables detalladas en las Tabla 10.

Tabla 10*Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para hierbas aromáticas.*

| Requisitos | Unidad | Métodos de ensayo |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| Humedad | Fracción másica (%) | NTE INEN- ISO1573 |
| Cenizas insolubles en HCl | Fracción másica en base seca (%) | ISO 1577 |
| E. Coli | UFC/g | NTE INEN-ISO 16649-2 |
| Salmonella | UFC/g | NTE INEN-ISO 6579 |

Fuente: Obtenido del INEN (2017)

^aFinalmente, es importante mencionar que el producto no se procesó sin desinfectar, sino que fue sometido a un proceso de lavado y desinfección, lo que contribuyó a que el proceso se desarrolle bajo parámetros de calidad e inocuidad para obtener al final un producto con características fisicoquímicas y microbiológicas adecuadas a la NTE INEN 2392

3.3.3 Evaluación de los parámetros de Temperatura y Velocidad de Aire Seco, sobre las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas del Producto Final

Una vez estandarizada la materia prima, se procedió al proceso de deshidratación en el cual se evaluaron los efectos de los parámetros de deshidratado sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto final. Cabe mencionar, en este punto que las variables se seleccionaron acorde a las directrices de Urbina et al. (2018), así como de la NTE INEN 2392: (2017). Además, para cumplir con el objetivo, el proceso de deshidratación se llevó a cabo bajo los criterios de (Padilla et al., 2018) y empleando los procedimientos descritos en el apartado 3.3.3.2 de este documento y utilizando los laboratorios de análisis fisicoquímico y microbiológico de la FICAYA perteneciente a la UTN. Un factor importante fue la densidad de carga la cual se mantuvo en 0.5kg/m²

Por otro lado, el proceso de deshidratación fue sujeto al criterio de la metodología estadística bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial AxB (DCA AxB de aquí en adelante) por la naturaleza del estudio. Además, se empleó 3 repeticiones para fortalecer la confiabilidad de los datos obtenidos en esta investigación. A continuación, en la Tabla 11 se describe la estructura del diseño experimental que se empleó para evaluar los parámetros de deshidratación enfocados directamente sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del producto final como variables de respuesta.

Tabla 11*Estructura del diseño experimental.*

| Diseño experimental | | |
|------------------------------------|----|---------|
| Tratamientos | | 4 |
| Repeticiones | | 3 |
| Unidades Experimentales | | 12 |
| Factores controlables | | |
| Factor A | a0 | 45°C |
| | a1 | 35°C |
| Factor B | b0 | 3m/s |
| | b1 | 1.5 m/s |
| Factores no controlables | | |
| No existe factores no controlables | | |
| Factores de respuesta | | |

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Adicionalmente, se consideró como datos secundarios el rendimiento de aceite esencial, así como la curva de secado. En esto último, se consideraron los parámetros de Abdellatif et al. (2021), Trujillo-Echeverria et al.(2020) y las directrices de Urbina et al. (2018). Además, los resultados obtenidos del aceite esencial del toronjil fueron validados bajo la pureza del mismo y realizando la prueba de humedad, la cual se realizó mediante el método PEE.LASA.FQ.10; Gravimetría en un laboratorio certificado.

Como se explicó anteriormente, las variables de respuesta que se consideraron para este estudio estuvieron sujetas a la norma NTE INEN 2392: (2017). En las Tabla 12 y 13 se detallan las variables fisicoquímicas y microbiológicas consideradas en este estudio. En este punto, cabe destacar que los análisis de plomo, cadmio, además de *Clostridium*, fueron desarrollados en un laboratorio certificado.

Tabla 12*Tabla de variables fisicoquímicas.*

| Requisitos | Unidad | Métodos de ensayo |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Plomo | mg/kg | AOAC 972.25 |
| Cadmio | mg/kg | AOAC 973.34 |
| Humedad | Fracción másica (%) | AOAC, 1943 |
| Cenizas insolubles en HCl | Fracción másica en base seca (%) | ISO 1577 |

Fuente: Obtenido del INEN (2017)

Tabla 13

Tabla de variables microbiológicas.

| Requisitos | Unidad | Método de ensayo |
|--------------------------------|--------|----------------------|
| <i>E. Coli</i> | UFC/g | NTE INEN-ISO 16649-2 |
| <i>Salmonella</i> | UfC/g | NTE INEN-ISO 6579 |
| <i>Bacillus cereus</i> | UFC/g | NTE INEN-ISO 7932 |
| <i>Clostridium Perfringens</i> | UFC/g | NTE INEN-ISO 7932 |

Fuente: Obtenido del INEN (2017)

3.3.3.1 Análisis Estadístico del Modelo ADEVA.

En la Tabla 14 se detalla el resumen del modelo estadístico que se usó para evaluar los resultados. El tratamiento estadístico se realizó tomando en cuenta el estudio de Trujillo et al. (2020). Se empleó el paquete estadístico Excel y R en su versión 4.2.1. Los supuestos (normalidad y homocedasticidad) del modelo se evaluaron mediante el test de Shapiro-Wilks y Levene, respectivamente. En caso de detectarse diferencias significativas se consideró la prueba Tukey al 5%. Las diferencias significativas se consideraron cuando $p < 0.05$. Los datos descriptivos fueron presentados como media \pm desviación estándar. Se emplearon gráficos de barras y puntos para evidenciar el tamaño del efecto de los factores de estudio.

Tabla 14

Modelo ADEVA.

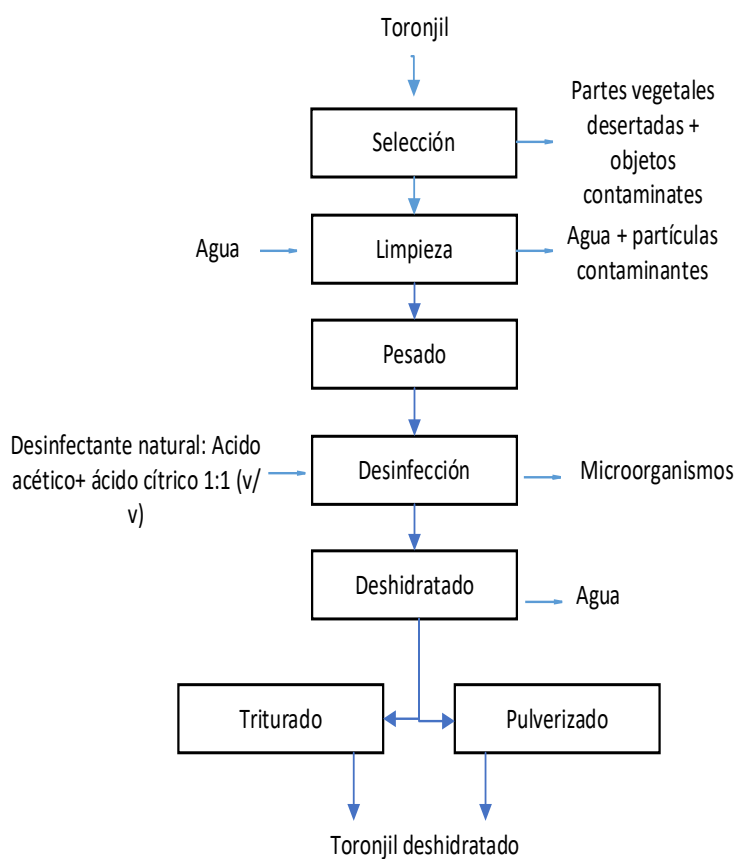
| FV | GL |
|----------------------------|----|
| Total | 11 |
| Tratamientos | 3 |
| Temperatura (A) | 1 |
| Densidad de carga (B) | 1 |
| Velocidad de aire seco (C) | 1 |
| I AxB | 1 |
| I AxC | 1 |
| I BXC | 1 |
| Error | 8 |

3.3.3.2 Manejo Específico del Experimento

Para el proceso de deshidratación se empleó los materiales y equipos descritos anteriormente en el capítulo III, los cuales se describen a continuación como fueron utilizados en los diferentes subprocesos hasta la obtención del producto final (Figura 12).

Figura 12

Diagrama del proceso de deshidratado en bandeja del toronjil.



3.3.3.3 *Procedimiento*

El proceso se desarrolló tomando en cuenta las directrices de Capcha et al. (2020), a continuación, se muestra su desarrollo.

Recepción de la materia prima.

La materia prima fue receptada tomando en cuenta el estado de la misma mediante inspección visual, con el objetivo de verificar que estas se encuentren en buen estado para su proceso. La inspección visual se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Recepción de la materia prima.



Selección.

El toronjil receptado fue clasificado por discriminación, es decir, desechando objetos contaminantes como: Palos, plantas o partes de ellas con un estado no óptimo, como se puede apreciar en la Figura 14.

Figura 14

Selección de la materia prima.



Limpieza.

^a La limpieza fue realizada utilizando agua potable como se muestra en la Figura 15, con la cual se quitó posibles impurezas como: polvo, insectos o partes de estos con la finalidad de procesar un producto inocuo.

Figura 15

Limpieza de la materia prima.



Desinfección

^aLuego del lavado, el toronjil fue desinfectado sumergiéndolo por 5 min en una solución acuosa de ácido acético y ácido cítrico (Jugo de limón y vinagre comercial) en relación 1:1 (v/v) por cada litro de agua para reducir la carga microbiológica (Véase, Figura 16), una vez culminado el tiempo requerido se procedió a sacar las plantas del medio acuoso para colocarlas en un recipiente limpio.

Figura 16

Desinfección de la materia prima.



Deshojado.

En esta fase, se procedió a separar las hojas de la planta, las cuales serían destinadas al deshidratado, mientras que los tallos fueron desechados en una funda diferente como se puede apreciar en la Figura 17.

Figura 17

Selección de la materia prima.



Pesado.

Luego de la limpieza la materia prima fue pesada usando una balanza digital como se muestra a continuación, en la Figura 18.

Figura 18

Selección de la materia prima.



Deshidratado.

Antes de empezar con esta operación unitaria se determinó los parámetros de deshidratado a usar para cada tratamiento en el secador de bandejas, así como la densidad de carga, procediendo de este modo a deshidratar el toronjil (Véase, Figura 19) Sin embargo, las propiedades psicrométricas involucradas durante el proceso fueron evaluadas por los equipos psicrométricos (Véase, Figura 14) los cuales fueron contrastados con la información con la literatura. Además, para obtener la velocidad de secado se consideró el área efectiva cuyo valor se determinó en 0.63m^2 .

Figura 19

Deshidratación de la materia prima.



A continuación, en la Figura 20 se presenta los equipos empleados durante el deshidratado del toronjil.

Figura 20

Evaluación de las propiedades psicrométricas mediante equipos.



Pesado.

El producto deshidratado fue pesado usando una balanza electrónica, de este modo se pudo conocer el peso y consecuentemente la humedad del producto final como se muestra a continuación en la Figura 21.

Figura 21

Pesado del toronjil deshidratado.

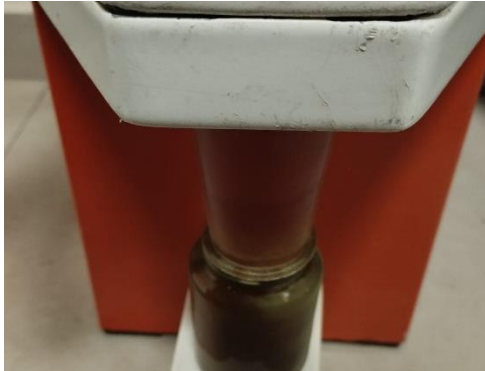


Triturado/pulverizado.

El producto final fue sometido a dos diferentes procesos, por un lado, el toronjil deshidratado fue triturado manualmente y por el otro lado pulverizado utilizando el pulverizador ubicado en las unidades Edu-productivas como se muestra a continuación en la Figura 22.

Figura 22

Pulverizado de la materia prima.



Empaque y almacenado.

El producto deshidratado fue empacado en fundas ziploj retirando el aire que tenía dentro mediante presión manual en el empaque, de este modo se procedió a almacenar en las instalaciones de las unidades Edu-productivas de la UTN. A continuación, en la Figura 23 se muestra cómo se empacó el producto terminado.

Figura 23

Proceso de empaque del toronjil deshidratado.



3.3.4 Estimación de la Aceptabilidad del Producto Final Bajo el Criterio Sensorial

Esta investigación se testó bajo una muestra de 50 posibles clientes de la parroquia Tabacundo del cantón Pedro Moncayo, lo cual permitió evaluar las diferencias de los tratamientos toronjil

deshidratado sobre el testigo (té herbal de toronjil sin deshidratar) y, bajo los criterios organolépticos.

Para evaluar la aceptabilidad el consumidor debía al menos una vez en la vida consumieron té y que su preferencia de consumo de té herbal sea té caliente sin azúcar. Se empleó la metodología desde la escala de la clasificación hedónica bajo los parámetros subjetivos directo al consumidor, utilizando el tipo de prueba de aceptabilidad (Véase, Anexo 3) y, de acuerdo con los lineamientos de, Cárdenas et al. (2018) así como de Inche & Robles (2019). Los aspectos para evaluar fueron sabor y aroma bajo la apreciación del catador. Para la tabulación de los datos se usó el programa R, y el test estadístico a emplear fue Freedman.

Para valorar el estudio se procedió de la siguiente manera:

1. Se buscó voluntarios cuyas las preferencias de consumo sean las antes mencionadas
2. Antes de la degustación los voluntarios fueron capacitados acerca de la modalidad de valoración de cada criterio como se muestra en la Figura 19.

A continuación, en la Figura 24 se muestra el proceso de degustación por parte del posible consumidor

Figura 24

Capacitación por parte del investigador hacia el catador.



3. Luego se Preparó muestras a razón de 100g/lit de agua hirviendo bajo la consideración de estudios como los de Inche & Robles (2019).
4. Entonces se procedió a dar a degustar el producto al posible consumidor

A continuación, en la Figura 25 se muestra el test realizado por parte del posible consumidor hacia las características del producto.

Figura 25

Test de cata por parte del consumidor.



Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

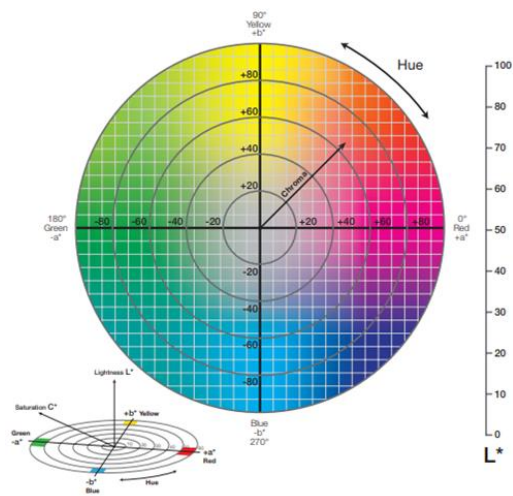
5. Los datos obtenidos por parte de los catadores fueron registrados en la en la ficha de cata (Véase, Anexo 3).
6. Los datos recopilados fueron sometidos a análisis estadístico no paramétrico mediante el test de Friedman.
7. Finalmente se procedió a interpretar los resultados.

Por último, se realizaron análisis de colorimetría como análisis complementarios dentro de los cuales se usó la metodología del colorímetro CR 400 y el criterio de Konica (2018), este análisis se empleó para obtener valores objetivos respecto al espacio de color (Figura 26), y para caracterizar al producto, dentro de los parámetros de color se valoró L, a y b donde:

L (Luminosidad): Este parámetro corresponde al grado de luminosidad, es decir negro cuando los valores se acercan a “0” y blanco cuando estos se acercan a “100”; Mientras que a: Por otro lado, este parámetro indica el espectro de 2 colores, como se muestra en el diagrama de cromaticidad “+a” corresponde a la dirección en rojo, mientras que “-a” indica las coordenadas del color verde; Y finalmente (b): Abarca las coordenadas del azul si b si su valor es negativo mientras que resulta positivo pertenece al color amarillo.

Figura 26

Diagrama de cromaticidad.



