

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“Efecto de secado con radiación infrarrojo, en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)”

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTORES:

Bach.: TITTO IQUISE, Gerardino

Bach.: MAMANI CAÑASACA, Jhonatan

ASESOR:

Dr.: COLQUEHUANCA VILCA, Julian

Puerto Maldonado, marzo de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“Efecto de secado con radiación infrarrojo, en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de las hojas de albahaca (*ocimum basilicum L.*)”

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTORES:

Bach.: TITTO IQUISE, Gerardino

Bach.: MAMANI CAÑASACA, Jhonatan

ASESOR:

Dr.: COLQUEHUANCA VILCA, Julian

Puerto Maldonado, marzo de 2025

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, y mostrarme día a día con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.

A mis padres Jorge Mamani Cañasaca y Catalina Quispe de Mamani que descanse en paz, por ser el cimiento fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, siendo ellos quienes sentaron en mis las bases de responsabilidad, respeto, amor y deseos de superación.

Mamani Cañasaca, Jhonatan

A mis padres: Ruperto Titto Ojeda y Gregoria Iquise Tito, que con su sacrificio y esfuerzo velaron por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento.

A mis hermanos: Claudia, Octavio, Dora, Edwin y Vilma, por su apoyo incondicional y moral.

A mi pareja Lidia Yasmina Espinoza Moreno, por quererme siempre, por su comprensión y por su amistad inquebrantable.

Titto Iquise, Gerardino

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por las bendiciones concedidas en salud y sabiduría a lo largo de nuestras vidas.

A la Universidad Nacional Amazónica De Madre De Dios, Facultad de Ingeniería por facilitar el logro de nuestra la formación profesional.

A los Docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial por los conocimientos compartidos en el trayecto de la formación profesional.

A Dr. Julian Colquehuanca Vilca, por el asesoramiento permanente, por las valiosas sugerencias y por la amistad compartido para lograr el presente trabajo.

TURNITIN_GERARDINO TTITO Y JHONATAN MAMANI

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.unamba.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

www.tesis.uchile.cl

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación se focaliza en secado de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) asistido con infrarrojo lejano (IRL). Se pone a disposición de la comunidad universitaria, docentes, estudiantes y a todo el grupo humano que dedica el tiempo a generar conocimientos en ciencia, tecnología e ingeniería agroindustrial.

En el contenido del trabajo se aborda, el enfoque del problema de investigación y los objetivos; se presenta, el estado de arte actualizado en secado de alimentos con uso de IRL. Se focaliza debidamente los fundamentos teóricos y marco conceptual, así mismo, se expone, la metodología y los resultados obtenidos en el trayecto de la investigación.

La investigación se motivó por razones de la existencia en medios naturales de una variedad de albahaca aun no explotada en la región de Madre de Dios, sin embargo, en otras regiones como: Arequipa, Cajamarca, Apurímac, Ica y Lima se cultiva de manera permanente para la exportación.

RESUMEN

La investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de secado por calentamiento con radiación infrarrojo, en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Las hojas de albahaca se secaron en las bandejas de un secador marca IRCONFOR modelo IRCDi3 por calentamiento mediante emisor de radiación de infrarrojo lejano con una potencia nominal de 221 W. las hojas de albahaca se expusieron a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C. Los datos de secado determinados por sensores de masa se almacenaron en la base de datos del software FIRDRYER administrados por una computadora mediante un microcontrolador Arduino utilizando un transmisor ADC de 24 bits HX711 con convertidor de señal analógica en señal digital. Los resultados se ajustaron a modelos de: Henderson y Pabis, Lewis, Exponencial y Page. Los compuestos fenólicos se determinaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y método de ensayo espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, así mismo, se determinó capacidad antioxidante utilizando DPPH. En conclusión, cuando se incrementa la temperatura se acelera la reducción de humedad y se reduce el tiempo de secado de las hojas de albahaca por calentamiento con infrarrojo lejano.

Palabras claves: Albahaca, Infrarrojo lejano, modelamiento matemático, secado, ácido rosmarínico

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of drying by heating with infrared radiation on the phenolic compounds and antioxidant capacity of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.). Basil leaves were dried on the trays of an IRCONFOR model IRCDi3 dryer by heating with a far infrared radiation emitter with a nominal power of 221 W. The basil leaves were exposed to temperatures of 40°C, 50°C and 60°C. The drying data determined by mass sensors were stored in the FIRDRYER software database managed by a computer through an Arduino microcontroller using a HX711 24-bit ADC transmitter with analog to digital signal converter. The results were fitted to models of: Henderson and Pabis, Lewis, Exponential and Page. Phenolic compounds were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) and Folin-Ciocalteu spectrophotometric assay method, and antioxidant capacity was determined using DPPH. In conclusion, when the temperature is increased, moisture reduction is accelerated and the drying time of basil leaves by far infrared heating is reduced.

Keywords: Basil, far infrared, mathematical modeling, drying, rosmarinic acid.

INTRODUCCION

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una de las hierbas más populares de la dieta mediterránea, especialmente en las cocinas italiana y griega (Kaefer & Milner, 2008). Se ha demostrado que la albahaca tiene algunas actividades beneficiosas para la salud (por ejemplo, propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, antidiabéticas y antiproliferativas) debido a sus compuestos fenólicos y aromáticos (Makri y Kintzios, 2008, Taie et al., 2010) (Złotek, Szychowski y Świeca, 2017).

Entre las más de 12 variedades de hierbas culinarias de albahaca, la albahaca dulce es una de las más populares en la cocina. La albahaca dulce seca suele utilizarse para la comida italiana. El aroma encontrado en las hojas y el tallo de la albahaca procedía principalmente de tres componentes predominantes, el linalool, el estragol y el eugenol. La albahaca suele añadirse a los alimentos en último lugar, ya que el sabor puede destruirse o blanquearse si se cocina durante demasiado tiempo. La albahaca seca es buena para la carne asada, el pescado y el pollo (Preedy, 2016)

En actualidad las hojas de albahaca, son aprovechadas de distintas formas. Pero en la mayoría de los casos son sometidas al proceso de secado con la finalidad de alargar la vida útil, en ese sentido se plantea siguientes objetivos:

Como objetivo general, Evaluar el efecto de secado por calentamiento con radiación infrarrojo lejano, en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTOS	
PRESENTACIÓN	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION.....	
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivo específico	3
1.4. Variables de estudio	3
1.5. Operacionalización de variables.	3
1.6. Hipótesis.....	4
1.6.1. Hipótesis general.....	4
1.6.2. Hipótesis específico	4
1.7. Justificación	4
1.8. Éticas	5
CAPITULO II. MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.1. Marco teórico	9
2.1.1. Albahaca	9

2.1.2.	Descripción Botánica de Albahaca	9
2.1.3.	Taxonomía	10
2.1.4.	Propiedades funcionales de albahaca.....	11
2.1.5.	Consumo de albahaca	11
2.1.6.	Secado de alimentos	12
2.1.7.	Secado por Infrarrojo	14
2.1.8.	Valor Nutricional	15
2.1.9.	Compuestos Fenólicos.....	16
2.1.10.	Estructura.....	16
2.1.11.	Clasificación	16
2.1.12.	Antioxidantes	17
2.1.13.	Radicales Libres	17
2.1.14.	Estrés Oxidativo	18
2.1.15.	Capacidad Antioxidantes.....	18
2.1.16.	Método DPPH.....	19
2.1.17.	Método ABTS	19
2.2.	Definición de Términos.....	19
CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION.....		22
3.1.	Tipo de estudio.....	22
3.2.	Diseño de estudio.....	22
3.3.	Población y muestra	22
3.3.1.	Población	22
3.3.2.	Muestra.....	23
3.4.	Métodos.....	23
3.4.1.	Proceso de secado.....	23
3.4.2.	Adquisición de datos de secado.....	23
3.4.3.	Determinación de la relación de contenido de humedad	24

3.4.4.	Procedimiento experimental	25
3.4.5.	Materiales, reactivos y equipos	27
3.5.	Técnicas de análisis físico químico	28
3.5.2.	Determinación de compuestos fenólicos con HPLC	28
3.5.3.	Compuestos fenólicos totales método Folin-Ciocalteu	28
3.5.4.	Determinación de capacidad antioxidante (Método DPPH).....	29
3.6.	Tratamiento de datos	29
3.7.	Modelamiento de datos de secado.....	29
CAPITULO IV: RESULTADO		31
4.1.	Resultados de secado	31
4.3.	Resultados capacidad antioxidante con DPPH	37
4.4.	Resultados de compuestos fenólicos totales	39
CONCLUSION		42
SUGERENCIAS		43
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		44
ANEXOS		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	3
Tabla 2: Taxonomía de albahaca.....	10
Tabla 3: Valor Nutricional de albahaca	15
Tabla 4: Parámetros y estadísticos de modelamiento de secado.....	34
Tabla 5: Capacidad antioxidante hojas de albahaca seca.....	38
Tabla 6: Compuestos fenólicos totales (CFT)	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de compuestos fenólicos,(Vasantha Rupasinghe, Nair y Robinson, 2014)	17
Figura 2. Desarrollo experimental de la investigación	26
Figura 3. Velocidad de secado con ajuste a modelo de Henderson y Pabis	31
Figura 4. Velocidad de secado con ajuste a modelo de Page	32
Figura 5. Velocidad de secado con ajuste a modelo de Lewis	33
Figura 6. Cromatograma de polifenoles en hojas secado a 40°C.....	35
Figura 7. Cromatograma de polifenoles en hojas secado a 50°C.....	36
Figura 8. Cromatograma de polifenoles en hojas secado a 60°C.....	36
Figura 9. Prueba de comparación de medias de Tukey	40

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Descripción del problema

Albahaca (*Ocimum basilicum* L) se usa ampliamente como especia aromatizante en la comida, en las tradiciones culinarias de muchas culturas (Bajomo et al., 2022), así mismo, tradicionalmente como hierba medicinal para el tratamiento de dolores de cabeza, tos, diarrea, estreñimiento, verrugas, gusanos disfunciones renales (Gurkan y Hayaloglu, 2023), además, es una hierba culinaria aromática que ha demostrado un gran potencial en el mundo terapéutico. Tiene muchas actividades farmacológicas prometedoras que la convierten en centro de investigación para muchos investigadores. (Qamar et al., 2023).

Por otro lado la albahaca se clasifican en diferentes quimiotipos en función de sus perfiles de ácidos fenólicos y se caracteriza por su alto contenido fenólico (Bajomo et al., 2022), Sin embargo, el aceite esencial de *O. basilicum* L. se caracteriza por poseer varios terpenoides y fenilpropanoides como linalool, alcanfor, metil chavicol, metil eugenol, trans-metil cinamato y eugenol (Srivastava et al., 2022), así mismo, los aceites esenciales de albahaca poseen actividad antifúngica y antiocrotogénica de *Aspergillus niger* (Magalhães Brandão et al., 2023).

Sin embargo, las hierbas son alimentos altamente perecederos debido a elevado contenido de humedad y son sensibles a las variaciones de los factores medio ambientales, por consiguiente, para mejor aprovechamiento se introducen nuevas tecnologías de secado solar activo, pero el efecto de la irradiación solar es variable, depende de las estaciones de clima (Amini, Salehi y Rasouli, 2022), por otra parte, las tecnologías modernas de campo físico incluyen principalmente microondas, radiofrecuencia, radiación infrarroja, ultrasonido, campo eléctrico pulsado y otros (Lao et al., 2019).