Fuente: Adaptado por el Investigador bajo el criterio de Konica (2018)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización Físicoquímica Y Microbiológicas de la Materia Prima

La materia prima y todo el proceso de estandarizado cumplieron las siguientes características: el ancho de la hoja tuvo en promedio de 2.80 ± 0.12 cm; la longitud de la hoja 3.91 ± 0.6 cm; el diámetro del peciolo 0.13 ± 0.20 cm y la longitud del peciolo 2.58 ± 0.98 cm. Las hojas se caracterizaron en forma acorazonada con márgenes dentados; follaje de color verde y un característico aroma a lima, limón o toronja. Dichos atributos fueron importantes para desarrollar el proceso de deshidratación y sus resultados fueron similares a los reportados en otras investigaciones como las de Myrna & Pérez (2022) y Buitrago et al. (2018), respectivamente.

Por otro lado, los resultados obtenidos para las características físicoquímicas del toronjil fresco se presentan en la Tabla 15. En general, los hallazgos obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por otros estudios como los de Vélez et al.(2018) así como de los requisitos para hierbas aromáticas de la NTE INEN 2392: (2017), demostrando que esta materia prima cumple con los rangos para el consumo.

Tabla 15

Resultados físicoquímicos.

| Componentes | Promedio | NTE INEN 2392: (2017) |
|----------------------|------------------|--------------------------|
| Humedad (%) | 80.25 ± 0.29 | 12.00 |
| CiHCl (%) | 1.93 ± 0.03 | 3.50 |
| a_w (Adimensional) | 0.96 ± 0.02 | N/A |
| Cadmio [Cd], (mg/kg) | <0.05 | 0.30 |
| Plomo [Pb], (mg/kg) | 0.15 | 10.00 |

Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

Ahora bien, enfocándose en los análisis físicoquímicos en promedio la humedad en base húmeda fue de $80.25\% \pm 0.29$, valor que oscila un 6% menor al reportado en las investigaciones de Myrna & Pérez (2022). Sin embargo, esto es aceptable según Palomino (2018) pues aseveran

que la humedad en esta especie oscila del 7.00% a 12.00% en función del flujo de riego e incluso la hora de la cosecha. Entre las causas provocan la fluctuación del estado húmedo de cualquier planta se deben al manejo de las muestras, tiempo de reposo post cosecha, metodología de toma y almacenamiento de muestras entre otros factores (Padilla et al., 2018).

En lo que se refiere al contenido de Cl^-/HCl se obtuvo un valor de $1.93 \pm 0.03\%$, cifra que oscila un 0.23% mayor al obtenido por Moreno et al. (2021). Según Polo & Sulca (2019) la causa de fluctuación de estos valores se debe principalmente a la presencia de productos térreos en los alimentos, aunque, según Natalia et al. (2019) el grado de contaminación del suelo por partículas de piedra caliza o fosfato dicálcico entre otros minerales podría incidir directamente sobre este parámetro de calidad.

El plomo presente en el toronjil fresco fue de 0.15 mg/kg, valor menor al reportado por otras investigaciones como las de Pacheco Pérez et al. (2023) donde obtuvieron 0.25 mg/kg para Pb. Según Natalia et al. (2019) y Abad & Poluche (2019) esto se debería a el nivel de contaminación del suelo provocado por actividades industriales (abono, fumigación, entre otros). Aunque, Engendorf et al. (2022), consideran que el Pb presente en las plantas de forma superficial puede fluctuar al emplearse agua potable para su limpieza. Aun así, cualquiera que fuere la causa este parámetro se encontró dentro de los límites permisibles por la NTE INEN 2392: (2017) pues el límite máximo en este parámetro es 10mg/Kg.

El análisis de cadmio reflejó un promedio de <0.05 mg/kg, valor mayor al obtenido en diversos estudios como los de Pacheco Pérez et al. (2023) donde obtuvieron 0.02 mg/kg de Cd. De acuerdo con Natalia et al. (2019) y Ferreira et al. (2018) los índices de cadmio en los productos agrícolas dependen de la contaminación del suelo. Sin embargo, estos datos son reducidos durante el proceso de limpieza mediante el uso de agua potable, aunque esto resulta imposible si el Cd fue absorbido por la planta. Por otro lado, al comparar los datos obtenidos con los parámetros que establece la norma NTE INEN 2392: (2017) la cual indica que los límites admisibles para el cadmio es 0.3mg/kg, por lo cual materia prima se encuentra dentro de los límites permisibles mostrando ser apta para el consumo.

Por último, el promedio de la a_w dio como resultado 0.96 ± 0.02 , valor similar a los resultados obtenidos por (Tapia, 2020) donde se reportó 0.966 ± 0.01 para a_w . Cabe mencionar en este punto, que los resultados obtenidos son característicos para muestras de material vegetal en su estado fresco, por lo cual de acuerdo con el criterio de Janiszewska et al. (2021), su variación podría estar relacionada con la forma de conservación, las prácticas agrícolas y otros procesos

específicos del cultivo. Del mismo modo otros autores como (Aldogman et al., 2022; Tapia, 2020) indican valores similares en sus investigaciones donde los índices de actividad de agua para otras planas son homólogos a las cifras obtenidas en esta investigación.

Sobre la base de los resultados expuestos se podría argumentar que la materia prima se encuentra dentro de los parámetros solicitados por la NTE INEN 2392: (2017). No obstante, estos deben estar en concordancia con los análisis microbiológicos, los resultados sobre estas características se muestran en la Tabla 16. Como se puede ver, aunque los parámetros fisicoquímicos indican que la materia prima es apta para el consumo humano, las características microbiológicas son la excepción porque los índices de *Bacillus cereus* demuestran lo contrario, pues no sería un alimento apto debido a que no cumple con las condiciones óptimas de higiene.

Tabla 16

Características microbiológicas de la materia prima.

| Parámetro analizado | Resultado | Limite permisible NTE INEN 2392: (2017) | Estado para el consumo |
|--------------------------------|----------------------|--|-----------------------------------|
| <i>E. coli</i> | 5.83x10 ³ | 1x10 ² | No apto |
| <i>Salmonella</i> | 3.17x10 ³ | ausencia | No apto |
| <i>Bacillus Cereus</i> | 1x10 ³ | 1x10 ⁴ | Apto |
| <i>Clostridium Perfringens</i> | 7x10 ³ | 1x10 ³ | No apto |

Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

De acuerdo con diversos estudios como los de Gómez et al. (2021), el inadecuado empleo de fertilizantes orgánicos como el estiércol de vaca e incluso el uso de aguas contaminadas para el cultivo son las principales causas de este tipo de contaminación patógena.

Otro de los factores que factibilizan la contaminación en los cultivos de diferentes áreas productivas como es el caso de la papa, menta, fresas entre otras plantas rastreras, es la producción en masa, pues al aglomerarse tantos recursos en un lugar determinado inciden la presencia de plagas de diversos tipos como es el caso de diversos microorganismos entre ellos los patógenos (Moreno et al., 2021).

Incluso, el no rotar cultivos o emplear semilla contaminada, facilita la proliferación de microorganismos patógenos (Espinoza-Castañeda et al., 2022). Según Dias et al., (2018) Esto

por un lado es una falta a las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's), mientras que por otro indica que no existe un control de calidad a la hora de explotar un determinado recurso.

Así mismo, la falta de controles de limpieza tanto en el proceso de almacenamiento o transporte por parte de los productores y mayoristas también provocan la presencia de microorganismos patógenos en la materia prima por lo que demanda que los organismos de control realicen inspecciones más específicas para fomentar la higiene (Gómez-Ramirez et al., 2021).

4.2 Evaluación de los Parámetros de Temperatura y Velocidad de Aire Seco, sobre las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas del Producto Final

El toronjil fresco fue sometidos a diferentes condiciones determinadas de temperatura y velocidad de aire seco, el objetivo fue determinar si los parámetros de deshidratación influyen sobre las características fisicoquímicas o microbiológicas del alimento. Los resultados y análisis obtenidos de los parámetros antes mencionados junto con sus efectos en el producto terminado se detallan a continuación (Capcha et al., 2020; Cengel Yunus A, 2020).

Con el fin de tener una apreciación general del análisis ADEVA aplicado a los distintos factores de este estudio, a continuación, se encuentran los resultados obtenidos en la Tabla 17.

Tabla 17*Análisis ADEVA.*

| FV | P-Value | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | ^b Humedad | ^b Cenizas | ^b Actividad de agua | ^b Aceite esencial |
| Factor A (Temperatura) | ^c 1.61e-06 *** | ^c 7.49e-05 *** | 0.91Ns | ^c 4.14e-6*** |
| Factor B (Velocidad de aire seco) | ^c 7.97e-06 *** | 0.79 | 0.06 Ns | ^c 7.00e-6*** |
| AxB | ^c 7.44e-04 *** | ^c 2.89e-06 *** | 0.67 Ns | ^c 1.63e-6*** |

^b La información detallada de cada parámetro esta descrita en el Anexo 17.

^c *** Indican estadísticamente si existe o no diferencia altamente significativa entre los factores o sus interacciones.

^d NS No hay diferencias significativas

Del mismo modo en la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en el análisis Tukey de los distintos factores.

Tabla 18

Análisis Tukey de los Factores.

| Tratamientos | Humedad | | ClHCl | | Rendimiento de aceite esencial en el producto | |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---|-------|
| | Media | Grupo | Media | Grupo | Media | Grupo |
| A1B1 | 11.87% | a | 0.49% | a | 1.29% | a |
| A1B0 | 10.96% | b | 0.41% | b | 1.15% | b |
| A0B1 | 10.82% | b | 0.36% | b | 1.14% | b |
| A0B0 | 10.54% | c | 0.27% | c | 1.13% | b |

4.2.1 Humedad

El análisis de humedad se aplicó a las 24 unidades experimentales provenientes de los 12 tratamientos de este estudio. Los resultados obtenidos de esta fase experimental se detallan en la Tabla 20. En promedio la humedad tuvo un valor de 11.045%, valor que estuvo dentro del criterio de la NTE INEN 2392: (2017), donde el límite permisible para este tipo de productos es 12%.

Por otro lado, los datos pasaron a un análisis experimental ADEVA, esto con el fin de identificar si los parámetros de temperatura y flujo de aire seco influyen sobre las características fisicoquímicas del producto final. Para realizar este análisis el estudio cumplió con los criterios de tanto de normalidad ($n= 0.75$) como de homocedasticidad ($p= 0.07$) los mismos que se encontraron dentro de los rangos para determinar una estadística paramétrica.

Como se puede observar en el análisis de varianza expuesto en la Tabla 17, se encontró que existen diferencias significativas ($p<0.05$), tanto para los factores [Factor A: Temperatura y Factor B: Velocidad de aire seco] como para las interacciones (AxB), lo que demuestra que los parámetros de temperatura y velocidad de aire seco influyen significativamente sobre las características fisicoquímicas del toronjil, en este caso la humedad. De acuerdo con varios autores como Urbina et al. (2018) o Padilla et al. (2018) este parámetro es fundamental dentro del proceso de deshidratación, pues como se puede observar estas directrices de procesamiento influyen significativamente para mantener o controlar este tipo de procesos.

Al encontrar diferencias significativas se procedió a desarrollar una prueba de DMS para los factores y Tukey al 5% para los tratamientos, esto con el fin de identificar si los factores por separado se relacionan con las características del producto final o si directamente la combinación de los mismos influye sobre las características fisicoquímicas de toronjil deshidratado. Sobre esto último, Capcha et al. (2020) y Urbina et al. (2018) mencionan que los parámetros de secado actúan de forma independiente en cada materia prima, es decir que la temperatura y la velocidad de aire seco producen diferentes efectos tanto en el proceso como en las características del producto final.

De esta manera la prueba DMS demuestra que los factores, especialmente la temperatura incide dentro del proceso, es así como en la Tabla 19 se pueden observar dos niveles de acuerdo a dichas características. En el caso de la temperatura se puede apreciar que el factor A0 resulto ser el parámetro más apropiado para alcanzar humedades inferiores al 12% donde se produce el crecimiento microbiano.

Esto indica que la cantidad de agua evaporada es susceptible a la temperatura, lo que significa que mientras más caliente este el ambiente, mayor es la cantidad de agua eliminada en forma de vapor, aunque autores como Bécquer Frauberth et al. (2020) destacan que este parámetro esta correlacionado con la forma de la bandeja, la configuración del área perforada, el material de la bandeja entre otras condiciones que favorecen un secado acelerado.

Sin embargo, las temperaturas alcanzadas fueron similares a otras investigaciones relacionadas con el secado de plantas aromáticas como el caso de la estevia cuya humedad final fue de 10.01% o de la menta que alcanzó 9.56% las cual, estudiadas por Bejarano Rivera et al., (2021). Aunque es diferente a los resultados de otros autores como Capcha et al. (2020) pues la humedad de la menta alcanzada fue de 5.93% valor que es inferior a los 9.56% demostrando que la temperatura influye sobre el contenido de agua libre en el alimento.

Por otra parte, el producto final mostro cambios notorios en la matriz sólida del alimento pues presentó anomalías en la estructura tanto en la textura como en la forma, así como en el peso de las hojas de toronjil. Atributos que se adquieren en un proceso de convección forzada con aire caliente no saturado (Luna Valencia et al., 2018).

Tabla 19

DMS (Humedad), Factor A.

| Factores | Media (%) | Grupo |
|-----------------|------------------|--------------|
| A1 | 11.34 | a |
| A0 | 10.75 | b |

Con respecto a la prueba DMS del factor B [Velocidad de Aire seco (VAS)], los resultados obtenidos al final del proceso mostraron un comportamiento similar, ya que al existir un mayor desprendimiento de humedad y al accionar una mayor velocidad de aire que arrastre la humedad, permite que el proceso se correlacione con los resultados el factor A. De este modo se terminó que el factor B0 que corresponde a una VAS de 3m/s, es el parámetro más apropiado para alcanzar humedades inferiores al 11% (Véase, Tabla 20).

De acuerdo a estudios como los de Padilla et al. (2018), esto indica que la VAS es un factor importante dentro del proceso de deshidratación, pues esta arrastra la humedad por acción del aire seco retirando los vapores hacia afuera de la cámara de deshidratado optimizando el

proceso. Afirmación se puede observar al ver los resultados obtenidos luego de procesar el toronjil a diferentes grados de VAS.

Además, otros autores acotan que estos resultados obtenidos podrían ser independientemente de la temperatura puesto que este mecanismo de funcionamiento es común de equipamientos que emplean aire forzado para deshidratar alimentos (Bécquer Frauberth et al., 2020; Cengel Yunus A, 2020; Urbina et al., 2018). Sin embargo, Mendoza et al., (2020) menciona que la humedad alcanzada empleando únicamente aire no es equiparable al empleo de calor para la deshidratación de los alimentos.

Tabla 20

DMS (Humedad), Factor B.

| Factores | Media (%) | Grupo |
|-----------------|------------------|--------------|
| B1 | 11.41 | a |
| B0 | 10.68 | b |

Por último, la prueba Tukey al 5% para los tratamientos detallada en la Tabla 18 en base a la interacción de los factores permite apreciar que el tratamiento 1 [A0B0] ofrece las mejores características de humedad al final del proceso, demostrando que al igual que en los factores esas características se relacionan, pues su comportamiento perdura al final del proceso.

Sobre esto, diversos estudios como los de Capcha et al. (2020) y Urbina et al. (2018) concuerdan en que al emplear altos niveles de temperatura y velocidad de aire seco producen consecuentemente productos con bajos índices de humedad.

Según Varios estudios como los de Padilla et al. (2018) y Cama & Villanueva-Quejia (2020) Esto resulta óptimo pues manejar bajos índices de humedad, conllevan menor actividad enzimática y microbiológica, lo que resulta en una mejor conservación del alimento.

Por otra parte, en cuanto a los cambios fisicoquímicos que tuvieron las hojas de toronjil al final del proceso, Urbina et al. (2018) y Luna Valencia et al. (2018) indican que se debe a que la pérdida de humedad del material vegetal afecta la naturaleza de la matriz sólida del alimento lo que se refleja a nivel estructural en la pérdida de elasticidad (rigidez) del alimento, así como otros cambios en cuanto a su composición nutricional.

Finalmente, a pesar de que no todos alcanzaron humedades inferiores al 11% como el tratamiento A0B0, se encuentran por debajo de los límites permisibles por la NTE INEN 2392: (2017) en el caso de la humedad 12%, lo que indica que son aptos para comercializarse.

4.2.2 Cenizas Insolubles en HCl

El análisis de cenizas insolubles en ácido clorhídrico se aplicó a las 24 unidades experimentales provenientes de los 12 tratamientos de esta investigación, donde en promedio el contenido de Cl^- de los tratamientos se determinó en 0.38% valor que se encontró dentro de los lineamientos de la NTE INEN 2392: (2017) donde el límite máximo es 3.5 para este parámetro.

Por otra parte, los resultados obtenidos en esta fase experimental se muestran en la Tabla 17 donde fueron evaluados mediante un análisis ADEVA con el fin de identificar si los parámetros de temperatura y flujo de aire seco influyen sobre el contenido de Cl^- en el producto final. Para continuar con este análisis esta investigación cumplió con los criterios de normalidad ($n=0.273$) como homocedasticidad ($p=0.698$) Mismos que se encontraron dentro de los rangos para determinar una estadística paramétrica

Al encontrarse diferencias significativas ($p<0.05$) tanto para el factor A como para las interacciones ($A \times B$), se desarrolló una prueba DMS para los factores y Tukey al 5% para los tratamientos, esto con el fin de conocer si los factores individualmente influyen sobre las características fisicoquímicas del producto final o verificar si la interacción de estos parámetros influye sobre la naturaleza fisicoquímica del toronjil deshidratado.

Como se puede observar en el análisis de Diferencia Mínima Significativa (DMS) detallado en la Tabla 21, el Factor A0 demuestra ser el parámetro más adecuado para el proceso, lo que significa que su incidencia en el producto final depende principalmente de la temperatura.

Sin embargo, es de saber que diversos investigadores como Vrbova et al. (2021) mencionan que el contenido de Cl^- depende principalmente de la contaminación por parte de productos térreos en la materia prima donde la solución a este problema según Abad & Poluche, (2019), es realizar un lavado a la materia prima antes de ser procesada.

Tabla 21

DMS (CiHCl), Análisis del Factor A.

| Factores | Media (%) | Grupo |
|----------|-----------|-------|
| A1 | 0.43 | a |
| A0 | 0.34 | b |

Finalmente se procedió a evaluar los datos estadísticos mediante la prueba Tukey al 5% (Véase, Tabla 20), donde se puede observar que el tratamiento A0:B0 demuestra ser el parámetro más adecuado puesto que obtuvo el promedio más bajo del análisis, indicando de este modo que el contenido de CiHCl fue influenciado tanto por la VAS como por la temperatura.

No obstante, cabe mencionar que los índices en CiHCl fluctúan en función de la contaminación de la materia prima por materiales térreos que contengan partículas de piedra caliza o fosfato di cálcico, lo que no sucede con los compuestos hidrosolubles, aromáticos, tal es el caso de la vitamina C la cual se desnaturaliza a 50 °C donde la solución para reducir su concentración en el producto final depende de la limpieza (Padilla et al., 2018). Tomando en cuenta estas condiciones todo indica que el contenido de CiHCl no depende de la temperatura si no del proceso de limpieza.

Como información adicional, investigaciones como las de Rivera Agredo et al. (2019) señalan que el deshidratar alimentos provoca un aumento en el contenido de sólidos solubles, pues al evaporarse al evaporarse el agua incide directamente sobre su concentración. Finalmente, en otra instancia a pesar de existir cierto contenido de cenizas insolubles en HCl se puede indicar que el toronjil deshidratado con la NTE INEN 2392: (2017) por lo cual bajo este criterio es apto para el consumo.

4.2.3 Actividad de Agua

El análisis de actividad de agua se aplicó a las 24 unidades experimentales provenientes de los 12 tratamientos. Por otro lado, antes de comenzar con el análisis estadístico se procedió realizando un análisis descriptivo a los datos obtenidos del análisis de actividad de agua la cual se estableció en 0.47% para el producto.

Luego de realizada la estadística descriptiva, los datos se evaluaron empleando un análisis experimental ADEVA como se muestra en la Tabla 17, donde se verificó la existencia de variabilidad entre tratamientos. Por otra parte, para proceder se operó bajo criterios de

normalidad y homocedasticidad mismos que cumplieron con los parámetros estadísticos para determinar una estadística paramétrica. De este modo, se determinó la normalidad empleando el test Shapiro-Wilk con $n=0.14$, y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene con $p=0.0975$.

Como se puede observar en el análisis de varianza expuesto en la Tabla 17, no hay diferencias significativas ($p>0.05$) tanto para los factores como para su interacción, lo que indica que los factores no influyeron significativamente sobre los resultados de este parámetro en el producto final.

Sobre esto, diversos estudios como los de Bécquer et al. (2020), Luna Valencia et al. (2018) o Padilla et al. (2018) indican que al finalizar el proceso de deshidratado el producto reflejará similares cifras de a_w , incluso si se emplea diferentes condiciones en los parámetros de temperatura o velocidad de aire seco.

De acuerdo con Tapia (2020) el a_w en esencia es el agua libre en equilibrio presente en el alimento, lo que significa que no habrá diferencia entre homólogos deshidratados. Como evidencia de ello, los estudios realizados por Soledad Tapia (2020) en la manufactura de mango deshidratado el cual reporta $0.612a_w$ para un proceso a $60\text{ }^\circ\text{C}$ y de 0.610 para $70\text{ }^\circ\text{C}$ en todos sus tratamientos. Por otro lado, este valor puede fluctuar en función del método de deshidratado (Chang & Lin, 2020).

Ahora bien, Mientras el toronjil en estado fresco presentó altos índices de actividad de agua, durante el proceso este índice bajó eventualmente, de acuerdo con Mendoza et al. (2020) esto indica que a medida que el agua se evapora, la actividad de agua en el alimento disminuye, consecuentemente la estructura sólida del alimento se torna rígida perdiendo flexibilidad, lo que dio lugar a los cambios presentados en sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

4.2.4 Contenido de Aceite Esencial (CAE)

Como se explicó en el capítulo 3 el contenido de aceite esencial es una variable de respuesta adicional que se tomó en cuenta por que se quiere identificar si los parámetros de temperatura y VAS influyen directamente sobre el CAE y posiblemente en sus componentes funcionales para que se mantengan en una taza de té herbal.

Dicho esto, en promedio el rendimiento del aceite esencial se mantuvo en 1.18% cabe mencionar que estos valores son similares a Altuzarra (2018) y Ubaque Bernal & Florez (2018), cabe indicar que se determinó la humedad del aceite esencial en 94.70% valor similar a los

obtenidos por Villanueva-Quejia et al. (2020), en cuanto a la certificación del análisis, se encuentra en el Anexo 7.

Para identificar si existe un tratamiento con mejores características se empleó el análisis de varianza ADEVA detallado en la Tabla 17, donde los datos se evaluaron bajo el criterio de tanto de normalidad y homocedasticidad, mismos que se encontraron dentro de los supuestos para proponer una estadística paramétrica, en conclusión, se determinó la normalidad bajo el test Shapiro-Wilk con $n=0.16$, y la homocedasticidad de varianzas mediante la prueba de Levene con $p=0.09$, lo cual permitió continuar con el estudio. Sin embargo, al encontrarse diferencias significativas ($p<0.05$) tanto para los factores como para las interacciones, esto indica que los parámetros involucrados influyen significativamente sobre el CAE del producto terminado, donde la causa principal se debe al empleo de diferentes tratamientos. No obstante, varias investigaciones como las de Trujillo-Echeverria et al., (2020) aluden que estos valores están dentro de los límites de lo aceptable. No obstante, durante el desarrollo de este estudio se describirán las posibles causas de la variabilidad en los datos.

De este modo al identificar diferencias altamente significativas se procedió a desarrollar una prueba DMS para determinar los factores y después Tukey 5% para los tratamientos, esto con el objetivo de conocer que parámetros inciden de forma significativa y reconocer cuales son los tratamientos permiten obtener el mayor rendimiento.

Al emplear el análisis DMS se encontró que el factor A1 que alcanzó un promedio de 1.28% mostro ser el factor más adecuado para el proceso, mientras que el factor A0 indicó no ser eficiente, esto debido a sus cifras en cuanto al contenido de aceite esencial reflejado.

A esto estudios como los de Palomino (2018) acotan que la estimulación de las hojas por medio de aire caliente induce la evaporación de los aceites esenciales mismos que son transferidos junto con otros compuestos volátiles entre ellos el agua. Con lo que Ubaque Bernal & Florez (2018) señala que la pérdida de compuestos volátiles esta correlacionado con la intensidad de la temperatura empleada.

Por un lado, dicha aseveración se encuentra respaldada por estudios como los de Del Rio et al. (2019) y Ortiz Quezada et al. (2019) los cuales indican que la temperatura influye sobre la densidad de las sustancias, así como también en la velocidad de difusión, lo que acelera la evaporación, mientras que por otro esto se ve reflejada en los resultados obtenidos en este estudio como se puede apreciar en la tabla 22.

Tabla 22*Análisis DMS del Factor A para el rendimiento.*

| Factores | Media (%) | Grupo |
|-----------------|------------------|--------------|
| A1 | 1.21 | a |
| A0 | 1.14 | b |

Del mismo modo, la prueba DMS del Factor B determina que el factor B1 se destacó como el parámetro más adecuado, pues mantuvo los índices más altos del análisis. Desde la perspectiva de Bécquer et al. (2020), Urbina et al. (2018) y Puma (2019) la VAS influye significativamente en este tipo de procesos, pues esta facilita la deshidratación al arrastrar los vapores fuera de la cámara de secado.

Mientras Bejarano Rivera et al. (2021) señala que la pérdida de compuestos volátiles como aceites esenciales depende del gradiente de la velocidad de aire seco, pues esta optimiza la extracción de sustancias volátiles, por lo tanto, para minimizar la pérdida de aceites esenciales durante el secado de las hojas recomienda controlar este parámetro operativo.

De la misma manera los resultados de varias investigaciones como las de Urbina et al. (2018) Luna Valencia et al. (2018) han demostrado que el índice de humedad en el producto final es proporcional al gradiente de velocidad de aire seco no saturado. Como se puede apreciar en la tabla 23, los resultados de esta investigación tienen correlación con los estudios realizados por los autores mencionados.

Tabla 23*DMS (Rendimiento), Factor B.*

| Factores | Media (%) | Grupo |
|-----------------|------------------|--------------|
| B1 | 1.21 | a |
| B0 | 1.14 | b |

Finalmente, los tratamientos fueron evaluados mediante el análisis Tukey al 5% (Véase, Tabla 18), el cual determinó que la interacción A1B1 con un promedio de 1.29% es el parámetro más adecuado porque permitió mantener mayor cantidad de aceite esencial. A esto varias

investigaciones como las de Urbina et al. (2018) mencionan que la pérdida de substancias volátiles durante el deshidratado depende tanto de la temperatura como de la VAS.

Mientras que por otro lado Puma (2019), indica que la temperatura estimula las moléculas hasta volatilizarlas provocando la pérdida de este tipo de materia en función de su intensidad. Del mismo modo, Ubaque Bernal & Florez (2018) señala que la VAS acelera la extracción de los vapores en relación de su rapidez como se puede evidenciar en los datos obtenidos

En este punto cabe señalar que es que se consideró el criterio de Trujillo-Echeverria et al. (2020) el cual argumenta que la relación soluto solvente e incluso la polaridad del solvente permite optimizar la extracción, esto principalmente porque dichos factores inciden en el rendimiento.

Además, diversos autores como Ubaque Bernal & Florez (2018) recomiendan reducir el tamaño de partícula, considerando que los rendimientos pueden aumentar si se aumenta el contacto superficial mediante la reducción de la partícula. Además, según el criterio de varios autores como Quintero et al. (2019) a la hora de procesar un producto de calidad es importante determinar el método de extracción, pues no todos los alimentos reaccionan de igual manera.

Por último, se realizaron análisis complementarios al mejor tratamiento acerca del contenido de aceite esencial en el producto pulverizado procedente del mejor tratamiento para lo cual se desarrolló bajo las directrices de investigaciones como las de Trujillo-Echeverria et al. (2020).

Ahora bien, el análisis determinó que el rendimiento del T4 pulverizado se encontró en 1.14%. De acuerdo con Trujillo-Echeverria et al. (2020), el rendimiento aumenta debido al aumento en el contacto superficial provocado por la reducción del tamaño de partícula. Sin embargo, en el estudio realizado se obtuvo menor rendimiento por lo cual se investigó las posibles causas, entre ellas según Puma (2019) esto se adjudica la relación soluto/solvente.

4.2.5 Análisis Microbiológico

Así como se realizó en la materia prima al inicio, también se realizaron análisis microbiológicos al final del proceso, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 36, como se puede observar en este punto no se realizó una estadística inferencial de diseño experimental por que los resultados fueron similares en todos sus casos, demostrando que aquí no existen diferencias significativas, sino que todos los tratamientos fueron iguales tanto para factores como para tratamientos.

Tabla 24

Resultados del análisis microbiológico.

| Tratamiento | Factor A | Factor B | <i>E. coli</i> | <i>Salmonella</i> | <i>Bacillus Cereus</i> | <i>Clostridium Perfringens</i> | Estado de consumo |
|------------------------------|----------|----------|-------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------|
| T1 | A1 | B1 | Ausencia | Ausencia | 6x10 ¹ | Ausencia | Apto |
| T2 | A1 | B0 | Ausencia | Ausencia | 6x10 ¹ | Ausencia | Apto |
| T3 | A0 | B1 | Ausencia | Ausencia | 6x10 ¹ | Ausencia | Apto |
| T4 | A0 | B0 | Ausencia | Ausencia | 6x10 ¹ | Ausencia | Apto |
| NTE INEN 2392: (2017) | | | 1x10 ² | Ausencia | 1x10 ⁴ | 1x10 ³ | ----- |

Como se puede observar después del proceso de desinfección y luego de someter al toronjil a los parámetros de deshidratación el producto se encontró por debajo de los límites permisibles de la NTE INEN 22392: (2017), ya que no se encontró presencia de *E. coli*, *Salmonella* o *Clostridium Perfringens*, eventualmente existe *Bacillus*, pero está dentro del rango lo que indica que el toronjil deshidratado luego del proceso es apto para el consumo.

Ahora bien, Según Cortés et al. (2018) menciona que *Bacillus cereus* es un patógeno altamente resistente a diversos entornos, está presente en el polvo, así como en el suelo, pudiendo ser capaz de sobrevivir en medios con un pH de 4.9-9.3 e incluso soluciones salinas de 7%, además puede desarrollarse sin problemas bajo temperaturas de 4 a 48°C.

Por ello varios investigadores como Harada & Nascimento (2021) recomiendan someter los productos alimenticios a temperaturas de esterilización por encima de los 105°C para erradicar las esporas de este microorganismo. Sin embargo, en este proceso no se pudo realizar pues se perderían todas las características del alimento por tal la resistencia de este microorganismo a nuestro proceso.

Ahora bien, en este punto cabe señalar que, si es verdad que la presencia de *Clostridium* no es lo óptimo, también se debe tomar en cuenta que varias investigaciones como las de Cortés et al. (2018) y Harada & Nascimento (2021) indican que la bacteria de por sí no representa un riesgo para la salud. Sin embargo, no se recomienda el consumo de bebidas aromáticas preparadas que hayan sido expuestas por tiempos prolongados, esto debido a la toxina de la bacteria *Bacillus* la cuál puede provocar malestares estomacales.

4.2.6 Análisis de Plomo y Cadmio en el Producto Final

Como datos complementarios se realizó el análisis de plomo y cadmio porque son características importantes para analizar. Dicho esto, en la tabla 25 se muestra el contenido de Pb en el producto final fue de <0.02 mg/kg, mientras que el cadmio reflejó reflejo <0.01mg/kg, como se puede ver la concentración ambos elementos mostró haber bajado luego del proceso.