A pesar de la existencia de tecnologías modernas de secado de alimentos, aun es escaso el estudio disponible en la literatura sobre el efecto de la técnica de secado con radiación infrarrojo (IR) y la cinética de secado de las hojas de albahaca, por tanto, la técnica adecuada de secado debe mantener la calidad del producto, con menor consumo de energía y corto tiempo de proceso, por consiguiente, una de las mejores formas de reducir el tiempo de secado es proporcionar calor mediante IR, que podría utilizarse como sustituto de los métodos de secado actuales para producir hojas de albahaca seca (Amini, Salehi y Rasouli, 2022).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el secado por calentamiento con radiación infrarrojo lejano en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo influye el secado por calentamiento con radiación de infrarrojo lejano a diferentes temperaturas (40 °C, 50 °C y 60 °C) en los compuestos fenólicos totales de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)?

¿Cómo influye el secado por calentamiento con radiación de infrarrojo lejano a diferentes temperaturas (40 °C, 50 °C y 60 °C) en la capacidad antioxidante de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)?.

¿Cómo influye la temperatura de secado (40 °C, 50 °C y 60 °C) mediante radiación de infrarrojo lejano en la velocidad de secado de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de secado por calentamiento con radiación infrarrojo lejano, en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)

1.3.2. Objetivo específico

Determinar los compuestos fenólicos en las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L*), secadas por calentamiento con radiación infrarrojo lejano a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C.

Determinar la capacidad antioxidante en las hojas albahaca (*Ocimum basilicum L*), secadas por calentamiento con radiación infrarrojo lejano a temperaturas de 40°C, 50°C Y 60°C.

Evaluar la velocidad de secado a temperaturas de 40°C, 50°C Y 60°C de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L*) por calentamiento por irradiación con infrarrojo lejano.

1.4. Variables de estudio

1.4.1. Variable Independiente: Temperatura (40°C, 50°C y 60°C)

1.4.2. Variable Dependiente: compuesto fenólicos, capacidad antioxidantes y velocidad de secado

1.5. Operacionalización de variables.

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES
Independiente Temperatura de secado	Calentamiento por Irradiación con infrarrojo lejano	40°C, 221 W 50°C, 221 W 60°C, 221 W
Dependiente compuestos bioactivos	Compuesto fenólicos Capacidad antioxidante	Método HPLC Método de: Folin Ciocalteu (mg EAG/g). Método de: DPPH ($\mu\text{mol TE/g}$)
Pérdida de masa	Tasa de reducción de humedad	Modelamiento matemático Henderson y Pabis, Page y Lewis

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El secado por calentamiento con radiación infrarrojo lejano influye significativamente en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)

1.6.2. Hipótesis específico

Los compuestos fenólicos totales de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) disminuye significativamente con el aumento de la temperatura de secado por radiación de infrarrojo lejano debido a la degradación térmica de los compuestos bioactivos

La capacidad antioxidante de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) disminuye significativamente con el aumento de la temperatura de secado por radiación de infrarrojo lejano debido a la degradación térmica de los compuestos bioactivos.

La velocidad de secado de las hojas de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) aumenta significativamente con el incremento de la temperatura de secado por radiación de infrarrojo lejano debido a una mayor transferencia de energía térmica que acelera la eliminación de humedad

1.7. Justificación

En Perú, cada año se desperdician más de 12 millones de toneladas de alimentos. Esta cantidad representa el 47.76% del suministro nacional de alimentos. Perú es probablemente entre los países con el nivel más alto de desperdicio de alimentos siendo 5.6 millones de frutas y vegetales. Esto motiva el desarrollo de nuevas tecnologías como el secado infrarrojo (IR) para la conservación de alimentos (Bedoya-Perales y Dal' Magro, 2021).

La albahaca es importante por su efecto farmacológico y eficacia antimicrobiana (Verma et al., 2022, Qamar et al., 2023), se utiliza comúnmente como aditivos en diferentes sistemas alimentarios para realzar su sabor, añadir interés culinario y, en ocasiones, prolongar la vida útil, sin embargo, la albahaca (*Ocimum basilicum L.*) forma parte de recursos

naturales y la diversidad biológica de Madre de Dios (Tarazona y Miyasiro-López, 2020), por tanto, es un desafío, conocer su clasificación quimiotipo, los perfiles de ácidos fenólicos, contenido de fenólicos (Bajomo et al., 2022), además, por las propiedades que resalta la literatura científica se convierte en reto establecer la técnica de secado mediante la aplicación de IR (Amini, Salehi y Rasouli, 2022)

Los procesos de secado convencionales son costosos y tienen una gran necesidad de energía. Dependiendo del material, no es raro que los tiempos de secado sean de varias horas (Vogt, 2007). Los métodos de secado por infrarrojos (IR) y asistidos por IR, como el aire caliente por IR, el vacío por IR, las microondas por IR y el secador por IR asistido por vibración, tienen un gran auge para el secado de materiales alimentarios, debido a su rápida eficiencia en deshidratación y a su menor tiempo de procesamiento muestra ventajas como menos consumo de energía, mejor control de temperatura, el producto final es de calidad superior, deja menos huella ecológica y puede combinarse fácilmente con otros métodos de tecnologías de calentamiento (Delfiya et al., 2022)

El secado infrarrojo (IR) es más rápida en la transferencia de calor que los procesos de transferencia de calor por convección y conducción porque transfiere la energía directamente al producto sin otro medio de transferencia de acuerdo con las leyes de la óptica. La energía aplicada causa calentamiento interno y oscilación molecular y, por lo tanto, calienta el material

1.8. Éticas

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) utilizado en la presente investigación es un recurso natural, las muestras se obtuvieron de manera responsable sin perturbar el ecosistema local ni la biodiversidad, la investigación tuvo un diseño correctamente estructura lo que garantiza la generación de datos consistentes.

La radiación de infrarrojo lejano brinda la seguridad de secado de las hojas de albahaca, además es compatible con el medio ambiente y el reporte de los resultados son precisos, así mismo, pueden contribuir con las mejoras de

técnicas de secado para mantener los compuestos bioactivos de las hojas de albahaca. Finalmente, la investigación está ligada a la comunidad agrícola, los hallazgos son divulgables lo que garantiza la veracidad de la investigación.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

Alibas et al., (2021), estudiaron, secado natural a temperatura de 25 ± 1 °C; por microondas con potencias de salida de 100, 300, 500, 700 y 900 W y por convección a temperatura de 50 °C de las hojas de albahaca, desde un contenido de humedad inicial del $90,90 \pm 0,1$ % hasta uno final del $8,21 \pm 0,12$. Como resultado obtuvieron tiempo de secado entre 16,5 y 1620 min por diferentes métodos de secado. Con conclusión los mejores resultados de conservación de bioactivos como proteína, macronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn y B), micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn y B), vitaminas hidrosolubles (ácido ascórbico, vitamina B₃ y vitamina B₆), vitaminas liposolubles (betacaroteno, vitamina E y vitamina K), parámetros de color (L, a, b, C y α) resulto el secado por microondas a 700 W

Caballero Sopan, (2021), Estudió efecto de secado convectivo forzado a temperaturas de 50, 60 y 70°C y velocidad de aire 0,6; 0,7 y 0,8 m/s sobre el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Resultado, estimaron pérdidas de polifenoles de hasta el 51,3 % durante el secado, mientras que en la capacidad antioxidante se tuvieron pérdidas de hasta el 45,1% y 51,0 % determinados por método DPPH y ABTS respectivamente. Optimizando las variables, obtuvieron condiciones óptimas de secado a 60 °C y 0,8 m/s, esta configuración maximizó los valores de compuestos fenólicos en promedio 16,0057 mg EAG/g y actividad antioxidante con promedio de 55,0597 y 237,4527 $\mu\text{mol TE/g}$ para los métodos DPPH y ABTS respectivamente.

Matrinez Santin, (2020), Estudio secado con energías alternativas, luz infrarroja y halógena en orégano (*Origanum vulgare l*) y menta (*Mentha piperita l*). Las especias se expusieron a temperaturas de 30°C a 40°C, el

gradiente de temperatura proveniente de las fuentes de energía, controlaron con el programa SolidWorks. Las especias se secaron desde humedad inicial 86,98% en la menta y 77,32% en el orégano. el mejor resultado se obtuvo con luz infrarrojo a 30°C para menta y el orégano en luz halógena a 40°C con tiempos de 48-96 horas. El contenido de polifenoles totales se obtuvo para el orégano de 606,62 mg AG/g y en menta 748,62 mg AG/g, determinado por método de folin Ciocalteu en muestras secas como mejores resultados respectivamente.

(Espinoza Saavedra, 2011). Realizó estudio aplicando secado asistido por infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila (*Ugni molinae Turcz.*). Se utilizó secador infrarrojo-convectivo con velocidad de aire a 1 m/s, tres temperaturas de secado (40, 50 y 60 °C) y dos potencias de irradiación infrarrojo (400 y 800 W). Los frutos se secaron hasta humedad final de 10 %. Determinaron tiempos de secado, constantes cinéticas, modelos matemáticos, difusividad efectiva y energía de activación. Se midieron color, presencia de polifenoles totales en las muestras frescas y secas. Con los datos obtenidos se construyeron curvas de secado para cada experiencia. Los resultados demuestran reducción de tiempos de secado hasta en 85% al incrementar las temperaturas y potencias de infrarrojo, así mismo, se observa aumento del valor de las constantes cinéticas de los modelos, la difusividad efectiva y la energía de activación en 12,56 kJ/mol.

Espinoza Luna, (2021), utilizó secado de lecho fluidizado en hojas de mático (*Piper aduncum L.*) y malva (*Malva sylvestris*), las hojas se secaron a temperaturas de 45°C, 55°C y 65°C a velocidad del aire 2 m/s. Se evaluaron capacidad antioxidante, fenoles totales, por método de ABTS y Folin Ciocalteu respectivamente, además la aceptación sensorial de las hojas en infusión filtrante. El secado de las hojas mostró una relación, mayor temperatura: menor tiempo de secado; se concluye que las temperaturas de secado influyeron en la degradación y liberación de los compuestos bioactivos.

2.1. Marco teórico

2.1.1. Albahaca

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una planta herbácea, aromática y medicinal, conocida desde la antigüedad por hindús, griegos, egipcios y romanos (Akhtar y Munir, 1989), relativamente fácil de cultivar y se adapta bien a los sistemas hidropónicos y de Agricultura de Ambiente Controlado (AAC) (Sipos et al., 2021). Existen más de 60 variedades diferentes, con variaciones en color, tamaño, forma de las hojas y concentración de aroma. Las hojas de albahaca tienen un sabor y aroma característico dulce (Kéita et al., 2001).

La albahaca es una de las hierbas más populares que se cultivan en el mundo. Se cree que el nombre albahaca deriva de las palabras griegas okimon ("olor") y basilikon ("real o rey") (Selvakkumar et al., 2007). *O. basilicum* se conoce con diferentes nombres e idiomas. En Inglés se conoce como "basil" o "sweet basil", mientras que en Hindú y Bengalí se llama "babui tulsí". En Árabe la planta se conoce como "badroaj", "hebak" o "rihan" y como "jungle tulsí" en Urdu (Bajomo et al., 2022).

La albahaca dulce es la especie comercial, se cultiva extensivamente para la producción de aceites esenciales en muchos países del mundo se toma mayor importancia por sus propiedades aromáticas y medicinales, pertenece a la familia de las Lamiaceae. El género *Ocimum*, comprende más de 150 especies, se distribuye por todas las regiones templadas y tropicales del mundo. *O. basilicum* es originaria de regiones tropicales de Asia, incluidos Irán e India. La especie se (Gossa et al., 2023).

2.1.2. Descripción Botánica de Albahaca

La albahaca es una planta autógena, aromática y herbácea, es anual y perenne. La hierba es erguida y ramificada, de 0,6-0,9 m. de altura y más o menos pubescente. Los tallos y las ramas son de color verde y a veces violáceo. Las hojas de *O. basilicum* son simplemente opuestas. Tienen una

longitud de unos 2-2,5 cm., son ovaladas agudas enteras o maso menos dentadas o lobuladas con una base cuncada y entera (Nollet y Rathore, 2017).