Según estudios como los de Engendorf et al. (2022), mencionan que esto sucede porque estos elementos están presentes en las plantas de forma superficial, pero pueden ser retirados al emplear agua para su limpieza, operación que fue realizada durante la línea de proceso antes de deshidratar el toronjil fresco. Sin embargo, de acuerdo con investigaciones como las de Natalia et al. (2019) y Ferreira da Cruz et al. (2018), el Cd no puede ser removido una vez que la planta lo absorbe durante el crecimiento.

Tabla 25*Resultados del análisis de plomo y cadmio antes y después del proceso*

| Parámetro | Materia prima | Producto terminado | NTE INEN 2392: (2017) | Unidad | Estado de consumo |
|------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|--------------------------|
| Plomo | 0.15 | <0.02 | 10.00 | mg/kg | Apto |
| Cadmio | <0.05 | <0.01 | 0.30 | mg/kg | Apto |

^c El certificado del análisis realizado se encuentra detallado en la tabla 23 se detalla en el Anexo 4.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, la investigación demostró que los parámetros de temperatura y velocidad de aire seco no influyen sobre el contenido de plomo y cadmio en el producto final.

Por otra parte, según el criterio de Abad & Poluche (2019) y García Marcillo et al. (2022), el contenido de sólidos solubles en los alimentos frescos tiende a aumentar luego del deshidratado, esto según sus resultados obtenidos por los autores es debido al aumento en la concentración por la pérdida de agua, así como otras sustancias volátiles.

No obstante, si bien lo citado anteriormente es un hecho por otro lado de acuerdo con los investigadores Borda Luna & Lahura Albújar (2021) y Castillo et al. (2022), la causa de fluctuación en el contenido de plomo o cadmio se debe al proceso de limpieza, pues estos metales pesados se manifiestan por la contaminación de materia terrea como arena o polvo.

Finalmente, como se puede observar en la Tabla 25, a pesar de la presencia de estos dos elementos en el producto final, este es apto para el consumo humano pues dichos elementos se encuentran por debajo de los límites establecidos por la NTE INEN 2392: (2017), razón por la cual se procedió con el análisis de aceptabilidad.

4.2.7 Cinética de Deshidratación

Como información complementaria se detalla la cinética de deshidratación que se desarrolló para el mejor tratamiento, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 26. Se consideraron estos datos pues es importante identificar como se desarrolló el proceso de deshidratado en el mejor tratamiento, del mismo modo conocer los efectos termodinámicos involucrados durante la transferencia de masa este proceso.

Tabla 26*Cinética de deshidratado del tratamiento AIB1 (T4).*

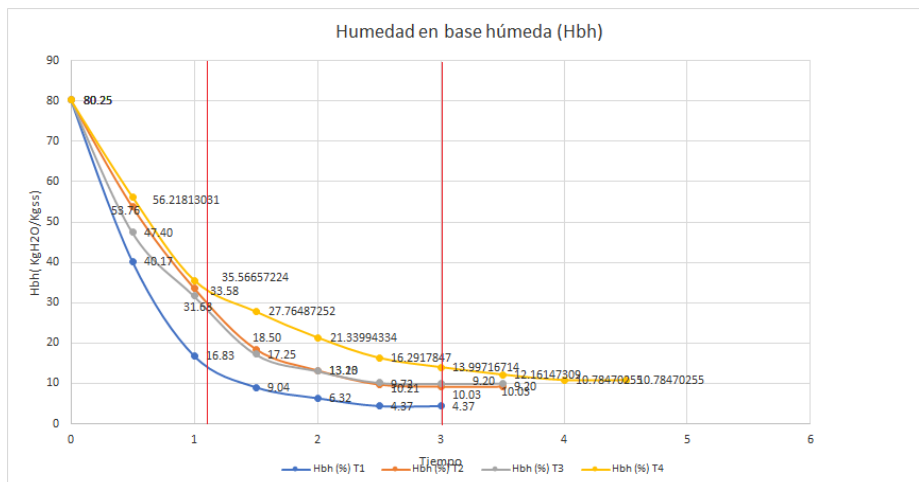
| Tiempo (h) | Peso toronjil (kg) | Pérdida de H ₂ O (Kg) | T° aire salida (*C) | | Masa de agua (kg) | Hbh (Kg H ₂ O/kg (%)) | R (KgH ₂ O/Hm ²) |
|---------------|-----------------------|--|---------------------|--------|----------------------|-------------------------------------|--|
| | | | Seca | Húmeda | | | |
| 0 | 0.35 | 0.30 | 34.02 | 27.44 | 0.28 | 80.25 | 0.59 |
| 0.5 | 0.24 | 0.19 | 35.11 | 27.61 | 0.20 | 56.22 | 0.51 |
| 1.0 | 0.15 | 0.10 | 37.28 | 30.01 | 0.13 | 35.57 | 0.19 |
| 1.5 | 0.12 | 0.07 | 35.19 | 23.88 | 0.10 | 27.76 | 0.15 |
| 2.0 | 0.09 | 0.04 | 35.31 | 24.12 | 0.08 | 21.34 | 0.12 |
| 2.5 | 0.07 | 0.02 | 37.01 | 24.99 | 0.06 | 16.29 | 0.05 |
| 3.0 | 0.06 | 0.01 | 35.81 | 22.07 | 0.05 | 14.00 | 0.04 |
| 3.5 | 0.05 | 0.00 | 35.08 | 21.74 | 0.04 | 12.16 | 0.03 |
| 4.0 | 0.04 | 0.00 | 36.45 | 21.12 | 0.04 | 10.78 | 0 |
| 4.5 | 0.04 | 0.00 | 35.75 | 21.02 | 0.04 | 10.78 | 0 |

4.2.7.1 Curva de deshidratación del tratamiento AIB1 (T4)

En este punto es importante mencionar que, aunque solo se está discutiendo el comportamiento del tratamiento T4 se han incluido las curvas de secado de los otros tratamientos para comparar su comportamiento durante el proceso. De este modo el comportamiento de la humedad en base húmeda del T4 se muestra en la Figura 27.

Figura 27

Curva de deshidratado de la humedad en base húmeda.



Como se observa en la figura 20, este proceso muestra la reacción de como el agua se libera directamente de la materia prima hasta terminar en un estado deshidratado, en general el proceso tardo 4.5 horas durante la deshidratación, esto quiere decir que generalmente el tratamiento 4 demuestra desprender menor humedad y requiere mayor tiempo para su proceso que los otros tratamientos. Este comportamiento se identificó en otros estudios pues de acuerdo con Bécquer et al. (2020) y Luna et al. (2018), las diferencias en el comportamiento de las curvas de secado dependen directamente de las especificaciones operativas dentro del proceso de secado.

Ahora bien, hablando del comportamiento en la curva de Hbh, el proceso inicia con una humedad de 80.25%. Pero durante la primera hora, el agua libre fue evaporada rápidamente por acción del calor. A esto autores como Bécquer Frauberth et al.(2020) indican que esta etapa corresponde al periodo de velocidad constante, pues se caracteriza por la evaporación de la humedad superficial, lo que quiere decir que aún no comenzó el transporte del agua del interior por estimulación de fuerzas capilares, por tanto, su evaporación se muestra acelerada y constante Urbina et al. (2018).

Por otra parte, en las siguientes 3 horas se puede observar que la curva de secado presenta un cambio en su comportamiento, esto se debe a que la humedad superficial ha sido evaporada y ha iniciado a la interacción del calor con el agua libre dentro del alimento, provocando de este modo que la velocidad de deshidratado se vea afectada. Desde el punto de vista de Padilla et al. (2018) esto se debe a que durante esta etapa el calor estimula por convección la estructura de la materia prima hasta llegar a las partes más profundas de esta, de este modo la rapidez del proceso es controlada por la velocidad de la humedad dentro del sólido.

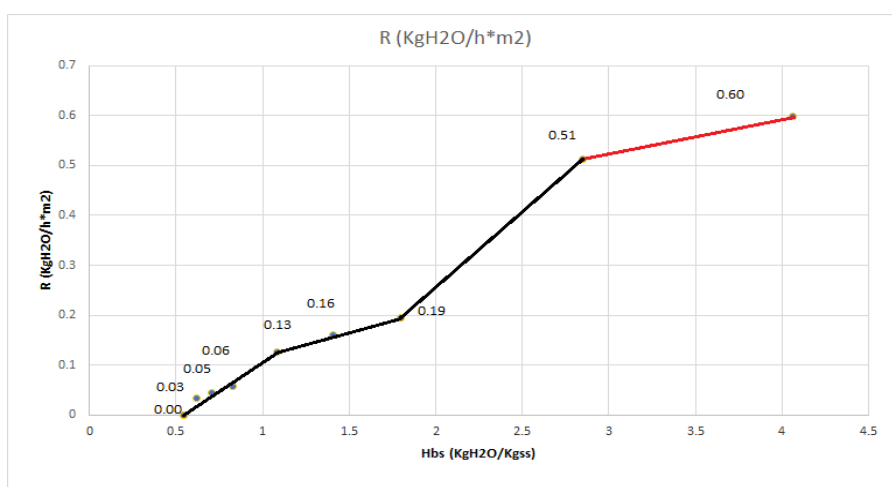
En este punto cabe mencionar que, durante el periodo de velocidad decreciente, la velocidad de deshidratado puede verse tergiversada tanto por la densidad del sólido como por su porosidad. Sin embargo, si el producto seco tiene alta densidad y presenta poros pequeños, el secado es determinado no tanto por conducción, pero si por una resistencia alta a la difusión dentro del producto (Padilla et al., 2018).

Concluido el periodo de velocidad decreciente se puede apreciar que la curva tiende a ser continua y horizontal sin presentar cambios, esto significa que una vez eliminada la humedad del sólido la velocidad de secado tiende a cero lo cual se ve reflejado en la inactividad de la curva de secado indicando que el producto alcanzó un estado seco (Bécquer Frauberth et al., 2020).

Finalmente, la curva de velocidad de secado que permite observar la adaptación de las muestras bajo las condiciones de deshidratación se muestra a continuación en la Figura 28.

Figura 28

Curva de velocidad deshidratado del tratamiento 4.



Como es bien sabido, la curva de velocidad de deshidratado permite mostrar la adaptación del alimento seguido de dos periodos de velocidad de secado decrecientes, lo que demuestra que la transferencia de materia está sujeta a las características propias de cada producto, así como la resistencia del agua libre a ser evaporada (Bécquer Frauberth et al., 2020).

A pesar de lo antes mencionado, en los resultados obtenidos se muestra que se encontró un periodo de velocidad de secado constante corto y un prolongado periodo de velocidad de secado decreciente. Como se puede observar en la Figura 21 en esta operación unitaria la velocidad de secado es reducida constantemente siendo cada vez menor. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran ser similares a los realizados por Bécquer Frauberth et al. (2020), Luna Valencia et al. (2018) y Padilla et al. (2018).

De acuerdo con investigaciones como las de Luna et al. (2018) y Urbina et al. (2018), esto se debe a que la mayor cantidad de agua libre es eliminada en un corto tiempo, lo que provoca un minúsculo periodo de deshidratado con velocidad constante y un periodo decreciente relativamente más duradero en este proceso.

Por este motivo cabe indicar que toda la fase de deshidratación forma parte del periodo post crítico porque no se encontró un periodo ante crítico durante las 4 horas que se deshidrato el toronjil, por tal razón tampoco hay humedad crítica, esto debido a que las especificaciones técnicas del equipo son diferentes a las empleadas en otras investigaciones parecidas. Bajo este punto, a pesar de que se consideró la pérdida de calor durante la medición de los pesos (Back up), la humedad en todo momento fue variable hasta llegar al punto de equilibrio, que para el T4 (A1B1) es de $R^2=0.9727$. Por otro lado, la humedad de equilibrio puede ser obtenida dividiendo ambas variables de la pendiente $y= 0.3099x-0.1566$.

En cuanto al comportamiento de matriz sólida del alimento durante el periodo de velocidad constante, autores como Tapia (2020) indican que la matriz solida del alimento contiene agua saturada, por lo que presenta una alta a_w . Es así como a medida que el agua es evaporada, la a_w disminuye provocando que el alimento pierda sus atributos físicos los cuales se ven reflejados en la pérdida de elasticidad, cambios organolépticos, y del mismo modo en el peso.

Esto se pudo notar durante el secado pues la estructura de las hojas comenzó a perder firmeza, entre otros cambios en su naturaleza física como la elasticidad de las hojas y forma de las hojas, lo cual tiene correlación estudios como los de Bécquer Frauberth et al. (2020) donde los atributos fisicoquímicos del producto en esta etapa presentar similitud a los experimentados en este estudio.

Mientras que en el periodo de velocidad decreciente hubo cambios en la matriz solida del alimento durante el periodo de secado decreciente, donde este se volvió más denso y rígido debido a la pérdida de agua, efecto que provoca la concentración de solutos. Esto según autores como Bécquer Frauberth et al. (2020) indican que dicho periodo conlleva cambios en las propiedades nutricionales (perdida de compuestos bioacticos) y fisicoquímicas (color), e incluso influye en la vida útil o capacidad de conservación del alimento, lo cual contrasta con los resultados obtenidos.

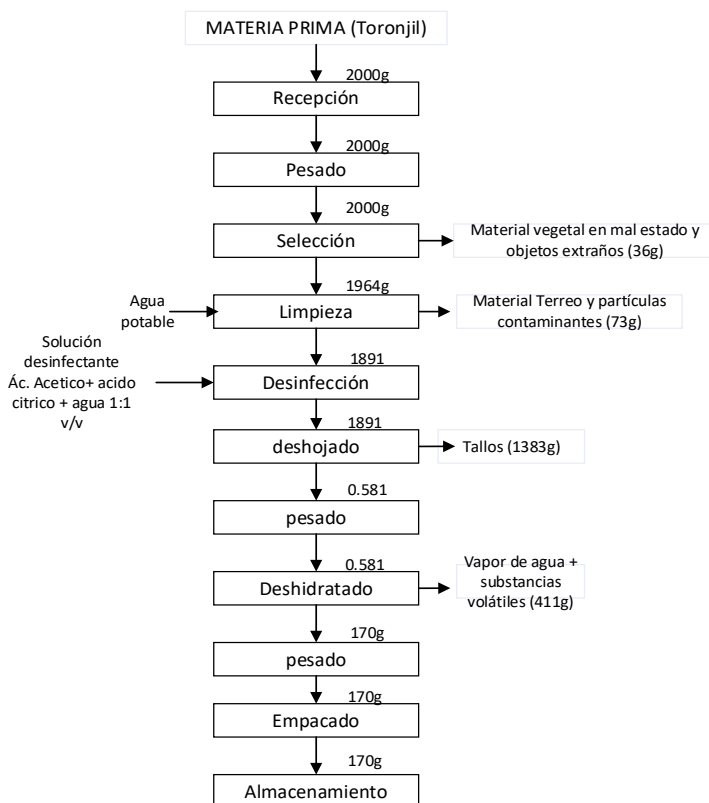
En esta parte cabe indicar que, el periodo de velocidad decreciente concluye en cuanto deja de haber variación en el peso, lo cual se debe principalmente a la perdida de agua libre en el seno del alimento, por lo que a nivel gráfico la curva de velocidad de secado se tornara horizontal(Espinoza Calderón et al., 2021).

4.2.8 Balance de Materiales

A continuación, en la figura 29 se detalla el balance de materiales del secado realizado a las hojas de toronjil

Figura 29

Balance de masa del proceso de secado realizado a las hojas de toronjil



4.2.9 Rendimiento para el mejor Tratamiento

El rendimiento producto del procesamiento de deshidratación por convección forzada y secado para la obtención de toronjil deshidratado a granel se muestra a continuación:

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{\text{Masa final}}{\text{masa inicial}}\right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{170g}{2000g}\right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 8.50\%$$

4.3 Estimación de la Aceptabilidad del Producto Final Bajo Criterio Sensorial

Luego de realizar el proceso de catación sensorial se procedió a desarrollar los resultados obtenidos, los mismos que se muestran a continuación en la Tabla 27, el tratamiento de los datos se realizó bajo una estadística no paramétrica por que la población provenía de una distribución no normal, teniendo en cuenta que se trata de datos categóricos y que de acuerdo a lo recomendado en la literatura se opera bajo este lineamiento estadístico.

Los resultados obtenidos demuestran diferencias significativas tanto en el sabor como en el aroma conseguidos en la percepción de los consumidores de un vaso de té herbal de toronjil. Esto quiere decir que la percepción del consumidor frente a las características de sabor/aroma difieren sustancialmente. Según investigaciones como las de Riveros (2018) esto se debe que ciertas temperaturas inciden sobre la composición bioquímica del alimento provocando fluctuación de las características sensoriales en función de la metodología de proceso.

Tabla 27

Análisis no paramétrico de Friedman en la aceptabilidad sensorial del al aroma y sabor para el toronjil deshidratado.

| F.V | GL | Chisq | F | P.Value Chisq |
|-------|--------|-------|------|------------------------|
| Sabor | 3.00 | 20.92 | 7.94 | ^c < 1e-3*** |
| Aroma | 3.00 | 23.04 | 8.89 | ^c < 1e-3*** |
| Error | 147.00 | | | |

^c *** Indican estadísticamente si existe o no diferencia altamente significativa entre los factores o sus interacciones.

Luego de identificar la valoración en los atributos del aroma y sabor se realizó comparaciones descriptivas de post hoc para las 2 variables analizadas [Sabor /aroma] valiéndose también del perfil sensorial para describir las diferencias encontradas (Véase, Tabla 28).

Tabla 28

Análisis de post hoc en la aceptabilidad del sabor del té herbal de toronjil por parte del consumidor.

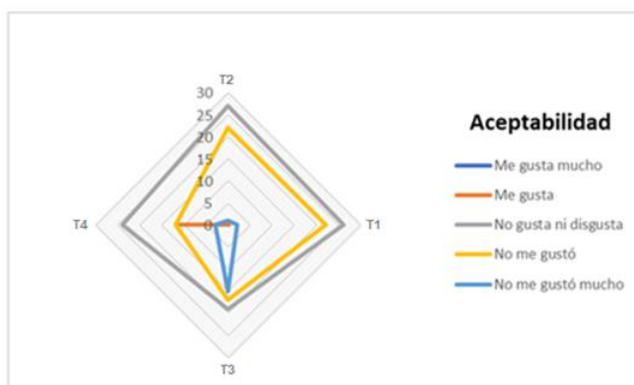
| Tratamientos | Suma de rangos | Grupos |
|--------------|----------------|--------|
| T4 | 148.00 | a |
| T2 | 127.50 | b |
| T1 | 123.00 | b |
| T3 | 101.50 | c |

Los resultados obtenidos de la prueba de preferencia sensorial en cuanto al sabor se muestran en la Figura 25 y los datos de respuesta del análisis de post hoc en la Tabla 28. Como se puede observar, claramente existe una preferencia por el tratamiento del grupo “a” en comparación del grupo “b” o “c”, con una suma de rangos promedio de observaciones de 148 [adimensional], equivalente a la aceptabilidad por parte del panel de degustadores.

Además, como se puede observar en el perfil sensorial el T4 es el más preferido por el panel de degustadores, asimismo en la tabla de post hoc se confirma este hecho porque el tratamiento doce de acuerdo al análisis de comparaciones múltiples se califica como el mejor tratamiento percibido.

Figura 30

Perfil de aceptación sensorial del té herbal de toronjil respecto al sabor.



Estas diferencias, según varios estudios como los de Cárdenas et al.(2018), Rivera et al (2019) y Riveros (2018) se deben a diversos factores dentro de los cuales están: Las características del cultivo, los procesos de deshidratación, la forma de preparación del té herbal [Cargado o no cargado] e incluso las preferencias de consumo (Frio/caliente, con o sin azúcar].

Del mismo modo, para estimar la valoración en el aroma se realizó comparaciones descriptivas de post hoc como se puede observar en la Tabla 29, valiéndose del perfil sensorial (Véase, Figura 25) para describir las diferencias encontradas.

Tabla 29

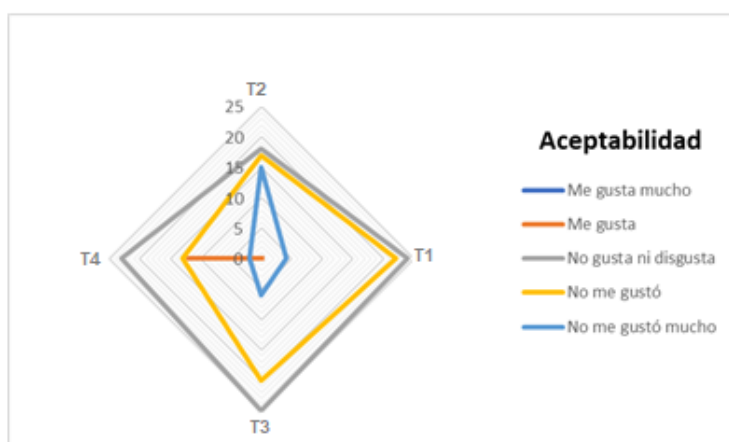
Análisis de post hoc en la aceptabilidad del aroma del té herbal de toronjil por parte del consumidor

| Tratamientos | Suma de rangos | Grupos |
|---------------------|-----------------------|---------------|
| T4 | 152.50 | a |
| T3 | 122.50 | b |
| T1 | 122.50 | b |
| T2 | 102.50 | c |

Los resultados recopilados en el análisis de preferencia sensorial sobre el aroma se muestran en la Figura 30 y los datos de respuesta del análisis de post hoc en la Tabla 29. Como se puede observar se evidencia una clara preferencia por el tratamiento del grupo “a” en comparación del grupo “b” o “c”, con una suma de rangos promedio de observaciones de 152.50 [adimensional] lo cual representa la aceptabilidad por parte del panel de degustación. Además, como evidencia de esta afirmación, el perfil sensorial demuestra que el T12 es el más preferido, del mismo modo en la tabla de post hoc contrasta esta afirmación porque el tratamiento doce de acuerdo al análisis de comparaciones múltiples se destaca como el mejor tratamiento percibido.

Tabla 30

Perfil de aceptación sensorial del té herbal de toronjil respecto al aroma.



Según varias investigaciones como las de Cárdenas et al.(2018), Rivera et al (2019) y Riveros (2018) estas diferencias se deben a diversos factores dentro de los cuales están: Las características del cultivo, los procesos de deshidratación y las preferencias de consumo durante la preparación del té herbal, es decir si fue cargado o no cargado.

4.3.1 Características del Color al mejor Tratamiento.

Como información complementaria se realizó el análisis de color al mejor tratamiento porque son características importantes en la manufactura de productos deshidratados, pues según varias investigaciones como las de Restrepo Betancur (2022) demuestran que el color es un factor importante en la toma de decisiones del consumidor durante la compra. A continuación, se muestran los análisis efectuados en la Tabla 31.

Tabla 31

Resultados del análisis de colorimetría al mejor tratamiento.

| Lados de la hoja | Parámetros | Promedio |
|------------------|------------|----------|
| Haz | L | 36.08 |
| | a | -4.57 |
| | b | 10.41 |
| Envés | L | 44.04 |
| | a | -5.30 |
| | b | 13.40 |

Como se puede observar en la Tabla 29 se muestran detallados los valores del análisis de colorimetría bajo el criterio de Konica (2018) , bajo el criterio de las características antes mencionadas en la metodología referente al diagrama de cromaticidad y a las tes de colorimetría realizado (Véase, Figura 31), se determinó que las hojas deshidratadas son de color verde en el haz y un tono verdoso más claro en el envés.

Figura 31

Análisis de color al mejor tratamiento.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima demuestran que cumple con los parámetros solicitados por la norma NTE INEN 2392: (2017). Sin embargo, se identificó la presencia de índices elevados de microorganismos patógenos, lo que indica condiciones de higiene inadecuadas y lo convierte en un alimento no apto para el consumo. Estos hallazgos pueden atribuirse al uso inapropiado de fertilizantes orgánicos y aguas contaminadas durante el cultivo, así como a la falta de controles de limpieza en el almacenamiento y transporte de la materia prima.
- Los parámetros de temperatura y velocidad de aire seco influyeron en las propiedades fisicoquímicas del toronjil deshidratado, como la humedad y el contenido de aceite esencial. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la actividad de agua ni en los análisis microbiológicos. El contenido de plomo y cadmio en el producto final estuvo dentro de los límites aceptables. Estos demostraron información relevante para optimizar el proceso de deshidratación del toronjil y garantizar la calidad y seguridad del producto final.
- Los resultados de este estudio proporcionan información relevante para la industria de alimentos, ayudan a comprender mejor la cinética de deshidratación del toronjil y brindan una base para la optimización de los procesos de secado. Uno de los hallazgos destacados es el rendimiento obtenido durante el proceso de deshidratación, el cual representa la proporción de toronjil deshidratado en relación con la masa inicial. Este rendimiento del 8,5% puede ser utilizado como referencia para mejorar la calidad del producto final y desarrollar estrategias más eficientes y rentables en el procesamiento de toronjil deshidratado.
- Los resultados de este estudio proporcionaron información relevante para la industria de alimentos al analizar la aceptabilidad sensorial del té herbal de toronjil. Se observaron diferencias significativas tanto en el sabor como en el aroma, lo que indica que la percepción de los consumidores varía con relación a estas características. Estas diferencias pueden deberse a factores como las características del cultivo, los procesos de deshidratación entre otras.

5.2 Recomendaciones.

- En futuras investigaciones se recomienda estudiar el contenido de los compuestos bioactivos en el producto terminado para *Melissa Officinalis L.*
- Es importante realizar otros estudios donde se evalúela las propiedades fisicoquímicas del toronjil deshidratado para su dosificación en fundas de té herbal.
- Realizar investigaciones con otras variedades de toronjil para hacer comparaciones con *Melissa Officinalis L.* en las propiedades funcionales.

Bibliografía

- Abad, R., & Poluche, B. (2019). *Comparación de los niveles de plomo y carbono presentes en las plantas medicinales adquiridas en tres mercados y en cultivos de tres zonas urbanas de Cuenca (Sur, Centro histórico y Norte)* [Repositorio digital de la Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18027>
- Abdellatif, F., Akram, M., Begaa, S., Messaoudi, M., Benarfa, A., Egbuna, C., Ouakouak, H., Hassani, A., Sawicka, B., Elbossaty, W. F. M., & Simal-Gandara, J. (2021). Minerals, essential oils, and biological properties of melissa officinalis l. *Plants*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/plants10061066>
- Aldogman, B., Bilel, H., Moustafa, S. M. N., Elmassary, K. F., Ali, H. M., Alotaibi, F. Q., Hamza, M., Abdelgawad, M. A., & El-Ghorab, A. H. (2022). Investigation of Chemical Compositions and Biological Activities of Mentha suaveolens L. from Saudi Arabia. *Molecules*, 27(9). <https://doi.org/10.3390/molecules27092949>
- Altuzarra, P. (2018). Extracción del aceite esencial de la cáscara de la naranja (Citrus sinensis L.) obtenido de una planta de residuos frutales de Alpina. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 3(1).
- Álvarez, M., & Paltin, V. (2018). *Plan de negocios para crear una empresa que elabore infusión de té de Jícama en la ciudad de Guayaquil* [Repositorio digital de la Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29689>
- Ayala Enríquez, M. I., Cuevas Salgado, M. I., & Montes de Oca, E. R. (2018). Conocimiento tradicional de plantas distractoras para fauna nociva en milpas de Santa Catarina, Tepoztlán, Morelos. *Revista de Geografía Agrícola*, 60. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2018.60.002>
- Bécquer Frauberth, C. L., Leonardo Ederson, P. C., Torres, E. T., Massipe Hernández, J. R., & Quispe Flores, M. (2020). Velocidad de secado en tres tipos de secadores solares del Aguaymanto (Physalis Peruviana L.). *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2). <https://doi.org/10.4067/s0718-33052020000200248>
- Bejarano Rivera, C., López Villacís, I., Vaca Vaca, C., & Mera Andrade, R. (2021). Producción Agrícola Sustentable para el sector pecuario y el cambio climático. *Revista Alfa*, 5(14). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.117>

- Borda Luna, B., & Lahura Albújar, N. (2021). Incidencia de los metales pesados, en la calidad de la papa negra “Solanum Tuberosum” proveniente de la provincia de Tarma, Junín, Perú. *Cátedra Villarreal*, 9(1). <https://doi.org/10.24039/cv2020821046>
- Buitrago Zapata, H., Palacios Palacios, G. P. M., Perea Moreno, L. P., & Hincapié Llanos, C. A. (2018). Estudio etnobotánico de plantas medicinales en tres municipios de Antioquia, Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23(4).
- Cama, D., & Villanueva-Quejia, E. (2020). Extracción y caracterización química del aceite esencial de eucalipto obtenido por microondas y ultrasonido. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 3. 3 <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.661>
- Capcha, K. M. O., Naventa, E. L. V., Velázquez, R. C., & SISA, N. Y. H. (2020). Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) Deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas. *Universidad San Ignacio de Loyola*, 1. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/eed5eeac-9101-41a5-9ed2-7b5cd42490a2/content>
- Cárdenas, N., Cevallos, C., Salazar, J., Romero, E., Gallegos, P., & Cáceres, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de Las Ciencias*, 4(3). <https://doi.org/10.23857/dc.v4i3.807>
- Castillo, J., Domínguez, J., García, M., Marín, G., Olórtegui, D., & Ynocente, C. (2022). Determinación de metales pesados en tomate (*Solanum lycopersicum*) y su riesgo para la salud humana. *Ciencia e Investigación*, 25(1). <https://doi.org/10.15381/ci.v25i1.23470>
- Cengel Yunus A, G. A. coaut. (2020). Transferencia de Calor y Masa : Fundamentos y Aplicaciones. - Sexta edición. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(6).
- Chang, Y. C., & Lin, T. C. (2020). Temperature effects on fruit development and quality performance of nagami kumquat (*Fortunella margarita* [lour.] swingle). *Horticulture Journal*, 89(4). <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-120>
- Cortés, A., Días, M., & Guzmán, C. (2018). Sobre *Bacillus cereus* y la inocuidad de los alimentos (una revisión). *Revista de Ciencias*, 22, 99–101. <https://doi.org/10.25100/rc.v22i1.7101>
- Del Rio, U., Carrera, E., García, V., & García, J. (2019). Deshidratado de ajo (*Allium sativum*) utilizando tecnología solar por convección natural y forzada. RESUMEN. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4.