Las hojas tienen numerosas glándulas de aceite en forma de punto que secretan aceite volátil fuertemente perfumado. Las espirales son densamente racemosas, donde el racema terminal suele ser mucho más largo que el lateral. Las brácteas están acechadas, más cortas que el cáliz, ovado y agudo. El cáliz tiene 5 mm de largo, con fruta agrandante y muy poco pedicel (Preedy, 2016).

El pecíolo tiene 1,3-2,5 cm. de largo. La Corolla tiene 8–13 mm de largo, es blanco, rosa o de color púrpura, glabro o de diversas variosamente pubescentes. Los filamentos superiores del estambre ligeramente ejercido están dentados en la base. Las nueces tienen aproximadamente 2 mm de largo, elipsoide, negro y picado. Los sépalos de la flor y permanecen fusionados en un cáliz de dos labios. El ovario es superior, y hay dos carpelaxia, cuatro locular y una fruta de cuatro partituras de aquenios (Nollet y Rathore, 2017).

2.1.3. Taxonomía

Tabla 2: Taxonomía de albahaca

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivsion	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Genero	Ocimum
Especie	Basilicum
Nombre botánico	Ocimum basilicum

Fuente: (Nollet y Rathore, 2017)

2.1.4. Propiedades funcionales de albahaca

Ocimum basilicum. L es una planta medicinal de la familia Lamiaceae, posee propiedad beneficioso específico para la salud más allá de sus propiedades nutricionales básicas. contiene diferentes cantidades y tipos de compuestos bioactivos (Filip, 2017). Esta planta tiene muchos efectos antiinflamatorios, antioxidantes, antimicrobianos, anticancerígenos y antienvjecimiento. También tiene efectos protectores y neuroprotectores del hígado (Ahmed et al., 2019).

La planta se utiliza para tratar diversas enfermedades como fiebre, gastroenteritis, diarrea con sangre y depresión, además las investigaciones han demostrado los efectos antioxidantes y antiinflamatorios inducidos por el consumo de *Ocimum basilicum* L, así mismo, el desempeño de papel en el tratamiento de enfermedades inflamatorias del intestino como la colitis ulcerosa (Bejeshk et al., 2023).

Varios estudios también han reportado que diferentes extractos de albahaca dulce o su aceite esencial presentan alta actividad antioxidante, antimicrobiana, antihipertensiva, antitrombótica y antiinflamatoria (Arranz et al., 2015). Otros usos medicinales de esta planta incluyen: actividad anticancerígena, antidiabética y anti artritis. Esta planta también es un moderador del sistema inmunológico y un factor preventivo de enfermedades cardiovasculares (Gossa et al., 2023).

2.1.5. Consumo de albahaca

La albahaca dulce es una de las más populares en la cocina. La albahaca dulce seca suele utilizarse para la comida italiana. El aroma encontrado en las hojas y el tallo de la albahaca procedía principalmente de tres componentes predominantes, el linalool, el estragol y el eugenol. La albahaca suele añadirse a los alimentos en último lugar, ya que el sabor puede destruirse o blanquearse si se cocina durante demasiado tiempo. La albahaca seca es buena para la carne asada, el pescado y el pollo (Preedy, 2016).

La revisión histórica narrativa, consumo de albahaca fresca asocia a menudo con platos y salsas a base de tomate en la cocina italiana, rara vez se usaba como hierba culinaria en países como Estados Unidos y Gran Bretaña. La hierba se consume fresca, seca, en forma de pasta en el mediterráneo. La albahaca dulce también puede ser una de las pocas hierbas/especias que se han integrado en la cocina simplemente debido a su perfil de sabor aromático y muy agradable (Spence, 2024).

Los conservantes de alimentos naturales se vuelven importantes para un control exitoso de los patógenos transmitidos por los alimentos y la biosíntesis de micotoxinas en los alimentos. El aceite de albahaca o su componente se ha utilizado para aumentar la vida útil de muchos productos alimenticios debido a sus propiedades antimicrobianas y efectos antioxidantes (Preedy, 2016).

Las hojas de albahaca frescas y secas se utilizan ampliamente para realzar el sabor y aroma de alimentos como pastas, ensaladas, platos de verduras y carnes, pizzas, mariscos y dulces. El método más utilizado para comercializar albahaca en el área de los alimentos es la deshidratación, mediante la cual se mejora su conservación, promoviendo la disminución del crecimiento microbiano (Lee et al., 2005)

2.1.6. Secado de alimentos

El secado o deshidratación es, por definición, la eliminación del agua por evaporación de un alimento sólido o líquido, con el fin de obtener un producto sólido suficientemente bajo en contenido de agua. Secado es uno de los métodos de conservación de alimentos más antiguos conocidos por la humanidad y sigue siendo una operación vital en la vida de muchas comunidades rurales (Dantas et al., 2024).

La necesidad de plantas medicinales y aromáticas está en una demanda creciente por sus componentes activos como parte del mercado competitivo que incluye especias, perfumes y productos farmacéuticos. El secado de especies de plantas medicinales y aromáticas es un proceso de manipulación

posterior a la cosecha, realizado básicamente para cambiar el volumen y la estructura de las materias primas (Shalaby et al., 2020).

El proceso influye directamente en los componentes activos, tanto en calidad como en cantidad, del producto final. Las sustancias aromáticas contienen principalmente aceites volátiles sometidos a evaporación en condiciones naturales diarias de temperatura, velocidad del aire y humedad. Por esta razón, es necesario adoptar un secador eficaz para conservar los componentes activos de las plantas medicinales y aromáticas (Altay, K., Hayaloglu, A., & Dirim, 2019).

La deshidratación o secado de alimentos es una de las operaciones unitarias más antiguas utilizadas por la industria alimentaria (Jayas, 2016). El secado es un proceso de reducción agua por evaporación de un alimento sólido o líquido, con el fin de obtener un producto sólido suficientemente bajo en contenido de agua. Los principales objetivos tecnológicos del secado son reducción del peso y volumen para prolongar la vida útil de alimentos (Berk, 2018)

El secado es caro, ya que la energía necesaria para eliminar el agua es elevada. Los sistemas de recuperación de calor (por ejemplo, las bombas de calor) pueden utilizarse para reducir este coste, pero tienen mayores costes de capital y añaden complejidad. Las secadoras suelen estar diseñadas para productos específicos, y la gama de tipos de secadoras es amplia (Driscoll, 2004).

Numerosas investigaciones se trabajaron en diferentes técnicas de secado de productos agrícolas, por ejemplo, secado solar, los alimentos se exponen a la luz solar por varios días para eliminar la humedad del producto antes de envasarlo, secado convectivo, implica el uso de aire caliente para transferir calor a los productos alimenticios y eliminar la humedad. El secado provoca modificaciones físicas como cambios de color, contracción, porosidad y textura, deben ser considerados variables importantes del proceso de secado (Malekjani et al., 2024)

2.1.7. Secado por Infrarrojo

La banda de radiación IR del espectro electromagnético abarca longitudes de onda de 0,75 a 1000 μm y suele subdividirse en secciones, llamados como; el IR cercano (0,75-3 μm), el IR medio (3,0-25 μm) y el IR lejano (25-1000 μm). El infrarrojo lejano irradia energía térmica en forma de calor, esa parte puede ser absorbida por la mezcla compleja de diferentes macromoléculas bioquímicas, polímeros biológicos, sales inorgánicas y agua. El espectro de IR origina las vibraciones mecánicas de tales mezclas moléculas o agregados moleculares dentro de un fenómeno muy complejo de superposición recíproca y cuyo efecto aumenta la temperatura (Zhongli y Griffiths, 2011).

El calentamiento por infrarrojos se puede aplicar a diversas operaciones de procesamiento de alimentos, a saber, secado, horneado, tostado, escaldado, pasteurización y esterilización (Lee, 2020). Se utiliza principalmente para el procesamiento de alimentos debido a las grandes ventajas como uno de los mejores métodos para reducir el tiempo de secado es proporcionar calor por radiación infrarroja (IR) (Amini, Salehi y Rasouli, 2021)

Los métodos IR podrían utilizarse como sustitución de los métodos de secado actuales porque tienen muchas ventajas como una mayor capacidad de transferencia de calor, calentamiento instantáneo debido a la penetración directa del calor, alta eficiencia energética, tratamiento térmico más rápido, respuesta de regulación rápida, mejor control del proceso, sin calentamiento del aire circundante, compactación del equipo, calentamiento uniforme, preservación de las vitaminas y menor posibilidad de pérdidas de sabor por la quema de los alimentos (Satorabi, Salehi y Rasouli, 2021) (Salehi, 2019) (Rastogi, 2012).

Cuando la energía electromagnética radiante incide sobre la superficie de un alimento, puede inducir cambios en los estados electrónicos, vibratorios y rotacionales de átomos y moléculas. El agua y los compuestos orgánicos como las proteínas y los almidones, que son los componentes principales de los alimentos, absorben la irradiación de la energía de infrarrojo lejano en longitudes de onda superiores a 2,5 μm . La mayoría de los alimentos tienen

altas transmisividades (es decir, bajas absorptividades) en longitudes de onda inferiores a 2,5 μm (Pan et al., 2024).

2.1.8. Valor Nutricional

En la siguiente tabla se muestra el valor nutricional de la albahaca (*Ocimum basilicum* L)

Tabla 3: Valor Nutricional de albahaca

Nutrientes aproximado	Unid.	1 valor por100g	5,0 a 2,5 g hojas
Agua	g	92,06	2,30
Energía	Kcal	23	1
Proteína	g	3,15	0,08
Grasa total	g	0,64	0,02
Carbohidrato, por diferencia	g	2,65	0,07
Fibra dietaria total	g	1,6	0,0
Azúcar, total	g	0,30	0,01
Calcio, Ca	mg	177	4
Hierro, Fe	mg	3,17	0,08
Magnesio, Mg	mg	64	2
Fosforo, P	mg	56	1
Potasio, K	mg	295	7
Zinc, Zn	mg	0,81	0,02
Vitamina C, total ascórbica acido	mg	18,0	0,4
Tiamina	mg	0,034	0,01
Riboflavina	mg	0,076	0,002
Niacina	mg	0,902	0,023
Vitamina B-6	mg	0,155	0,004
Folato DFE	μg	68	2
Vitamina A, RAE	μg	264	7
Vitamina A, IU	IU	5275	132
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	0,80	0,02
Vitamina D D2-D3	μg		0,0
Vitamina K (filoquinona)	UI	μg	414,8
Ácido graso saturado total	GC	g	0,041
Ácido monoinsaturado total	GC	g	0,088
Ácido graso polinsaturado total	GC	g	0,389

Fuente: (Pazmino Garcia y Sanchez Barcia, 2017)

2.1.9. Compuestos Fenólicos

Los polifenoles son compuestos con grupos hidroxilos fenólicos que se encuentran ampliamente en las plantas naturales (Wang et al., 2022). Estructuralmente son muy diferentes, pero esenciales para una serie de funciones en las plantas, responsables de las propiedades organolépticas y nutricionales de los alimentos de origen vegetal, y útiles para numerosas aplicaciones prácticas (Belščak-Cvitanović et al., 2018). La mayoría de los polifenoles naturales son pigmentos, normalmente amarillos, rojos o morados, y son capaces de absorber la radiación UV (Pimple y Badole, 2014).

La principal razón del interés de científicos y consumidores por los polifenoles es el reconocimiento de sus propiedades antioxidantes, su gran abundancia en nuestra dieta y su probable papel en la prevención de diversas enfermedades asociadas al estrés oxidativo, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Scalbert et al., 2005).

2.1.10. Estructura

Los compuestos fenólicos poseen una estructura química común que comprende un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo que se pueden dividir en varias clases, y los principales grupos de compuestos fenólicos incluyen flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, estilos y lignanos (Ayad y Akkal, 2019).

2.1.11. Clasificación

Los compuestos fenólicos se dividieron en seis clases; Cada clase se dividió en categorías y familias de compuestos para jerarquizar completamente sus diferencias estructurales. Las primeras cinco clases se caracterizan por una complejidad creciente de los esqueletos básicos de los miembros, y la sexta clase incluye los llamados fenólicos híbridos como un grupo separado de compuestos (Tsimogiannis y Oreopoulou, 2019).

La clasificación de los polifenoles puede hacerse basándose en sus estructuras químicas, los compuestos fenólicos pueden dividirse en diferentes

subgrupos, como ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, cumarinas, lignanos, quinonas, estilbenos y curcuminoides (Gan et al., 2019). En la Fig. 1. se muestra la clasificación de compuestos fenólicos

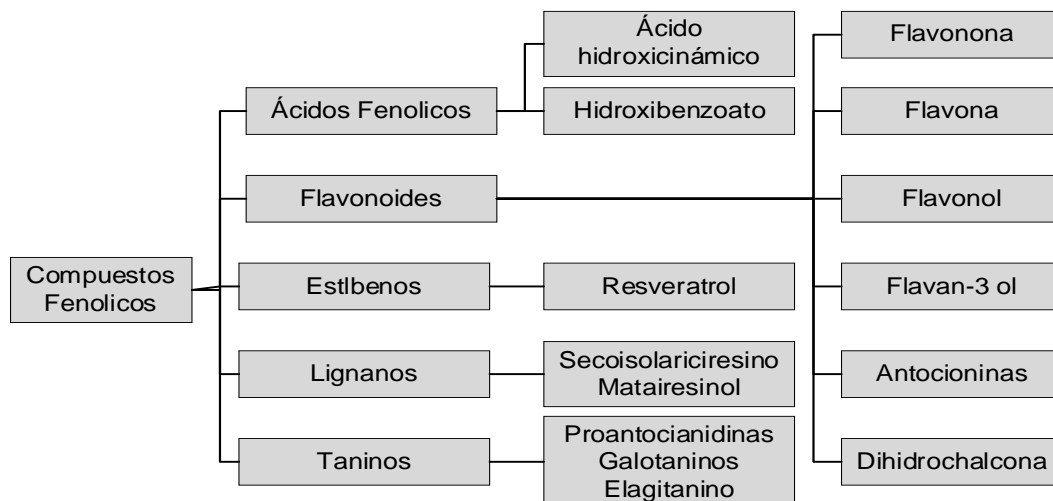


Figura 1. Clasificación de compuestos fenólicos,(Vasantha Rupasinghe, Nair y Robinson, 2014)

2.1.12. Antioxidantes

Los antioxidantes tienen un interés creciente debido a sus roles protectores en alimentos y productos farmacéuticos contra el deterioro oxidativo y en el cuerpo y contra los procesos patológicos mediados por el estrés oxidativo (Gulcin, 2020). Los antioxidantes desempeñan un papel importante en la conservación de los alimentos, ya que inhiben los procesos de oxidación y se utilizan como suplementos dietéticos para neutralizar los efectos adversos del estrés oxidativo (Shahidi, 2015) (Shahidi y Zhong, 2015).

Los antioxidantes se añaden a los alimentos para preservar los componentes lipídicos del deterioro de la calidad (Peter y Shylaja, 2012). Muchos de los antioxidantes naturales de interés son de origen vegetal y pertenecen a la clase de compuestos fenólicos y polifenólicos, así como los carotenoides y vitaminas antioxidantes, entre otros (Shahidi, 2015).

2.1.13. Radicales Libres

El oxígeno es un elemento crucial para la vida en la Tierra, ya que desempeña un papel dominante en la oxidación controlada de las moléculas que contienen carbono(Tvrđá y Benko, 2020). Los radicales libres dañan diversos

componentes celulares, como el ácido desoxirribonucleico, los lípidos de la membrana y las proteínas (Dobyns et al., 2006).

Los radicales libres, las especies reactivas de oxígeno y las especies reactivas de nitrógeno, son generados por nuestro organismo por diversos sistemas endógenos, por la exposición a diferentes condiciones fisicoquímicas o por estados patológicos. El equilibrio entre los radicales libres y los antioxidantes es necesario para el correcto funcionamiento fisiológico. Si los radicales libres superan la capacidad del organismo para regularlos, se produce una situación conocida como estrés oxidativo (Lobo et al., 2010).

2.1.14. Estrés Oxidativo

El estrés oxidativo desempeña un papel importante en muchas enfermedades crónicas y degenerativas, como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y el envejecimiento (Li et al., 2014).

El estrés oxidativo parece estar implicado en el proceso patológico vinculado a los síntomas de la menopausia, y se ha observado una notable reducción del estado de los antioxidantes y una elevada peroxidación lipídica en presencia de síntomas climatéricos graves. En este sentido, se sugiere que la modificación de la protección antioxidante mediante la ingesta de suplementos dietéticos o el seguimiento de dietas con alto contenido en antioxidantes está relacionada con el alivio de los síntomas (Sotoudeh y Abshirini, 2020).

2.1.15. Capacidad Antioxidantes.

Los suplementos dietéticos de antioxidantes se han hecho populares para mejorar las defensas antioxidantes del organismo. Los antioxidantes naturales pueden proceder de frutas, verduras y bebidas. La actividad antioxidante es una característica común que comparten diferentes clases de flavonoides (Li et al., 2014).

Las propiedades antioxidantes de muchas plantas se atribuyen principalmente a la presencia de flavonoides, pero también pueden estar influidas por otros compuestos orgánicos y/o inorgánicos que tienen una actividad antioxidante parcial o moderada. El término antioxidante describe un conjunto de

mecanismos químicos responsables de la protección de las células frente a los peligros de los radicales libres (Pietta, 2000).

La actividad antioxidante ha sido reconocida como un importante marcador de las frutas y hortalizas que poseen diversas actividades biológicas como la anticancerígena y la antiinflamatoria (Gülçin, 2012).

2.1.16. Método DPPH

2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) es un radical libre estable que tiene un electrón de valencia no apareado en un átomo del puente de nitrógeno (Eklund et al., 2005). El radical DPPH es una molécula estable soluble en metanol que se caracteriza por su color violeta intenso con un máximo de absorción a 515 nm (Mfotie Njoya, 2021).

Los ensayos ABTS^{•+} y DPPH son métodos ampliamente utilizados para la evaluación de las capacidades antioxidantes de los productos naturales, ambos son técnicas espectrofotométricas basadas en el apagado de radicales estables coloreados (ABTS^{•+} o DPPH) y muestran la capacidad de eliminación de radicales de los antioxidantes incluso cuando están presentes en mezclas biológicas complejas como los extractos de plantas o alimentos (Sujarwo y Keim, 2019).

2.1.17. Método ABTS

El ABTS es un compuesto altamente soluble en agua y químicamente estable (Kumar, Krishna Chaitanya y Preedy, 2018). El catión radical (ABTS^{•+}) se produce a partir de la reacción entre la solución ABTS y el persulfato de sodio, y el ensayo se basa en la decoloración del catión radical azul-verde (ABTS^{•+}) que tiene máximos de absorción en las longitudes de onda de 645, 734 y 815 nm (Mfotie Njoya, 2021).

2.2. Definición de Términos

Secado infrarrojo: El secado IR se basa en la acción de una radiación de longitud de onda infrarroja procedente de una fuente que interactúa con el interior del material, aumentando su temperatura y la evaporación de su

humedad. En el proceso radiante, la temperatura de las capas internas de la muestra es mayor que la del aire ambiente, por el secado de la muestra se produce de las capas internas externas por fenómenos térmicos convección y Esto explica la fuerte transferencia de calor en comparación con el secado convencional.(Vuarant, 2013)

Albahaca: La albahaca es una hierba aromática usada extensivamente en alimentos por su aroma y sabor. Sus hojas pueden ser frescas o secas, de este modo se puede utilizar como especia. El método más utilizado para comercializar albahaca en el área de los alimentos es la deshidratación, mediante la cual se mejora su conservación, promoviendo la disminución del crecimiento microbiano (Aguero Pajuelo y Mendez Pando, 2021).

La capacidad antioxidante: Es una medida de los moles de radicales libres captados por una solución de prueba específica, independiente de la actividad de cualquier antioxidante presente en la mezcla. La cooperación entre diferentes antioxidantes ofrece una mayor protección contra el ataque de especies reactivas que cualquier compuesto solo. La medición de la CAT se hace relevante porque integra el potencial antioxidante como expresión principal de la actividad de uno o varios biocompuestos presentes al mismo tiempo (Apak et al., 2016).

Compuestos fenólicos: son un grupo de sustancias químicamente diversas que están significativamente presentes en los alimentos de origen vegetal y que tienen una alta capacidad de captar de radicales tóxicos debido a la presencia de grupos hidroxilo unidos al anillo aromático. En las plantas, realizan importantes funciones protectoras frente a la luz ultravioleta o el ataque de determinados patógenos, y también contribuyen al sabor y al color de las flores (Tsimogiannis y Oreopoulou, 2019).

En los alimentos de origen vegetal, los compuestos fenólicos tienen un efecto importante sobre la calidad, ya que están directamente relacionados con las características organolépticas de los alimentos, como el aroma, la astringencia y el color. Desde el punto de vista de su estructura básica, los

compuestos fenólicos se pueden clasificar en flavonoides y no flavonoides.(Frontela, Canali y Virgili, 2010)

En el método de Folin-Ciocalteu: Los compuestos fenólicos son oxidados por el reactivo de Folin-Ciocalteu, que se forma a partir de una mezcla de ácido fosfotúngstico ($H_3PW_{12}O_{40}$) y ácido fosfomolibdico reducido ($H_3PMo_{12}O_{40}$) por acción de los polifenoles. , a una mezcla de óxidos azules de tungsteno ($W_{80}O_{23}$) y molibdeno (Mo_8O_{23}). (Blainski, Lopes y De Mello, 2013)

El 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH): es un compuesto formado por moléculas de radicales libres estables. Se utiliza para medir la actividad antioxidante debido a su capacidad para aceptar átomos de hidrógeno por parte de los antioxidantes.(Kedare y Singh, 2011)

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de estudio.

El presente estudio es una investigación experimental, el estudio se realizó con la finalidad de explicar los efectos de la radiación de infrarrojo lejano en las características químicas de alimento durante el proceso de secado en la condición establecida (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2016).

3.2. Diseño de estudio.

El estudio se diseña para llevar a cabo en forma experimental la observación y evaluación de los fenómenos de la temperatura asistido por radiación infrarrojo, como variables independientes, suponiendo la consecuencia en la propiedades físicas (humedad, final de las hojas secas de albahaca) y químicas (los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante) como variable independiente, para determinar y explicar las pautas de comportamiento del material experimental, se estableció, prueba de hipótesis, fundamentado en la teoría de ingeniería de secado de especias y tecnología de alimentos (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2016).

3.3. Población y muestra.

3.3.1. Población

La población está representada por el universo de las hojas de albahaca, en el ámbito de la Región de Madre de Dios, Provincia de Tambopata y Distrito Las Piedras, comunidad Nueva Alianza, el acopio se realizó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

3.3.2. Muestra

La investigación se realizó utilizando muestras no probabilísticas (Galarza., 2021). Para cada tratamiento de secado se utilizó aproximadamente 60 gramos de hojas naturales de albahaca (*Ocimum basilicum L.*), que fueron adquiridos de los huertos familiares ubicado en la comunidad de Nueva Alianza. Jurisdicción del Distrito de Las Piedras y Provincia de Tambopata, Región de Madre de Dios.

3.4. Métodos

El experimento de secado se realizó en el laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios – UNAMAD, así mismo, los análisis de compuestos fenólicos por método de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC) y capacidad antioxidante, se realizaron en el Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – UNSAAC.