- Dias, I., Laranjo, M., Fialho, R., Potes, M. E., Véstia, J., Agulheiro-Santos, A. C., Fraqueza, M. J., & Elias, M. (2018). Efecto de los cultivos autóctonos en la producción de Paio, un embutido curado tradicional portugués. *Archivos de Zootecnia*, 67(Supplement). <https://doi.org/10.21071/az.v67isupplement.3595>
- Engendorf, S., Li, E., Spliethoff, H., Shayler, H., & McBride, M. (2022). Effectiveness of washing in reducing lead (Pb) Concentrations of lettuce grown in urban garden soils. *Journal of Environmental Quality*, 51(4). <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jeq2.20357>
- Espinoza Calderón, G. A., Taípe Lucas, C., & Taípe Yalli, M. (2021). Modelamiento matemático del proceso de deshidratado de china konoca (*Xenophyllum poposum*) por aire caliente. *Revista Alfa*, 5(13). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.102>
- Espinoza-Castañeda, M., Castelán, A. V. S. G., Rodríguez, M. R. V., Valverde, E. F., & Briones, M. T. C. (2022). BIOREMEDIATION OF LEAD IN WATER BY TWO PURE MICROORGANISMS AND BACTERIA-YEAST CONSORTIUM. *International Journal of Biological and Natural Sciences*, 2(4). <https://doi.org/10.22533/at.ed.813242230061>
- Ferreira da Cruz, T., Rodrigues da Silva, G., Rodrigues de Oliveira, H., & Pereira Gandra, L. (2018). DETERMINAÇÃO DO TEOR DE METAIS PESADOS EM ALFACES CULTIVADAS NAS HORTAS URBANAS NA CIDADE DE COXIM-MS. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 2(2). <https://doi.org/10.47230/unesciencias.v2.n2.2018.76>
- García Marcillo, R. J., Bravo Sánchez, L. R., & Pérez Parra, J. C. (2022). Determinación de metales pesados en pulpa de fruta de capsicum annum l. Cultivado en la comuna Joá, Cantón Jipijapa. *Centro Azúcar*, 49(2).
- Gómez-Ramírez, M., Mossos-Vivas, N., & Herrera-Ramírez, R. (2021). Desarrollo de una herramienta tecnológica facilitadora de buenas prácticas agrícolas en los pequeños agricultores del Municipio de Argelia. *Informador Técnico*, 85(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.3642>
- González, E., & Cáceres, S. (2018). *Estudio de viabilidad para la creación de una empresa de producción y comercialización de aromática de manzanilla*. <https://repository.unicatolica.edu.co/handle/20.500.12237/950>

- Harada, A. M. M., & Nascimento, M. S. (2021). Effect of dry sanitizing methods on *Bacillus cereus* biofilm. *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(2). <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00451-0>
- Haybar, H., Javid, A. Z., Haghizadeh, M. H., Valizadeh, E., Mohaghegh, S. M., & Mohammadzadeh, A. (2018). The effects of *Melissa officinalis* supplementation on depression, anxiety, stress, and sleep disorder in patients with chronic stable angina. *Clinical Nutrition ESPEN*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.04.015>
- Inche, L., & Robles, M. (2019). *Efectividad del uso del toronjil (Melissa officinalis) como agente analgésico en el alivio de signos y síntomas de dolores estomacales en personas de 40 a 60 años – pueblo joven Columna Pasco – Julio a Octubre del 2018* [Repositorio digital de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1546>
- Janiszewska-Turak, E., Kołakowska, W., Pobiega, K., & Gramza-Michałowska, A. (2021). Influence of drying type of selected fermented vegetables pomace on the natural colorants and concentration of lactic acid bacteria. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/app11177864>
- Kanatas, P., Gazoulis, I., Kakabouki, I., & Papastylianou, P. (2020). Aromatic plant melissa officinalis extracts selectivity in various biomass crop and legume species. *Agraarteadus*, 31(2). <https://doi.org/10.15159/jas.20.13>
- Konica, M. (2018). Control De Color En La Industria Alimenticia Color & Apariencia Control De Color En La Industria Alimenticia. *Sensing Americas*, 8.
- Lema, A. (2018). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA “IN VITRO” DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE LAS HOJAS DE *Melissa officinalis* (TORONJIL) EN *Proteus* spp. In *Procedia Computer Science* (Vol. 2, Issue 1).
- Luna Valencia, J. E., Espinosa Bayer, C., Ordóñez Castañeda, Y. M., & Vásquez Riascos, A. M. (2018). Diseño estructural de un secador continuo y herramienta para volteo de cafés especiales. *Informador Técnico*, 82(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.1500>
- Maldonado, C., Paniagua-Zambrana, N., W. Busman, R., Zenreno, F., & Fuentes, A. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología En Bolivia*, 55(0), 1–4. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282020000100001&script=sci_arttext

- Marques, P. R. C., & Trindade, R. V. R. (2022). PANORAMA EPIDEMIOLÓGICO DOS SURTOS DE DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS ENTRE 2000 E 2021 NO BRASIL. *Revista Multidisciplinar Em Saúde*. <https://doi.org/10.51161/rem/3477>
- Martínez, C., & Rojas, G. (2019). Jardín de plantas medicinales de la especialidad de agronomía en el IPA “manifiesto de montecristi”. *Revista: Caribeña de Ciencias Sociales ISSN: 2254-7630*, 0, 1–2.
- Marulanda-Meza, S., & Burbano-Jaramillo, J. C. (2021). Evaluación energética de un deshidratador solar tipo túnel para frutas. *Revista UIS Ingenierías*, 20(2). <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021003>
- Melo, M. O. P., Cavalcanti-Mata, M. E. R. M., Duarte, M. E. M., Sousa, F. M. de, Leite Filho, M. T., Lúcio, A. da S., Almeida, M. D. A. de, Santos, R. M. S., André, A. M. M. C. N., Barros, S. L., & Martins, J. J. A. (2021). Modelagem matemática da cinética de liofilização do extrato ou “leite” de gergelim. *Research, Society and Development*, 10(2). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12752>
- Mendoza, J., Insuasti, R., Barrera, O., & Navarro, M. (2020). Diseño y Simulación de un Deshidratador Mixto Indirecto de Frutas/Design and simulation of an Indirect Mixed Fruit Dehydrator. *KnE Engineering*. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6227>
- Moreno, C., Hernández, A., Aranda, S., Suárez, J., Castro, J., & Landa, S. (2021). Efecto de soluciones antimicrobianas en poblaciones de salmonella y color de cladodios de nopal verdura. *Revista Fitotécnica Mexicana*, 44(0), 79–81. <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/850>
- Muckey, M., Huss, A. R., & Jones, C. (2022). Evaluation of Liquid and Dry Chemical Treatments To Reduce Salmonella Typhimurium Contamination on Animal Food Manufacturing Surfaces. *Journal of Food Protection*, 85(5). <https://doi.org/10.4315/JFP-21-240>
- Myrna, C., & Pérez, C. (2022). *Análisis Farmacognóstico Diferencial de las Hojas y Tallos de la especie Melissa officinalis (Toronjil) y elaboración de una Crema Tópica con Aloe vera (Sábila)* [Universidad María Auxiliadora]. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/1150>
- Natalia Rodriguez Eugenio;, Michael McLaughlin;, & Daniel Pennock; (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. In *Organizacion de las Naciones Unidas para la alimentacion y la agricultura FAO*. <https://policycommons.net/artifacts/2232069/la-contaminacion-del-suelo/2989534/>

- Ortiz Quezada, M. J., Romo Cristerna, K. A., Arellano Carrera, E. U., García Saldívar, V. M., García Gonzáles, J. M., & Carranza Concha, J. (2019). Deshidratación de manzana Granny Smith a partir de dos tecnologías de secado. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos Deshidratación*, 4.
- Pacheco Pérez, W. A., Colorado Arango, Z. D., Agudelo Cadavid, E. L., Verbel Mogollon, M. L., Ruiz Lopez, R., Palacio Piedrahita, J. C., & Velez Acosta, L. M. (2023). Efecto de dos sistemas de cocción sobre la transferencia de calor y la letalidad microbiana durante la cocción de jamones. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2834
- Padilla, K., Conde, C., Méndez, G., Pineda, Y., & Torrenegra, M. (2018). Evaluación de la influencia de la temperatura en procesos de secado. *Revistas Científicas de La Universidad de Pamplona / Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 16, 9. <https://core.ac.uk/download/pdf/328146671.pdf>
- Palomino, T. (2018). *Evaluación de la influencia de las proporciones de hoja de cedrón (Aloysia citriodora) toronjil (Melissa officinalis) y estevia (Stevia rebaudiana bertonii) para la aceptabilidad de un filtrante mix* [Repositorio digital institucional de la Universidad de Hancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1883>
- Peña, L., & Juliana, L. (2020). *Etnofarmacología de la flora nativa medicinal del complejo de Páramos de Guerrero* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/52478>
- Polo, C., & Sulca, L. (2019). METALES PESADOS: FUENTES Y SU TOXICIDAD SOBRE LA SALUD HUMANA. *Ciencias*, 2(1). <https://doi.org/10.33326/27066320.2018.1.842>
- Puma, R. (2019). *Extracción y caracterización de aceite esencial de paico (Chenopodium ambrosioides) mediante arrastre de vapor* [Universidad Nacional del Antiplano]. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/11304>
- Quintero, A., Sanabria, N., & Pérez, L. (2019). Caracterización de cubos de guayaba (Psidium guajava l.) osmodeshidratados para la industria de alimentos. *Revista Cien. Tecn. Agrollanía*, 17.
- Restrepo Betancur, L. F. (2022). Preferencia por los colores en universitarios de la ciudad de Medellín, Colombia. *Anuario Electrónico de Estudios En Comunicación Social*

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.10455>

- Rivera Agredo, Y. J., Guevara Guerrero, B., & Díaz Urbano, C. E. (2019). Evaluación fisicoquímica, nutricional y microbiológica en banano deshidratado por Liofilización, Ventana de Refractancia y Convección forzada. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1). <https://doi.org/10.23850/24220582.2032>
- Riveros, R. (2018). *Diseño y formulación de propagación de plantas medicinales y aromáticas* [Repositorio digital de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle Alma Máter del Magisterio Nacional]. <https://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/3820>
- Salvatierra, M. (2019). Manual conservación de alimentos. *Inacap*.
- Schroeder, J. R., & le Duc, A. (2019). Propagation of Selected Culinary and Ornamental Herbs. *HortScience*, 31(4). <https://doi.org/10.21273/hortsci.31.4.633e>
- Soledad Tapia, M. (2020). CONTRIBUCIÓN AL CONCEPTO DE ACTIVIDAD DEL AGUA (a_w) Y SU APLICACIÓN EN LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS EN LATINOAMÉRICA Y VENEZUELA. *Boletín de La Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, LXXX(2).
- Tapia, M. (2020). CONTRIBUCIÓN AL CONCEPTO DE ACTIVIDAD DEL AGUA (a_w) Y SU APLICACIÓN EN LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS EN LATINOAMÉRICA Y VENEZUELA. *Boletín de La Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, LXXX(2).
- Trujillo-Echeverría, L., Lara Fiallos, M. V., de la Vega Quintero, J. C., Espín Valladares, R., Guardado Yordi, E., Radice, M., & Pérez Martínez, A. (2020). Technical-economic analysis of the solvent-method optimization of *Origanum vulgare* essential oil extraction based on technical and quality criteria. *SN Applied Sciences*, 2(12). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03955-w>
- Ubaque Bernal, C. A., & Florez, I. F. (2018). Elaboración de bioempaques a partir de almidones nativos y aceites esenciales prolongando vida útil en fresas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(1). <https://doi.org/10.23850/24220582.1354>
- Urbina, J. F., Escobedo, M. J., & Zavaleta, B. L. (2018). Estudio experimental para el diseño y evaluación de un secador de bandejas móvil. *Big Bang Faustiniiano*, 0(0).

- VanPool, C. (2019). Ancient medicinal plants of South America. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Vol. 166, Issue 23).
<https://doi.org/10.1073/pnas.1906805116>
- Vélez, R., d'Armas R. PhD., H., Jaramillo-Jaramillo, C., & Vélez, E. (2018). Metabolitos secundarios, actividad antimicrobiana y letalidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Melissa officinalis* (toronjil). *FACSALUD-UNEMI*, 2(2).
<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol2iss2.2018pp31-39p>
- Vrbova, R., Podzimek, S., Himmlova, L., Roubickova, A., Janovska, M., Janatova, T., Bartos, M., & Vinsu, A. (2021). Titanium and Other Metal Hypersensitivity Diagnosed by MELISA® Test: Follow-Up Study. *BioMed Research International*, 2021.
<https://doi.org/10.1155/2021/5512091>

ANEXOS

Anexo 1

Proceso de estandarización de la materia prima.



Matriz de observación

Proceso de estandarización de la materia prima

El siguiente instrumento de investigación tiene como fin estandarizar la materia prima para el proceso de deshidratación.

Instrucciones:

Pasos previos a la estandarización de la materia prima.

1. Recolectar la materia prima usando herramientas agrícolas como es el caso del azadón o pala de manija para retirar el toronjil sin dañar la raíz y procurando no dañar la integridad de la planta.
2. Posteriormente lavar el toronjil mediante el uso agua potable.
3. Desechar selectivamente las partes vegetales que se encuentren en mal estado.
4. Revisar el estado del instrumento de medición que se usará para estandarizar la materia prima.

Procedimiento durante la estandarización del Toronjil.

1. Seleccionar de forma aleatoria mediante el método utilizado por Buitrago Zapata et al. (2018) para proceder con la estandarización pertinente.
2. Estandarizar la materia prima bajo el criterio de Buitrago Zapata et al. (Buitrago Zapata et al., 2018) siguiendo los procedimientos detallados a continuación:
 - Para cuantificar el ancho de la hoja se procede a cuantificar el ancho de esta usando el calibrador Pie de rey, dimensionando el sector ancho de la hoja con mayor dimensión.
 - Para dimensionar la longitud de la hoja se procede cuantificando el espacio longitudinal con mayor dimensión, usando para esto el calibrador Pie de rey.
 - El dimensionamiento del diámetro del peciolo se realiza mediante el uso del calibrador Pie de rey, colocando los picos en el cuerpo de este y tomando lectura.
 - La cuantificación de la longitud del peciolo debe ser realizada cuantificando el espacio longitudinal de este, mediante el empleo del calibrador Pie de rey.
 - La longitud del pedúnculo de la hoja debe ser efectuada cuantificando el espacio longitudinal de este usando para ello el calibrador Pie de rey.
 - La cuantificación del número de tallos por planta debe ser realizado mediante inspección visual y contrastando la información obtenida con la literatura.

- La estandarización de la forma que presenta el margen de la hoja debe realizarse mediante inspección visual y contrastando las características apreciadas con investigaciones como las de Mayssar (2014).
 - El color de la hoja se estandariza mediante el empleo del colorímetro CR-400 bajo el criterio de Konica Minolta (2018). Colocando el material vegetal debajo del objetivo del equipo, entonces se realiza el test para finalmente recolectar los datos obtenidos en la pantalla principal el cual se muestra mediante variables de L*a*b.
 - El aroma del toronjil debe ser evaluado mediante la apreciación del olfato y utilizando café entre muestras para neutralizar los sentidos bajo el criterio de investigaciones como las de Cárdenas-Mazón et al.(2018).
3. Finalmente, los datos obtenidos se deben tabular en la matriz de la Tabla 32 donde también se muestran las variables correspondientes a las características macro morfológicas de la materia prima.

Tabla 32

Características macro morfológicas de la materia prima

| Variables | Resultados (cm) | | |
|---------------------------------|-----------------|----|----|
| | M1 | M2 | M3 |
| Ancho de la hoja | - | - | - |
| Longitud de la hoja | - | - | - |
| Diámetro del peciolo de la hoja | - | - | - |
| Numero de tallos por planta | - | - | - |
| Longitud del peciolo | - | - | - |
| Longitud del pedúnculo | - | - | - |
| Forma de la hoja ^a | X | X | X |
| Margen de la hoja ^a | X | X | X |
| Color | L | - | - |
| | a | - | - |
| | b | - | - |
| Aroma | X ^e | X | X |

Fuente: Adaptado por el Investigador bajo el criterio de Buitrago Zapata et al. (2018).

^eLos espacios marcados (X) no serán llenados numéricamente debido a que las características de las hojas en este apartado serán consideradas de forma cualitativa.

Anexo 2

Procedimiento para análisis de materia prima y producto final bajo el criterio de la NTE

INEN 2392: (2017); Norma para Hierbas aromáticas. Requisitos.

A continuación, se describe el procedimiento que tuvo lugar para realizar los análisis de la materia prima y producto final bajo el criterio de la NTE INEN 2392: (2017).

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

1. Análisis de humedad del objeto de estudio

A continuación, se detalla la metodología que se usa para el análisis de Humedad

Con la finalidad de cumplir con este apartado se procede bajo los lineamientos de la NTE INEN-ISO 1839: (2014), de la siguiente manera:

Primero se selecciona aleatoriamente una muestra en una funda estéril usando para su efecto instrumentos estériles con el fin de evitar contaminación del objeto de estudio con el medio, es así como se debe transportar al laboratorio, después procede a pesar 5g de muestra en la balanza analítica, posteriormente la muestra se calienta en un horno mufla a 103°C± 2°C hasta alcanzar una masa constante, pesos que deben ser tomados de acuerdo con la ISO 1839 a través de la balanza analítica, entonces el porcentaje de humedad se determina a través de la ecuación 14.

Ecuación para operar el peso:

$$\%H = \frac{(m1-m2)}{(m1-m)} \times 100 \quad (14)$$

Finalmente, la Humedad se determina mediante la ecuación 15, para ser tabulada.

2. Análisis de cenizas insolubles en ácido clorhídrico sobre el toronjil

El análisis de cenizas insolubles en ácido clorhídrico se procede siguiendo las directrices de la norma INEN 2392: (2017) como se describe a continuación:

Las capsulas a usarse deben ser lavadas, con agua potable; secadas hasta alcanzar peso constante y pesadas en una balanza analítica, inmediatamente se procede a tomar el peso de la capsula junto con la muestra, así mismo el analito se coloca en el desecador y posteriormente en la mufla con la puerta abierta hasta que no desprenda humos, entonces la puerta se cierra hasta que las cenizas se tornen blancas. Una vez la muestra este calcinada se le coloca 25 ml

de HCL 5N, esta mezcla debe ser tapada con el vidrio reloj para ser expuesta a baño maría durante 5 minutos, después la muestra se deja enfriar para ser filtrada con el papel filtro la cual se lavará con agua caliente hasta que los líquidos del lavado no presenten reacción acida, luego se colocará el papel filtro con la capsula y se debe llevar nuevamente a la estufa por 3h, después en el desecador, del mismo modo en el incinerador, finalmente se pesa el crisol con las cenizas insolubles en ácido clorhídrico hasta alcanzar peso constante, finalmente se registra los datos obtenidos.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

A continuación, se detalla la metodología que se usa para el análisis de *Ecoli*, *salmonella*, *bacillus* y *clostridium* según los métodos de ensayo establecidos por la norma INEN 2392: (2017).

1. Análisis de *E. coli*

El análisis de *E. coli* se efectúa utilizando placas Petrifilm debido a que investigaciones como las de Marques & Trindade (2022) demuestran ser confiables. Es así como se procede de la siguiente manera:

El investigador debe usar una cofia, mascarilla y guantes quirúrgicos para evitar contaminación durante la toma de muestra usando materiales estériles, después se realiza una disolución 10^{-1} es decir 90ml de agua con 10g de muestra, luego usando la micropipeta colocará 1 ml de muestra en las placas Petri film, después dispersa la solución en el medio de cultivo Petri film de forma homogénea mediante movimientos cuidados, evitando manipulación directa, posteriormente se deja incubar a 37°C por 24 horas, entonces se procede con el recuento de Unidades Formadoras de Colonias (UFC), finalmente los resultados se calcularán usando la ecuación 4 y se tabularán en la tabla 13 o 18 respectivamente si es materia prima o producto final.

Ecuación para el recuento de Ecoli dil 10^{-1}

$$\text{Numero de colonias } 10^{-1} = \Sigma \text{ colonias E. coli} * 10 \quad (4)$$

2. Análisis de *Salmonella*

El análisis de salmonella se efectuó usando placas Petrifilm debido a que investigaciones como las de Muckey et al. (2022) demuestran ser confiables, por lo tanto, se procedió como se describe a continuación:

El investigador debe usar una cofia, mascarilla y guantes quirúrgicos para evitar contaminación durante la toma de muestra usando materiales estériles, después realizar una disolución 10^{-1} , luego usando la micro pipeta colocar 1ml de muestra en las placas Petri film, después se procede a dispersar la solución de forma homogénea en el medio de cultivo Petri film mediante movimientos cuidados evitando manipulación directa, posteriormente se dejar incubar a entre $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas procurando no exponer a la luz solar, una vez concluido ese tiempo se procederá con el recuento de UFC, finalmente los resultados serán calculados usando la ecuación 5 y se tabularán en la tabla 13 o 18 respectivamente si es materia prima o producto final.

Ecuación para el recuento de salmonella dil. 10^{-1}

$$\text{Numero de colonias } 10^{-1} = \Sigma \text{ colonias Salmonella} \times 10 \quad (5)$$

3. Análisis de *Bacillus cereus*

El análisis de *B. Cereus* bajo el criterio de Cortés et al (Cortés et al., 2018) acorde a la norma ISO 21871: (2006) de la siguiente manera:

El investigador debe usar una cofia, mascarilla y guantes quirúrgicos para evitar contaminación durante la toma de muestra usando materiales estériles, luego realiza una disolución 10^{-1} , posteriormente colocará 0.1ml de la dilución sobre el agar Manitol-Yema de huevo-Polimixina (MYP), donde será extendido con el asa, luego el cultivo será incubado a 30 grados Celsius $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24h, después se seleccionará las placas con crecimiento de 10 a 150 colonias, en el caso de que no haya se incubara 24h más, posteriormente se procede con el recuento UFC empleando la metodología de recuento en placa, además, se debe verificar mediante pruebas bioquímicas la presencia de *Bacillus cereus* mediante la prueba de la catalasa a través del cultivo en agar “Plate Count Agar” conocido comúnmente como PCA, después se debe tomar una muestra de una de las colonias aisladas del cultivo madre, entonces se procede a colocar en una lámina portaobjetos una gota de cultivo sobre una gota de peróxido de hidrogeno, luego la prueba se considerada positiva si existe liberación de espuma, finalmente la información tiene que ser operada a través de la ecuación 18 y posteriormente tabulada.

Ecuación para el recuento de Bacillus cereus dil. 10^{-1} .

$$\text{Numero de colonias } 10^{-1} = \Sigma \text{ colonias de Bacillus} \times 10 \quad (18)$$

4. Análisis de *Clostridium perfringens*

El análisis de *C. perfringens* se llevó a cabo bajo el criterio de los investigadores Harada & Nascimento (2021) como se detalla a continuación:

El investigador debe usar una cofia, mascarilla y guantes quirúrgicos para evitar contaminación durante la toma de muestra usando materiales estériles, luego se realiza una dilución 10^{-1} , posteriormente se colocará 1 ml de la dilución sobre la placa petri para luego agregar agar 15 ml de agar sulfito cicloserina, después este medio se agita suavemente manteniéndolo a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, al solidificarse el agar se añadirá 10 ml de agar sulfito cicloserina (Técnica de sándwich) para asegurar la anaerobiosis, las placas serán incubadas a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 20h en condiciones anaerobias, una vez concluido ese tiempo se procede con el recuento UFC, finalmente los resultados se calculan usando la ecuación 12.

Ecuación para el recuento de *C. Perfringens* dil. 10^{-1}

$$\text{Numero de colonias } 10^{-1} = \Sigma \text{ colonias de } C. \text{Perfringens} \times 10 \quad (6)$$

ANÁLISIS QUIMICOS

A continuación, se detalla la metodología para el análisis de plomo y cadmio según la metodología establecida por NTE INEN 2392: (2017).

AOAC 972.25; AOAC 973.74 (Método general del Codex, análisis de Plomo y cadmio)

El método requerido es espectrofotometría de absorción atómica para lo cual se requiere el siguiente procedimiento:

Toma de muestra (Método aleatorio), luego se debe introducir la muestra previamente tratada en el horno de espectrofotometría de absorción atómica y finalmente se realiza la toma de datos.

Anexo 3

Prueba de aceptabilidad hedónica e identificación de atributos sensoriales en el té de toronjil.



Universidad técnica del Norte

Facultad de ingeniería en ciencias Agropecuarias Y Aplicadas
Ingeniería Agroindustrial

La ficha que se indica a continuación será entregada al catador con las muestras pertinentes.

Prueba de aceptabilidad hedónica e identificación de atributos sensoriales en el té de toronjil

N° de catador: _____ **Fecha:** _____

Género: _____

Delante de usted se han colocado muestras codificadas té, las cuales deberá degustar en la disposición establecida por el regulador. Es importante que previo a cada evaluación de sabor utilice el agua proporcionada para limpiar su paladar, de la misma manera para evaluar el aroma huela el café del mismo modo.

Por favor pruebe la muestra e indique el nivel de aceptabilidad que tiene usted marcando la frase más adecuada en la escala que mejor describa su reacción (1) malo, 2 (regular) o 3 (Excelente) para cada uno de los tratamientos a continuación:

| Tratamiento | Aceptabilidad | |
|-------------|---------------|-------|
| | Sabor | Aroma |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Comentarios: _____

Anexo 4

Análisis de plomo y cadmio a la materia prima.

Los resultados reportados por el laboratorio certificado donde se realizó en análisis de plomo y cadmio se muestran a continuación:



Orden de trabajo N°222438
Informe N° 222438
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: HENRY GABRIEL PINANJOTA GUAYTARILLA
Dirección: Bolívar y Primero de Mayo, Tabacundo
Muestra: Toronjil fresco
Descripción: Hojas frescas
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 18 de diciembre del 2022
Lote: ---
Localización: Imbabura
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 20 de diciembre del 2022
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 20 - 30 de diciembre del 2022
Fecha de emisión del informe: 30 de diciembre del 2022
Condiciones ambientales: 23,3°C 41% HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

| PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-----------|--------|------------------------------------|-----------|
| Cadmio | mg/kg | Standard Methods 3111 B Modificado | < 0,05 |
| Plomo | mg/kg | Standard Methods 3111 B Modificado | 0,15 |

CECILIA MARIA
LUZURIAGA
GOMEZ
Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

PROFESIONISTA QUÍMICA
CECILIA MARIA LUZURIAGA
GOMEZ
NÚM. REG. 12.00.0000.00
02/04

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada, tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAI.



INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2561-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 099 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecialuzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

www.labolab.com.ec

Quito - Ecuador

Anexo 5

Análisis de *Clostridium Perfringens* en el producto terminado

Los resultados reportados por el laboratorio certificado donde se realizó en análisis de *Clostridium Perfringens* se muestran a continuación:



Orden de trabajo N° 224002
Informe N° 224002
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: HENRY GABRIEL PINANJOTA GUAYTARILLA
Dirección: Tabacundo
Muestra: Taronjil deshidratado
Descripción de la muestra: Hojas deshidratadas
Fecha Elaboración: 28 de octubre del 2022
Fecha Vencimiento: 28 de enero del 2023
Fecha de Toma: 28 de octubre del 2022
Lote: ---
Localización: ---
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 31 de octubre del 2022
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 31 de octubre - 01 de noviembre del 2022
Fecha de emisión del informe: 07 de noviembre del 2022
Condiciones ambientales: 25,9°C 38%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

| PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|--|--------|--------------------------|-----------------------|
| Recuento de <i>Clostridium perfringens</i> | ufc/g | PEEM/LA/18 INEN ISO 7937 | 6,0 x 10 ¹ |

Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Co. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagra Telf.: 2561-224 / 2561-358 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 9412 / 099 944 2153 / 099 700 1591
E-mail: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

www.labolab.com.ec

Quito - Ecuador

Anexo 6

Análisis de *Clostridium Perfringens* en el producto terminado

Los resultados reportados por el laboratorio certificado donde se realizó en análisis de plomo y cadmio en el producto final se muestran a continuación:



Orden de trabajo N°224741
Informe N° 224741
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

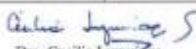
Nombre: HENRY GABRIEL PINANJOTA GUAYTARILLA
Dirección: Bolívar y Primero de Mayo, Tabacundo
Muestra: **Toronjil deshidratado**
Descripción: Hojas deshidratadas
Fecha Elaboración: 14 de julio del 2022
Fecha Vencimiento: 31 de julio del 2022
Fecha de Toma: ---
Lote: 2799
Localización: ---
Envase: Funda ziploc
Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 14 de julio del 2022
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 15 - 21 julio del 2022
Fecha de emisión del informe: 22 de julio del 2022
Condiciones ambientales: 20,5°C 57% HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

| PARÁMETRO | UNIDAD | METODO | RESULTADO |
|-----------|--------|-------------------------------|-----------|
| Cadmio | mg/kg | Standard Methods 3111 B Modif | < 0,01 |
| Plomo | mg/kg | Standard Methods 3111 B Modif | < 0,02 |


Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada, tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, bioactivos, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros.
Cto. Anzures Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2581-225 / 2581-350 / 3228-503/ 3228-584 Cel.: 099 939 0412 / 099 944 2153 / 099 700 1591
E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioscliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

www.labolab.com.ec

Quito - Ecuador

Anexo 7

Análisis de pureza del aceite esencial proveniente del mejor tratamiento.



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-19-12-22-6642
ORDEN DE TRABAJO No. 22-6599

| INFORMACIÓN DEL CLIENTE | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|--|
| SOLICITADO POR: PINANJOTA GUAYTARILLA HENRY GABRIEL | | DIRECCIÓN: TABACUNDO | |
| TELÉFONO/FAX: 0997564078 | TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO | PROCEDENCIA: PLANTA | |
| IDENTIFICACIÓN: ACEITE ESENCIAL DE TORONJIL | | CODIGO INICIAL: M1 - FE-5-12-2022 | |

Información suministrada por el cliente

| INFORMACIÓN DEL LABORATORIO | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|
| MUESTREO POR: SOLICITANTE | FECHA DE MUESTREO: -- | INGRESO AL LABORATORIO: 12/12/2022 | |
| FECHA DE ANÁLISIS: 12-19/12/2022 | FECHA DE ENTREGA: 19/12/2022 | NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1) | |
| CÓDIGO DE MUESTRA: 22-18780 | REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO | | |

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDADES | RESULTADOS | INCERTIDUMBRE U (k=2) | MÉTODO DE ENSAYO |
|------|------------|----------|------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1 | HUMEDAD | % | 94,7 | - | PEE.LASA.FQ.10. Gravimetría |




(X) Q.A. Vanessa Rentería
JEFE DE DEPARTAMENTO

Elaborado por: Lilian Álvarez
 Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
 LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.
 Los criterios de conformidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.
 El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolas.com)

Pág. 1 de 1


Matriz Quito: Juan Ignacio Pareja Del-97 y Simón Cárdenas
 Telf.: 883 2290816 Guayaquil - Cuenca - Loja - Manta
www.laboratoriolas.com

Monitoreo Ambiental Telf.: 099 831 8837
 Control de Calidad Telf.: 099 597 1 551
 Notificación Sanitaria Telf.: 099 923 5287

 @LaboratorioLASA  @laboratoriolas
 Laboratorio Laso

Anexo 8

Muestra de la ficha de aceptabilidad calificada por los catadores



Universidad técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en ciencias Agropecuarias Y Aplicadas
Ingeniería Agroindustrial

Prueba de aceptabilidad hedónica e identificación de atributos sensoriales en el té herbal de toronjil

N° de catador: Fra. Consuelo Pastor Vargas Fecha: 30-09-2022
Genero: Femenino

Delante de usted se han colocado muestras codificadas de té, las cuales deberá degustar en la disposición establecida por el regulador. Es importante que previo a cada evaluación utilice el agua proporcionada para limpiar su paladar antes de continuar con otra muestra:

Por favor pruebe la muestra e indique el nivel de aceptabilidad que tiene usted marcando la frase más adecuada en la escala que mejor describa su reacción (1) malo, 2 (regular) o 3 (Excelente) para cada uno de los tratamientos a continuación:

| Tratamiento | Aceptabilidad | |
|-------------|---------------|-------|
| | Sabor | Aroma |
| 16 | 3 | 3 |
| 15 | 3 | 3 |
| 12 | 3 | 3 |
| 11 | 3 | 3 |