3.4.1. Proceso de secado.

En el presente estudio las hojas de albahaca se secaron utilizando secador de bandeja marca IRCONFOR modelo IRCDi3. La estructura del secador se divide en tres bandejas individuales para programar la temperatura, cada bandeja dispone de un emisor de radiación de infrarrojo lejano con una potencia nominal de 221 W. El secado se experimentó con dos repeticiones por tratamiento, las muestras de las hojas de albahaca se colocaron en bandeja de aluminio y se expusieron a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C asistido con radiación de infrarrojo lejano constante de 221 W. La operación de secado se terminó cuando las muestras de la hoja de albahaca alcanzaron peso constante registrado por sistema de micro controlador instalado en una computadora.

3.4.2. Adquisición de datos de secado

Los valores de masa en el trayecto de secado se registraron por medio de sensor para detección de 5 kg, calibrado con pesas patrón de 100 g; 50 g y

20 g. Paralelo a los valores la masa de secado, se registraron humedad relativa de la bandeja, temperatura de las bandejas y humedad relativa ambiental, mediante un microcontrolador Arduino conectados a computadora utilizando un transmisor ADC de 24 bits HX711 para convertir la señal analógica en señal digital. Los datos generados y almacenaron en la base de datos del software FIRDRYER versión 1.4.

3.4.3. Determinación de la relación de contenido de humedad

La relación de humedad (MR) se determinó mediante el cálculo de contenido de humedad en un momento dado, el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad de equilibrio, utilizando el método referido por (Daksa y Tolesa, 2024), ecuación (1).

$$MR = \frac{M - Me}{Mo - Me} \quad (1)$$

Dónde:MR= La relación de humedad, M = contenido instantáneo de humedad en base seca (%bs); Mo = contenido de humedad inicial en base seca (%bs); Me = contenido de humedad de equilibrio en base seca de las hojas de albahaca (%bs)

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{(exp,i)} - MR_{(pred,i)})^2}{N - n} \quad (2)$$

Donde: X^2 = Ji cuadrado, $MR_{(exp,i)}$ = valores de humedad obtenidos del experimento, $MR_{(pred,i)}$ = Valores estimados a partir de datos experimentales, N= número de observaciones ; n=número de parámetros en ecuación que se está utilizando

$$RMES = \frac{1}{N - n} \left[\sum_{i=1}^N (MR_{(exp,i)} - MR_{(pred,i)})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

Donde: RMES= Error cuadrático medio

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N MR_{(pred)} - \bar{M}R_{(exp)}}{(MR_{(pred,i)} - \bar{M}R_{(exp,i)})^2} \quad (4)$$

3.4.4. Procedimiento experimental

Las hojas de albahaca se recolectaron en la comunidad nueva alianza, Distrito de piedras, Provincia de Tambopata, Departamento de Madre de Dios, el proceso de secado se realizó en el Laboratorio de Procesos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. En la Fig. 2 se muestra las operaciones del desarrollo experimental de la investigación.






Operaciones	Imágenes	Descripción
Recolección de muestras		Se recolectaron muestras de albahaca que crecen en medio ambiente natural
Lavado y selección		Tuvo el objetivo de eliminar las impurezas y separar las hojas del tallo para proceder con el secado.
Pesaje		Utilizando una balanza analítica se establecieron 60 g de masa de las hojas de albahaca para cada bandeja de secado por calentamiento con infrarrojo lejano
Secado		El proceso de secado se realizó a 40°C, 50°C y 60°C en un secador de bandeja con calentamiento por lejano infrarrojo modelo IRCD i-3 con potencia de irradiación de 221 Watts. Las bandejas tuvieron una área de 0,24 m ²
Sellado al vacío		Se procedió a sellar al vacío, para evitar la humedad ambiental Almacenado
Almacenado		Se almacenaron a temperatura de 20°C, hasta realizar los análisis de compuestos fenólicos y antioxidantes

Figura 2. Desarrollo experimental de la investigación

3.4.5. Materiales, reactivos y equipos

Materiales

20 tubos de ensayo

20 viales

Papel aluminio, papel filtro

Gradilla de laboratorio

3 vasos de precipitado (25ml)

1 Micropipeta multicanal

1 Micropipeta (1000 μ l)

1 Micropipeta (100 μ l)

2 pisetas

Reactivos

Reactivo Folin-Ciocalteu, Supelco

Carbonato de sodio (7%), Supelco

Ácido gálico, Sigma-Aldrich

Radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo(DPPH), Sigma-Aldrich

ABTS (Acido 2,2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)), Sigma-Aldrich

Persulfato de potasio, Supelco

Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), Millipore

Agua destilada

Metanol grado HPLC

Etanol absoluto

Equipos

Carro deshidratador industrial por FIR de tres bandejas, modelo IRCDi-3

Balanza Analítica

Selladora al vacío

Agitador digital

Ultrasonido (branson CPX952519 R)

Centrifuga (Digicen 21 R)

Lector Multimodal (Synergy H1).

3.5. Técnicas de análisis físico químico

3.5.1. Determinación de humedad:

Se realizó la determinación de humedad utilizando el método recomendado por la (AOAC, 2005).

3.5.2. Determinación de compuestos fenólicos con HPLC

Se realizó siguiendo el método utilizado por (Palacios Colón, Rascón y Ballesteros, 2023), se utilizó cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC), "Agilent Technologies: 1200 series", el sistema de HPLC está equipado con Software Chemstation V0.02, detector de diodos (DAD) 285, pre columna Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6 x 12.5 mm x 5µm y Columna, Zorbax SB-Phenyl 4,6 x 75 mm, 3.5 µm. La temperatura de la columna se ajustó a 40 °C. Las separaciones se realizaron con flujo de columna de 0.600 ml/min, con volumen de inyección de 5µl. Se utilizaron fases móviles solvente A (H₃PO₄ 0.1%) y solvente B (acetonitrilo). El sistema de análisis se inició con 0% de B, 10 min 20% de B, a 18 min 50% de B, de 16 a 19 min 100% de B. El tiempo de análisis se realizó durante 19min.

3.5.3. Compuestos fenólicos totales método Folin-Ciocalteu

El método comúnmente utilizado para determinar el contenido compuestos totales fenólico de los extractos es el ensayo espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (Park y Lee, 2021). Se pesó aproximadamente 2 gr de muestra, se extrajo 2 veces con 5 ml de Etanol al 70%, se homogenizó utilizando un agitador Vortex VWR, luego se centrifugó a 4000 rpm durante 10 min, posteriormente se almaceno a 4°C hasta el momento de análisis. Se preparó curva de calibración de 0.0, 2.5, 5.0 y 10.0 ug/mL de Acido Gálico en Etanol al 70%, se tomó un volumen de cada concentración y se mezcló con agua manteniendo 1700 µL de volumen total, se añadió 200µL de Na₂CO₃ al 20% y 100 µL de reactivo Folin-Ciocalteu 0.2N para cada ensayo, en seguida se homogenizó en Vortex VWR. Luego de 30 minutos se registró las absorbancias a 765 nm con un espectrofotómetro UV- vis. Finalmente se utilizó el sobrenadante transparente, se tomó 50µL de la muestra preparada y se procedió a registrar las absorbancias de la misma forma que el estándar.

3.5.4. Determinación de capacidad antioxidante (Método DPPH)

Se pesó aproximadamente 2 gr de hojas secas de albahaca, se extrajo 2 veces con 5 ml de Etanol al 70%, luego de homogenizar y centrifugar a 4000 rpm GreedMed durante 10 min, se almaceno a 4°C hasta el momento de análisis. Se preparó una curva de calibración de 2.5, 5.0, 10.0 ug/ml del estándar de Trolox en etanol y sus respectivos blancos, seguidamente se mezclaron con 1.5ml de DPPH 100mM, luego se dejó en oscuridad durante 30 minutos, posteriormente la absorbancia remanente se leyó a 517nm con un espectrofotómetro UV-vis. Se tomó un volumen del sobrenadante trasparente de las muestras que tienen el 50% de la absorbancia del blanco, se mezclaron con 1.5mL de DPPH y se procedió a registrar las absorbancias. Se halló la inhibición al 50% y se expresó en CI50 Equivalentes de Trolox.

3.6. Tratamiento de datos

Los datos obtenidos de los resultados de experimento se analizarán mediante ANOVA de una vía, utilizando el diseño completamente aleatorio (DCA), expresado en la ecuación 1, seguido de pruebas de comparación múltiple de Tukey

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (5)$$

Donde: $i: 1,2, \dots a$; $j: 1,2, \dots b$, μ : Efecto promedio global, α_i : Efecto del nivel i -ésimo del factor temperatura, e_{ij} : Componente de error aleatorio, Y_{ijk} : Respuesta observada cuando la temperatura tiene el nivel i -ésimo.

3.7. Modelamiento de datos de secado

Los datos experimentales de secado se ajustaron a modelos matemáticos de cinética de secado como modelo de: Henderson y Pabis, Lewis, Exponencial y Page. La bondad de ajuste se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R^2) y los valores reducidos de chi-cuadrado (χ^2), con indicadores de menor valor de R^2 y χ^2 ,

$$\text{Lewis} \quad MR = \exp(-kt) \quad (6)$$

$$\text{Exponencial} \quad MR = a e^{(-kt)} \quad (7)$$

$$\text{Page} \quad MR = \exp(-kt^n) \quad (8)$$

$$\text{Henderson and Pabis} \quad MR = a \exp(-kt^n) \quad (9)$$

Los parámetros del modelo a y n (coeficientes empíricos) y k (el coeficiente de velocidad de secado), se optimizaron para determinar el valor mínimo del error cuadrático medio (ECM). La optimización de los valores finales de las constantes se determinó utilizando la herramienta de análisis de datos Excel Solver. Se calcularon el coeficiente de determinación (R^2) y el error cuadrático medio (RMSE), para evaluar la bondad de ajuste de los modelos, se eligieron los valores más altos de R^2 y los más bajos de RMSE X^2 .

CAPITULO IV: RESULTADO

4.1. Resultados de secado

En la Fig. 3 se muestra el perfil de velocidad de secado de las hojas de albahaca por calentamiento con radiación de IRL a 221 W. Las curvas exhiben la reducción de la proporción de humedad (MR). Cuando se incrementa la temperatura se acelera la reducción de humedad. El tiempo de secado de las hojas de albahaca alcanzaron 600min, 300min y 190min a 40 °C, 50 °C y 60 °C respectivamente, con el incremento de la temperatura se redujo el tiempo de secado. En la Fig. 3 se exhibe la velocidad de secado con ajuste a modelo de Henderson y Pabis.

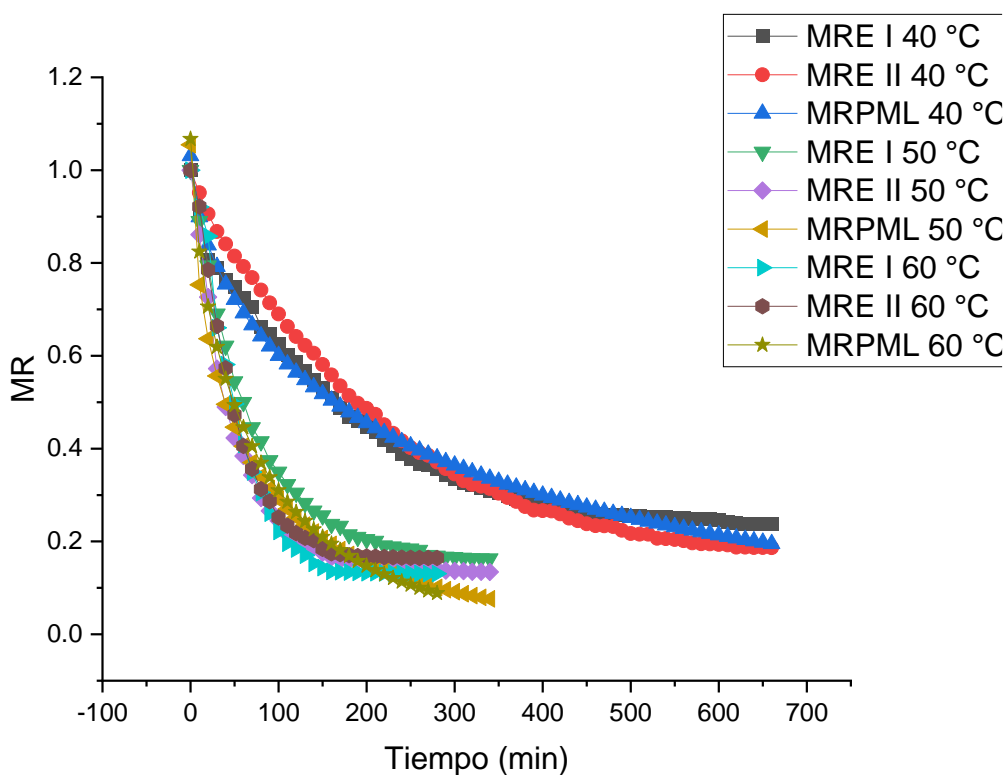


Figura 3. Velocidad de secado con ajuste a modelo de Henderson y Pabis

El secado a bajas temperaturas entre 40 a 60 °C son preferidos (Telfser y Gómez Galindo, 2019), ayuda a mantener el color, conservar y retener las propiedades de los compuestos volátiles, mejora la capacidad de rehidratación de las especias aromáticas (Kanafusa et al., 2022).

En la Fig. 4 se exhibe la velocidad de secado con ajuste a modelo de Page.

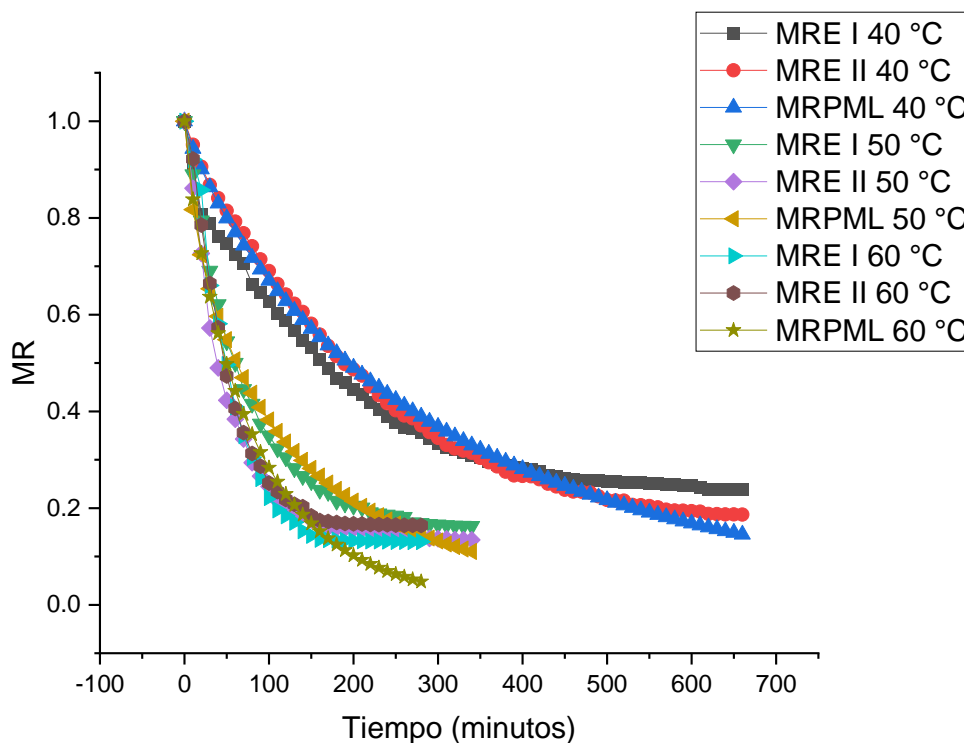


Figura 4. Velocidad de secado con ajuste a modelo de Page

En el presente trabajo la mejor tasa de secado se obtuvo a temperatura de 60 °C, de hecho, los parámetros que influyen en el secado por infrarrojo son la temperatura, la distancia de irradiación y el tiempo de exposición que afectan el efecto de secado (Habsah et al., 2017), Sin embargo, Zhang et al., (2023), afirma que el tiempo de secado a 500 W y 1000 W de irradiación de infrarrojo es el mismo y ambos (Zhang et al., 2023).

Otros investigadores destacan que los efectos de la distancia de radiación y la longitud de onda sobre la calidad de los alimentos no son significativos (Du et al., 2023). Pero cuando la temperatura aumenta, el movimiento molecular interno del material se intensifica, el agua se difunde más rápido y la velocidad de secado se acelera Sakare et al., (2020).

En la Fig. 5 se exhibe la velocidad de secado con ajuste a modelo de Lewis

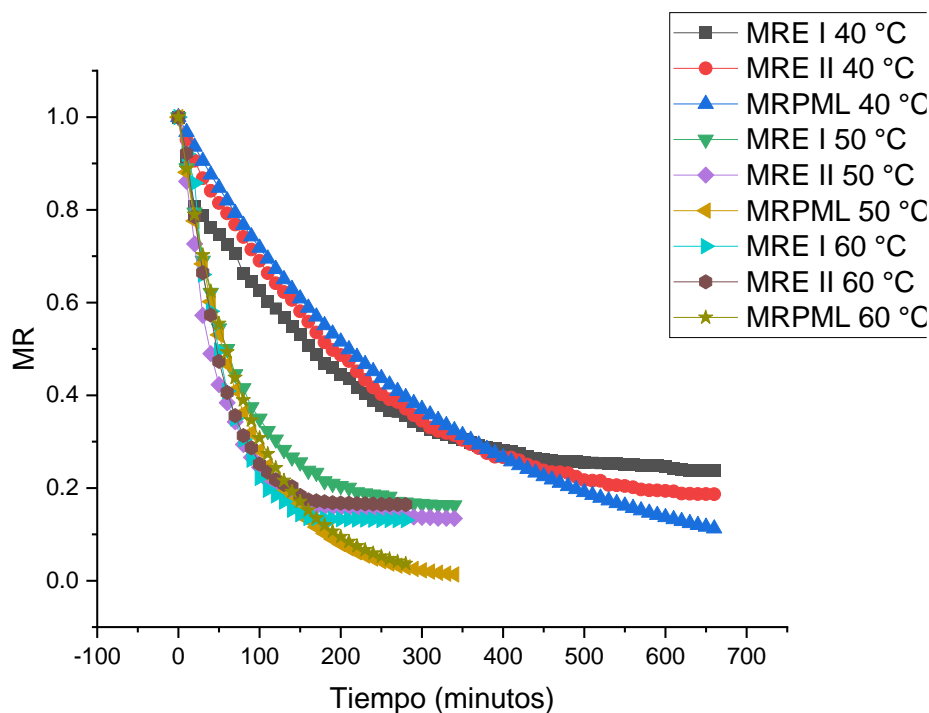


Figura 5. Velocidad de secado con ajuste a modelo de Lewis

Los resultados del estudio permiten concluir que los efectos del secado por infrarrojo lejano se ajustan a los parámetros de los modelos estudiados en procesos de secado con otras fuentes de energía y diferentes materiales orgánicos, así mismo, se destaca una temperatura de calentamiento por infrarrojo lejano de 60°C y 190 min para eliminar el 90% de agua, empezando el proceso de secado desde una humedad inicial de 79% para obtener hojas de albahaca seca con 7 a 10% de humedad.

En el presente trabajo el modelamiento de secado muestra una optimización real del trabajo físico de la cinética del proceso de secado por infrarrojo lejano de las hojas de albahaca. Los resultados son útiles para modelar datos, optimizar, diseñar, desarrollar y mejorar procesos donde una respuesta o respuestas se ven afectadas por varias variables, así mismo los resultados obtenidos coinciden con (Sun et al., 2023).

Los estudios realizados en secado por infrarrojo lejano exploran la influencia de la temperatura y su efecto en el contenido de humedad volumétrico promedio. Muchos expertos como (Huang et al., 2021), (Patel y Panwar, 2022)

y (Silva-Paz, Mateo-Mendoza y Eccoña-Sota, 2023), estudiaron el coeficiente de difusión de la humedad, la energía de activación, los modelos matemáticos y sentaron una base sólida para la investigación de secado con infrarrojo lejano (Léonard et al., 2008).

En la Tabla 4 se presenta los parámetros y estadísticos del modelamiento matemático con los datos de secado de hojas de albahaca por calentamiento con infrarrojo lejano, con el modelo de Page y Herderson y Pabis se obtuvieron los valores más altos del coeficiente de determinación (R^2), así mismo, se obtuvieron los valores más bajos del error cuadrático medio (RMSE) y Chicuadrado. Los parámetros estimados y los datos estadísticos obtenidos para este modelo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Parámetros y estadísticos de modelamiento de secado

T S (°C)	Rep,	MODELO	ECUACIÓN	ESTADISTICA			PAMETROS		
				RMSE	R ²	χ ²	A	K	N
40	I	Henderson y Pabis	MR= a exp (-kt ⁿ)	0,02	0,99	0,001	1,03	0,035	0,6
	II			0,02	0,99	0	1,03	0,011	0,8
50	I			0,03	0,98	0,001	1,05	0,053	0,64
	II			0,04	0,96	0,002	1,05	0,088	0,58
60	I			0,05	0,98	0,003	1,07	0,059	0,8
	II			0,05	0,98	0,002	1,07	0,086	0,68
40	I	Page	MR= exp (-kt ⁿ)	0,02	0,98	0,001	-	0,029	0,62
	II			0,02	0,99	0	-	0,009	0,83
50	I			0,03	0,98	0,001	-	0,042	0,68
	II			0,04	0,96	0,002	-	0,074	0,61
60	I			0,05	0,98	0,003	-	0,045	0,85
	II			0,05	0,98	0,003	-	0,069	0,72
40	i	Newton/ Lewis	MR= exp (-kt)	0,08	0,84	0,006	-	0,003	-
	II			0,03	0,98	0,001	-	0,003	-
50	I			0,07	0,9	0,005	-	0,009	-
	II			0,08	0,85	0,007	-	0,013	-
60 °	I			0,06	0,98	0,003	-	0,026	-
	II			0,07	0,97	0,005	-	0,024	-

En todos los casos, los valores de R^2 para los modelos fueron superiores a 0,85, lo que indica un buen ajuste. El modelo de Page podría describir adecuadamente el secado combinado por infrarrojos y vacío de rodajas de

champiñones. Así mismo, el secado de materiales alimentarios, el modelo de Page modificado predice mejor para las características de secado que los otros modelos (Salehi y Kashaninejad, 2018). Similares resultados obtuvieron secando con infrarrojo lejano hierba y especias aromáticas (Zayapor y M., 2023).

4.2. Resultados de compuestos fenólicos determinados con HPLC

Los resultados exhiben la identificación de los polifenoles en las hojas de albahaca seca, se basa en los tiempos de retención comparados con los patrones y sus espectros UV-vis con detección de arreglo de diodos (DAD). Las Figuras 6, 7 y 8 se muestran el cromatograma que exhibe la presencia de ácido clorogénico con tiempo de retención en promedio 9,99 min, con una SD 0,021, ácido rosmarínico tiempo de retención promedio 15,35 min y SD 0,025. Quercitina tiempo de retención promedio 16,83 min y SD 0,046.