Comentarios: Bata buena me gusta mucho

Gracias por su participación

Anexo 9

Cartas psicrométricas empleadas en el análisis

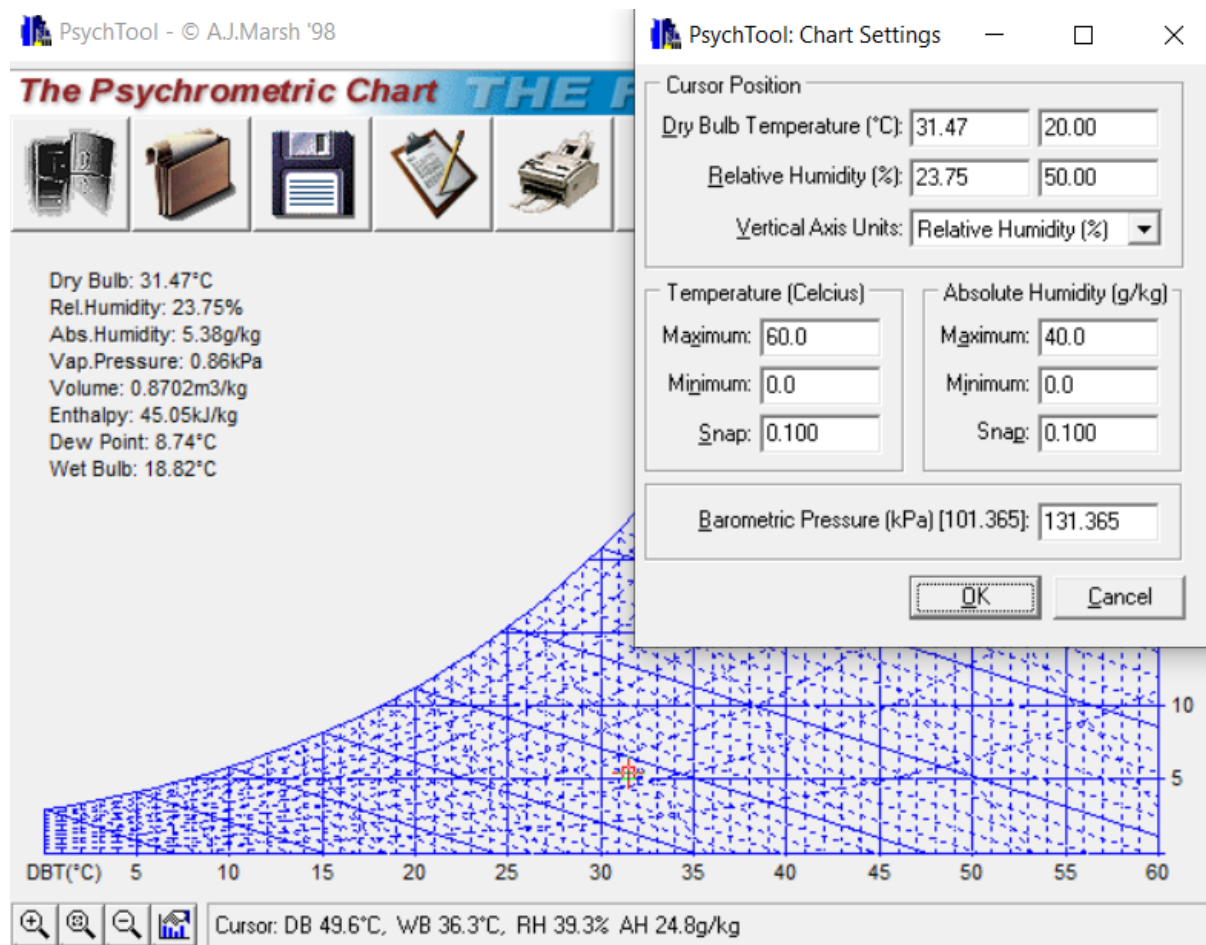
Los parámetros bajo los cuales se realizó este estudio se detallan

en las cartas psicrométricas detalladas a continuación en la Figura 32 y 33.

A continuación, en la figura 28 se muestra la carta psicrométrica de la ciudad de Ibarra

Figura 32

Carta psicrométrica de la ciudad de Ibarra 8 de septiembre 2022.

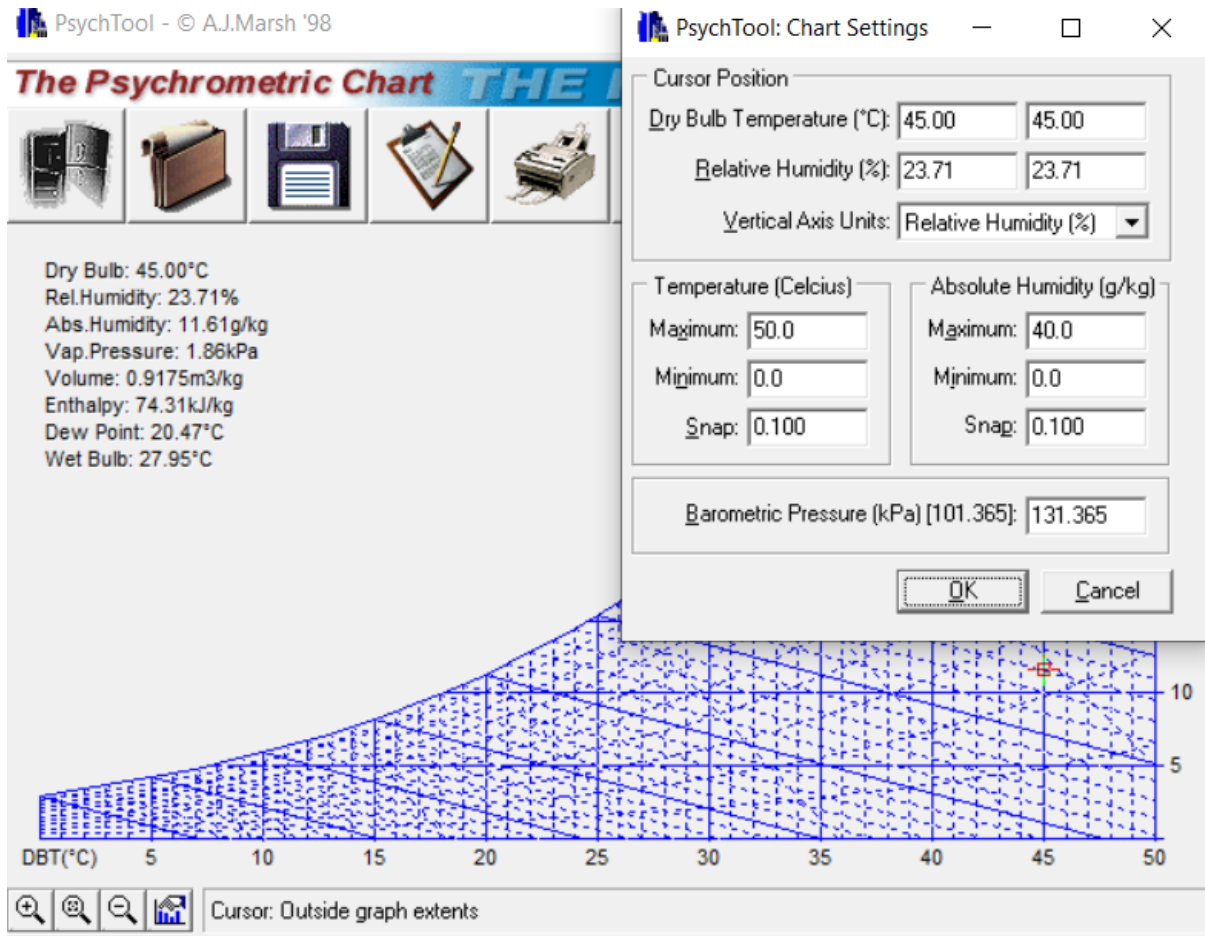


Fuente: Obtenida bajo las directrices de PsychTool A.J March 98

Por otra parte, los parámetros bajo los cuales se realizó este estudio se muestran en la psicrométricas del proceso detallada en la Figura 29.

Figura 33

Carta psicrométrica del proceso del aire durante el proceso.



Fuente: Obtenida bajo las directrices de PsychTool A.J March 98

Anexo 10

Caracterización de la materia prima

A continuación, en la Figura 34 se puede observar la caracterización visual de la materia prima.

Figura 34

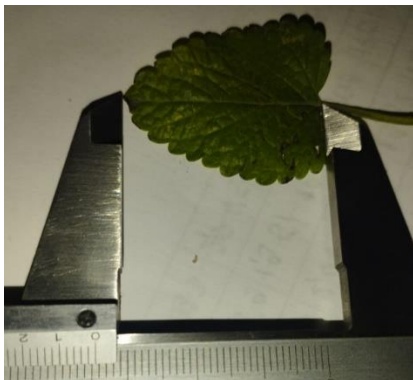
Caracterización visual de la materia prima.



A continuación, en la Figura 35 se puede observar la caracterización de las hojas de la materia prima.

Figura 35

Caracterización de las hojas de la materia prima.



A continuación, en la Figura 36 se puede observar la caracterización del peciolo de la materia prima.

Figura 36

Caracterización del peciolo de la materia prima.



Anexo 11

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima

A continuación, en la Figura 37 se puede observar el análisis de humedad a la materia prima.

Figura 37

Análisis de humedad del toronjil fresco.



A continuación, en la Figura 38 se puede observar el peso obtenido en el análisis de ClHCl a la materia prima.

Figura 38

Peso obtenido en el análisis de ClHCl a la materia prima.



A continuación, en la Figura 39 se puede observar a_w del toronjil en su estado fresco

Figura 39

Análisis de a_w del toronjil en su estado fresco.



A continuación, en la Figura 40 se puede observar conteo de las UFC de las placas Petrifilm™

Figura 40

Análisis de a_w del toronjil en su estado fresco.



A continuación, en la Figura 41 se muestra el conteo de las UFC de las placas Petrifilm™ de Salmonella

Figura 41

Conteo de UFC en placas Petrifilm™ de Salmonella.



A continuación, en la Figura. 42 se muestra el conteo de las UFC de las placas Petrifilm™ de E. coli.

Figura 42

Conteo de UFC en placas Petrifilm™ de E. coli.



Anexo 12

Proceso de deshidratación de la materia prima

A continuación, en la Figura 43 se muestra la preparación de PCA.

Figura 43

Toma de datos psicrométricos durante el proceso.



A continuación, en la Figura 44 se muestra el inicio del proceso de secado

Figura 44

Deshidratación del toronjil.



Anexo 13

Resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el producto final

A continuación, en la Figura 45 se muestra el análisis de humedad mediante el empleo de la termobalanza al producto terminado.

Figura 45

Análisis de humedad mediante el empleo de la termobalanza al producto terminado.



A continuación, en la Figura 46 se muestra el resultado del análisis de humedad mediante el empleo de la termobalanza al producto terminado

Figura 46

Resultado del Análisis de humedad mediante el empleo de la termobalanza al producto.



Anexo 14

Análisis de Cenizas insolubles en HCL

A continuación, en la Figura 47 se muestra el peso al final del análisis de ClHCl del producto.

Figura 47

Resultado del ClHCl del producto.



A continuación, en la Figura 48 se muestra el resultado del análisis de a_w del producto.

Figura 48

Resultado del a_w del producto.



Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

A continuación, en la Figura 49 se muestra el resultado del análisis de a_w del producto.

Figura 49



A continuación, en la Figura 50 se muestra el conteo de las UFC de las placas Petrifilm™.

Figura 50

Resultado del análisis de Salmonella al producto final.



A continuación, en la Figura 51 se muestra el conteo de las UFC de E. coli de las placas Petrifilm™ del análisis al producto.

Figura 51

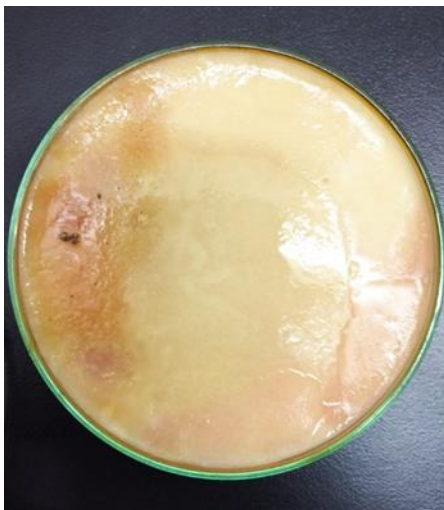
Resultado del análisis de E. coli al producto final.



A continuación, en la Figura 52 se muestra el conteo de las UFC de las placas Petrifilm™.

Figura 52

Conteo de UFC de Bacillus cereus.



Anexo 15

Preparación de los agares

A continuación, en la Figura 53 se muestra la preparación de PCA.

Figura 53

Preparación de agar PCA.



Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

A continuación, en la Figura 54 se muestra la preparación de agua de peptona.

Figura 54

Preparación de agua de peptona.



Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

Anexo 16

Análisis de aceptabilidad por parte de los catadores

A continuación, en la Figura 55 se muestra al catador antes del análisis de aceptabilidad.

Figura 55

Análisis de aceptabilidad por parte de los catadores.



Fuente: Adaptado por el Investigador (2023)

Anexo 17

Análisis ADEVA de los tratamientos

A continuación, en la Tabla 33 se detallan los resultados obtenidos del análisis ADEVA realizado al factor Humedad.

Tabla 33

Análisis de varianza para la humedad del toronjil deshidratado.

| FV | Gl | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F | Valor P |
|-----------|-----------|--------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Factor A | 1 | 1.62 | 1.62 | 155.21 | 1.61e-06 *** |
| Factor B | 1 | 1.06 | 1.06 | 101.72 | 7.97e-06 *** |
| A x B | 1 | 0.29 | 0.29 | 27.91 | 7.44e-04 *** |
| Residuos | 8 | 0.08 | 0.01 | | |

A continuación, en la Tabla 34 se detallan los resultados obtenidos del análisis ADEVA realizado al factor CiHCl

Tabla 34

Análisis de varianza para el contenido de CiHCl.

| FV | Gl | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F | Valor P |
|-----------|-----------|--------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Factor A | 1 | 0.02430 | 0.0243 | 55.01 | 7.49e-05 *** |
| Factor B | 1 | 0.00003 | 0.0003 | 0.07 | 0.79 |
| A x B | 1 | 0.058 | 0.058 | 133.13 | 2.89e-06 *** |
| Residuos | 8 | 0.0035 | 0.0004 | | |

A continuación, en la Tabla 35 se detallan los resultados obtenidos del análisis ADEVA realizado a la actividad de agua de los distintos tratamientos.

Tabla 35*Análisis de varianza para el contenido de actividad de agua.*

| FV | Gl | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F | Valor P |
|-----------|-----------|--------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Factor A | 1 | 3e-5 | 3e-5 | 0.01 | 0.91 |
| Factor B | 1 | 1.33e-2 | 1.33e-2 | 4.79 | 0.06 |
| A x B | 1 | 5.30e-4 | 5.30-4 | 0.19 | 0.67 |
| Residuos | 8 | 0.23e-2 | 2.78e-3 | | |

A continuación, en la Tabla 36 se detallan los resultados obtenidos del análisis ADEVA realizado al contenido de aceite esencial del producto final

Tabla 36*Análisis de varianza para el contenido de aceite esencial del producto final.*

| | Gl | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F | Valor P |
|----------|-----------|--------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| Factor A | 1 | 0.02 | 0.02 | 121.10 | 4.14e-6*** |
| Factor B | 1 | 0.01 | 0.01 | 105.30 | 7.00e-6*** |
| A x B | 1 | 0.02 | 0.02 | 154.80 | 1.63e-6*** |
| Residuos | 8 | 1e-3 | 1e-3 | | |

Fuente: adaptado por el investigador (2023)

Anexo 18

Análisis Tukey de los tratamientos

A continuación, en la Tabla 47 se detallan los resultados obtenidos del análisis Tukey realizado al factor Humedad del estudio.

Tabla 37

Tukey (Humedad).

| Tratamientos | Media (%) | Grupo |
|--------------|-----------|-------|
| A1B1 | 11.87 | a |
| A1B0 | 10.96 | b |
| A0B1 | 10.82 | b |
| A0B0 | 10.54 | c |

A continuación, en la Tabla 38 se detallan los resultados obtenidos del análisis Tukey realizado al contenido de CiHCl del estudio.

Tabla 38

Tukey (CiHCl).

| Tratamientos | Media | Grupo |
|--------------|-------|-------|
| A1:B0 | 0.49 | a |
| A0:B1 | 0.41 | b |
| A1: B1 | 0.36 | b |
| A0:B0 | 0.27 | c |

A continuación, en la Tabla 39 se detallan los resultados obtenidos del análisis Tukey realizado al rendimiento del aceite esencial de los tratamientos.

Tabla 39

Análisis Tukey (Rendimiento de AE).

| Tratamientos | Media | Grupo |
|---------------------|--------------|--------------|
| A1B1 | 1.29 | a |
| A1B0 | 1.15 | b |
| A0B0 | 1.14 | b |
| A0B1 | 1.13 | b |