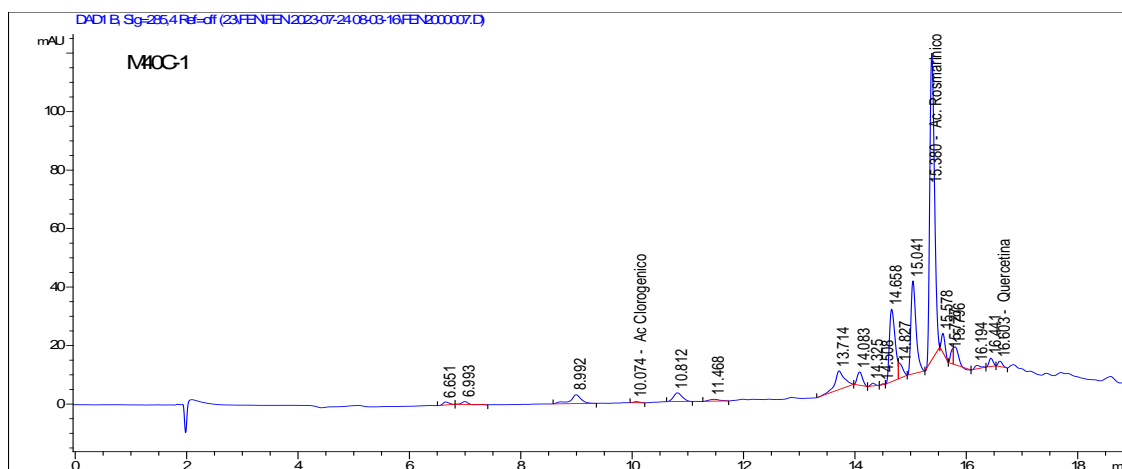


Figura 6. Cromatograma de polifenoles en hojas secado a 40°C

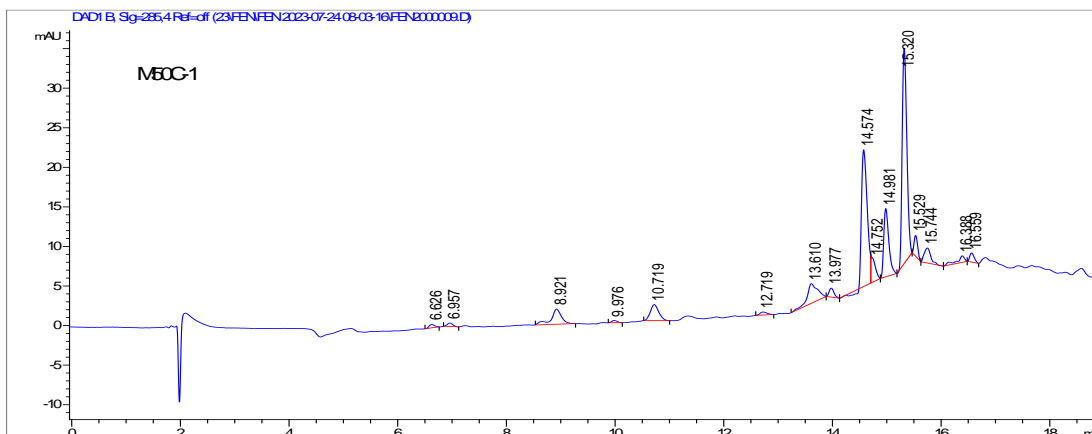


Figura 7. Cromatograma de polifenoles en hojas secado a 50°C

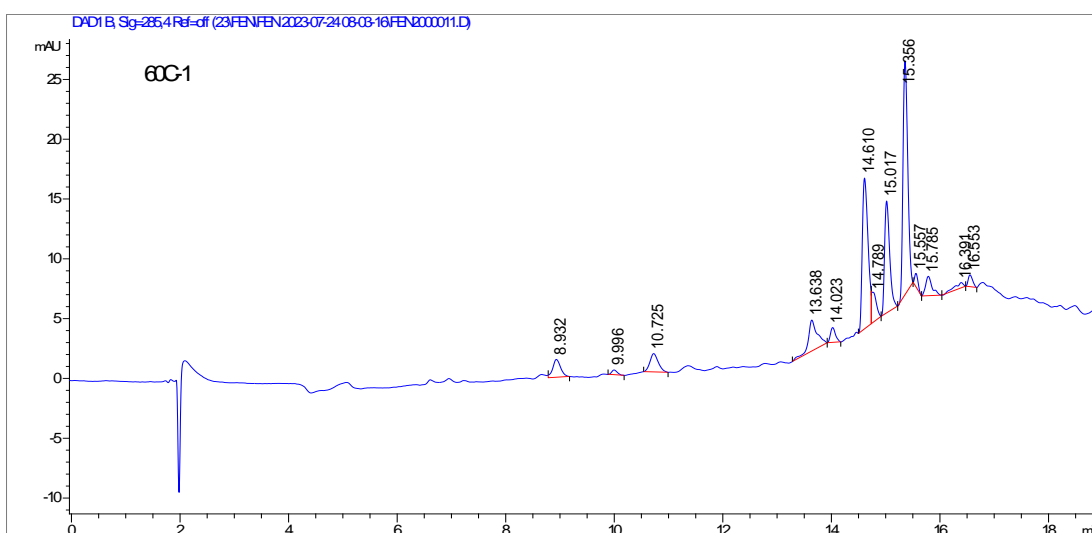


Figura 8. Cromatograma de polifenoles en hojas secado a 60°C

En las Fig. 6, 7 y 8 se muestran los polifenoles típicos de hojas de albahaca resultados que se puede confirmar con literatura científica expuesto por (Lee y Scagel, 2009), (Lee y Scagel, 2010), (Bahcesular et al., 2020), (Park y Lee, 2021), (do Prado et al., 2022), así mismo, los espectros UV-vis de estos picos mostraron una mayor absorción alrededor de 280 a 350 nm, resultados similares reportaron en hojas de albahaca estudiados por (Lu et al., 2014)

Los resultados obtenidos proveen evidencia de antioxidantes más abundantes expuestos en la literatura, principalmente resalta ácido rosmarínico, como el compuesto más abundante, resultado que se confirma con reportes presentados por (do Prado et al., 2022), (Castronuovo et al., 2019), (Lauria et al., 2023), además se detectaron quercitina y ácido clorogénico como

segundo y tercer compuesto respectivamente de mayor predominancia en las hojas de albahaca estudiado, estos resultados coinciden con (Larsen et al., 2023).

Los estudios realizados por Bahcesular et al., (2020), Park y Lee, (2021) sobre los compuestos fenólicos de la albahaca confirman la presencia de ácido cafeico, rutina, ácido siríngico, ácido cumárico, quercetina y kaempferol. De los fenólicos, los ácidos rosmarínico, cítrico y cafeico, que se han caracterizado por su elevada actividad antioxidante, son comunes en la albahaca dulce (Padalia et al., 2017). Además, el ácido cítrico es una de las moléculas más importantes para la dieta humana debido a su mayor actividad antioxidante que el ácido rosmarínico (Lu et al., 2014).

Frente a La variación de la temperatura de secado los polifenoles se mantuvieron estables en las proporciones detectadas ($p > 0.05$), varios polifenoles son inestables a la exposición de temperaturas elevadas y periodos prolongados (Cacace y Mazza, 2002). El total de polifenoles y la actividad antioxidante en tiempos cortos de secado no disminuyen, así, el secado en tambor entre 100 °C y 110 °C de temperatura es óptimo (Galaz et al., 2017), sin embargo, la temperatura de secado entre 45°C a 70°C con calentamiento por infrarrojo lejano es clave para mantener las propiedades bioactivos de los productos secos (Pei et al., 2021), (Zeng et al., 2023), (Zhang et al., 2023), el secado y extracción de polifenoles mayor a 80°C es seriamente cuestionado por estudios recientes (Morsli et al., 2021)

4.3. Resultados capacidad antioxidante con DPPH

En la Tabla 5 se presenta la cuantificación la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC), el ensayo mediante el método de radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), muestra potencial antioxidante en las hojas de albahaca seca obtenidos a temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C, asistido con infrarrojo lejano de 221 Watts de potencia, el valor más alto con media de 33,3194 y SD 1,50 se observa en las hojas secadas a temperatura de 50°C, seguido de la muestra secada a 60°C con media de 33,3228 y SD 0,91

Tabla 5: Capacidad antioxidante hojas de albahaca seca

T	M40 °C TEAC mmol/100g	M50°C TEAC mmol/100g	M60°C TEAC mmol/100g
R	13,4811	32,4585	34,8275
	13,5457	32,6976	34,7471
	13,675	32,5545	34,9074
	18,4335	35,3074	31,7676
	18,6226	33,3365	31,8511
	18,6855	33,381	31,8162
M	16,0739	33,319	33,3228
SD	± 2,50	± 1,50	± 0,91
% Inhb	77,20	47,20	45,5

Leyenda: T, tratamientos; R, repeticiones; M, media; SD, desviación estándar; %Inhb, coeficiente de inhibición

El ANOVA (Tabla 5, anexo 8), descompone la varianza de los antioxidantes entre tratamientos, y establece la estimación de la variación entre los tratamientos, por consiguiente, el valor de probabilidad (p-valor) de la prueba F es inferior a 0,05, en efecto, se concluye existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de los antioxidantes estudiados a temperaturas de secado entre 40°C, 50°C y 60°C, por tanto, se concluye, resaltando que el efecto de la variación temperaturas de secado de un nivel a otro, influye en los antioxidantes de las hojas de albahaca.

El potencial antioxidante de los extractos de plantas puede evaluarse empleando técnicas ampliamente aceptadas, es decir, el barrido radical libre estable mediante el ensayo DPPH, el poder antioxidante férrico reductor (FRAP) y el barrido del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (Rubio et al., 2016). En nuestro estudio, las hojas de *O. basilicum* muestran una notable actividad antioxidante en los ensayos DPPH. Además, La capacidad antioxidante equivalente de Trolox (TEAC), la capacidad reductora férrica del plasma (FRAP) y la capacidad antioxidante reductora cúprica (CUPRAC) son diferentes ensayos descritos para determinar el total de antioxidantes de una muestra (Kumar et al., 2020).

Los resultados obtenidos resaltan la determinación de actividad antioxidante con Coeficiente de Inhibición al 50% (CI50) en milimoles equivalentes de

Trolox que están presente en 100 gramos de muestra, los valores bajos poseen mayor actividad antioxidante. El efecto de la acción del inhibidor se mide como el porcentaje de disminución de la actividad inicial del oxidante en un momento determinado. En los métodos que utilizan mediciones de absorbancia por ejemplo DPPH, ABTS+, O₂⁻, OH, se calcula un porcentaje de inhibición a partir de los cambios de la absorbancia (Olszowy-Tomczyk, 2021)

4.4. Resultados de compuestos fenólicos totales

Las muestras evaluadas mediante ensayo de Folin-Ciocalteu se presenta en la Tabla 6, valores expresado en gramos en equivalentes de Ácido Gálico que están presente en 100 gramos (GAE/g) de muestra, los resultados obtenidos exhiben ligeramente mayor contenido de compuestos fenólicos totales en muestras secadas a temperatura de 40°C con una media de 9,65 mg GAE/g y SD 2,65, sin embargo, se observa, contenido de compuestos fenólicos totales una media de 6,73 GAE/g y SD 0,13 en muestra secada a 50°C, así mismo, se observa una media de 6,46 GAE/g y SD 0,39 en muestra secada a 60°C con asistencia de infrarrojo lejano.

Tabla 6: Compuestos fenólicos totales (CFT)

T	GAE/g MS 40°C	GAE/g MS 50°C	GAE/g MS 60°C
R	9,8545	6,8075	6,0618
	9,9267	6,8564	6,0132
	9,9749	6,8808	6,1347
	9,393	6,7507	6,8506
	9,4173	6,5464	6,8749
	9,3687	6,5464	6,8263
M	9,65 ^a	6,73 ^b	6,46 ^b
SD	± 2,65	± 0,13	± 0,39

El ANOVA (Tabla 6, anexo 9) descompone la varianza del compuestos fenólicos totales entre tratamientos, por tanto, establece la estimación de la varianza entre los tratamientos, por consiguiente, el valor de probabilidad (p-valor) de la prueba F es inferior a 0,05, en efecto, se concluye existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de los compuestos fenólicos totales cuando las temperaturas de secado varían de un nivel a otro.

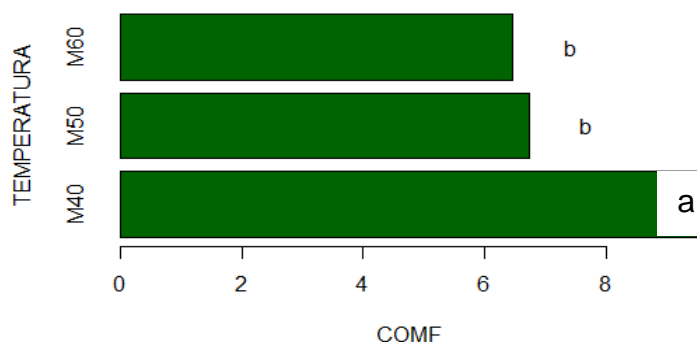


Figura 9. Prueba de comparación de medias de Tukey

La comparación múltiple de medias muestra diferencias estadísticamente significativas al nivel de confianza del 95,0% ($p < 0.05$). El método permitió discriminar entre las medias mediante el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (Fig. 9). El método explica que existe un riesgo del 5,0% de que uno o más pares sean significativamente diferentes cuando su diferencia real es igual a cero.

Los resultados obtenidos muestran altos valores de compuestos fenólicos totales en las hojas de albahaca, resultado similar exhibe (Tsurunaga y Kanou, 2023). Las temperaturas de secado establecida en el presente trabajo se encuentra en rango de operaciones de secado de las hoja de albahaca, el secado a bajas temperaturas entre 40 - 60 °C son preferidos para preservar los compuestos volátiles, así mismo, la técnica de la combinación de energía aire caliente de 100 °C y 200 W de infrarrojo incide en el valor total de compuestos fenólicos totales (Bagheri et al., 2016). El procesamiento térmico puede liberar más ácidos fenólicos unidos a partir de la descomposición de los componentes celulares, aunque la alteración de las paredes celulares también libera enzimas oxidativas e hidrolíticas que pueden destruir los antioxidantes en frutas y verduras (Raksakantong et al., 2011).

Se puede concluir de los resultados de los ensayos antioxidantes que la mayor actividad de eliminación de radicales de los extractos etanolitos de hojas de *O. basilicum* puede atribuirse a la presencia de fenólicos, flavonoides y taninos. Los hallazgos de Ahmed, Khan y Saeed, (2015) también esbozaron una relación positiva entre la actividad antioxidante, el contenido fenólico y la

ubicación geográfica, así mismo, (Park y Lee, 2021) también informaron sobre el potencial antioxidante de las hojas de *O. basilicum* y sugirieron que los extractos metanólicos de hojas liofilizadas ofrecen la mayor actividad antioxidante (Nadeem et al., 2022).

CONCLUSION

Los resultados obtenidos muestran altos valores de antioxidantes y compuestos fenólicos totales en las hojas de albahaca secadas por calentamiento de infrarrojo lejano. Las temperaturas de secado establecida en el presente trabajo se encuentran en rango de operaciones de secado de las hojas de albahaca.

Mediante el análisis de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se detectaron valores significativos de principales compuestos fenólicos como ácido clorogénico, ácido rosmarínico y quercitina en hojas de albahaca secadas por calentamiento con infrarrojo lejano. Existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de los compuestos fenólicos totales cuando las temperaturas de secado varían de un nivel a otro

La determinación de la actividad antioxidante resalta Coeficiente de Inhibición al 50% (CI50) en milimoles equivalentes de Trolox que están presente en 100 gramos de muestra. Existe diferencia estadísticamente significativa en la media de los antioxidantes estudiados a temperaturas de secado entre 40, 50 y 60°C, respectivamente

El calentamiento con infrarrojo lejano a temperatura de 60 °C resultó ser eficiente para deshidratar las hojas de albahaca en menor tiempo sin comprometer las propiedades funcionales

SUGERENCIAS

Se sugiere estudiar:

Evaluar el efecto de secado por calentamiento con infrarrojo lejano en las propiedades aromáticas de las hojas de albahaca.

Evaluar el efecto de la variación de la potencia de irradiación de infrarrojo lejano en las propiedades bioactivos de las hojas de albahaca.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUERO PAJUELO, E. y MENDEZ PANDO, G., 2021. *CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES AROMÁTICAS DE LA ALBAHACA (Ocimum basilicum) POR MEDIO DE LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SECADO POR CONVECCIÓN Y ENVASE APROPIADO*. S.l.: s.n.
- AHMED, A.F., ATTIA, F.A.K., LIU, Z., LI, C., WEI, J. y KANG, W., 2019. Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Science and Human Wellness* [en línea], vol. 8, no. 3, pp. 299-305. ISSN 2213-4530. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.07.004>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213453019300953>.
- AHMED, D., KHAN, M.M. y SAEED, R., 2015. Comparative analysis of phenolics, flavonoids, and antioxidant and antibacterial potential of methanolic, hexanic and aqueous extracts from *Adiantum caudatum* leaves. *Antioxidants*, vol. 4, no. 2, pp. 394-409. ISSN 20763921. DOI 10.3390/antiox4020394.
- AKHTAR, M.S. y MUNIR, M., 1989. Evaluation of the gastric antiulcerogenic effects of *Solanum nigrum*, *Brassica oleracea* and *Ocimum basilicum* in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 27, no. 1-2, pp. 163-176. ISSN 03788741. DOI 10.1016/0378-8741(89)90088-3.
- ALIBAS, I., YILMAZ, A., ASIK, B.B. y ERDOĞAN, H., 2021. Influence of drying methods on the nutrients, protein content and vitamin profile of basil leaves. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 96, no. December 2020. ISSN 08891575. DOI 10.1016/j.jfca.2020.103758.
- ALTAY, K., HAYALOGLU, A., & DIRIM, S., 2019. Determination of the drying kinetics and energy efficiency of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves using different drying methods. *Heat and Mass Transfer* [en línea], vol. 55, no. 8, pp. 2173-2184. DOI 10.1007/s00231-019-02570-9. Disponible en: <https://www.deepdyve.com/lp/springer-journals/determination-of-the-drying-kinetics-and-energy-efficiency-of-purple-VSSZvvTwp>.
- AMINI, G., SALEHI, F. y RASOULI, M., 2021. Color changes and drying kinetics modeling of basil seed mucilage during infrared drying process. *Information Processing in Agriculture* [en línea], no. xxxx, pp. 1-9. ISSN 2214-3173. DOI 10.1016/j.inpa.2021.07.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.07.001>.
- AMINI, G., SALEHI, F. y RASOULI, M., 2022. Color changes and drying

- kinetics modeling of basil seed mucilage during infrared drying process. *Information Processing in Agriculture*, vol. 9, no. 3, pp. 397-405. ISSN 22143173. DOI 10.1016/j.inpa.2021.07.001.
- APAK, R., ÖZYÜREK, M., GÜÇLÜ, K. y ÇAPANOĞLU, E., 2016. Antioxidant Activity/Capacity Measurement. 2. Hydrogen Atom Transfer (HAT)-Based, Mixed-Mode (Electron Transfer (ET)/HAT), and Lipid Peroxidation Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 64, no. 5, pp. 1028-1045. ISSN 0021-8561. DOI 10.1021/acs.jafc.5b04743.
- ARRANZ, E., JAIME, L., LÓPEZ DE LAS HAZAS, M.C., REGLERO, G. y SANTOYO, S., 2015. Supercritical fluid extraction as an alternative process to obtain essential oils with anti-inflammatory properties from marjoram and sweet basil. *Industrial Crops and Products* [en línea], vol. 67, pp. 121-129. ISSN 0926-6690. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.012>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901500014X>.
- AYAD, R. y AKKAL, S., 2019. Phytochemistry and biological activities of algerian *Centaurea* and related genera. *Studies in Natural Products Chemistry*, vol. 63, pp. 357-414. ISSN 1572-5995. DOI 10.1016/B978-0-12-817901-7.00012-5.
- BAGHERI, H., KASHANINEJAD, M., ZIAIFAR, A.M. y AALAMI, M., 2016. Novel hybridized infrared-hot air method for roasting of peanut kernels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 37, pp. 106-114. ISSN 14668564. DOI 10.1016/j.ifset.2016.08.014.
- BAHCESULAR, B., YILDIRIM, E.D., KARAÇOCUK, M., KULAK, M. y KARAMAN, S., 2020. Seed priming with melatonin effects on growth, essential oil compounds and antioxidant activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress. *Industrial Crops and Products*, vol. 146, no. July 2019, pp. 112165. ISSN 09266690. DOI 10.1016/j.indcrop.2020.112165.
- BAJOMO, E.M., AING, M.S., FORD, L.S. y NIEMEYER, E.D., 2022. Chemotyping of commercially available basil (*Ocimum basilicum* L.) varieties: Cultivar and morphotype influence phenolic acid composition and antioxidant properties. *NFS Journal*, vol. 26, no. January, pp. 1-9. ISSN 23523646. DOI 10.1016/j.nfs.2022.01.001.
- BEDOYA-PERALES, N.S. y DAL' MAGRO, G.P., 2021. Quantification of Food Losses and Waste in Peru: A Mass Flow Analysis along the Food Supply Chain. *Sustainability* [en línea], vol. 13, no. 5, pp. 2807. [Consulta: 8 septiembre 2022]. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/SU13052807. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2807/htm>.
- BEJESHK, M.A., AMINIZADEH, A.H., RAJIZADEH, M.A., ROSTAMABADI, F., BAGHERI, F., KHAKSARI, M. y AZIMI, M., 2023. Ameliorating effects of *Acacia arabica* and *Ocimum basilicum* on acetic acid-induced ulcerative colitis model through mitigation of inflammation and oxidative

- stress. *Heliyon* [en línea], vol. 9, no. 11, pp. e22355. ISSN 2405-8440. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22355>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023095634>.
- BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A., DURGO, K., HUĐEK, A., BAČUN-DRUŽINA, V. y KOMES, D., 2018. Overview of polyphenols and their properties. *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications*, pp. 3-44. DOI 10.1016/B978-0-12-813572-3.00001-4.
- BERK, Z., 2018. *Food Process Engineering and Technology*. Third edit. London: Academic Press is an imprint of Elsevier. ISBN 9780128120187.
- BLAINSKI, A., LOPES, G.C. y DE MELLO, J.C.P., 2013. Application and analysis of the folin ciocalteu method for the determination of the total phenolic content from limonium brasiliense L. *Molecules*, vol. 18, no. 6, pp. 6852-6865. ISSN 14203049. DOI 10.3390/molecules18066852.
- CABALLERO SOPAN, J.D., 2021. *EFFECTO DEL SECADO SOBRE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN LA HOJA DE MORINGA (Moringa Oleífera)*. S.l.: Universidad Nacional del Santa.
- CACACE, J.E. y MAZZA, G., 2002. Extraction of anthocyanins and other phenolics from black currants with sulfured water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, no. 21, pp. 5939-5946. ISSN 00218561. DOI 10.1021/jf025614x.
- CASTRONUOVO, D., RUSSO, D., LIBONATI, R., FARAONE, I., CANDIDO, V., PICUNO, P., ANDRADE, P., VALENTAO, P. y MILELLA, L., 2019. Influence of shading treatment on yield, morphological traits and phenolic profile of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Scientia Horticulturae* [en línea], vol. 254, pp. 91-98. ISSN 0304-4238. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.077>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819303346>.
- DAKSA, T.W. y TOLESA, G.N., 2024. Evaluation of selected drying models of white sapote (*Casimiroa edulis* L.) slices as affected by drying methods and pre-drying treatments. *Heliyon* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. e24440. ISSN 2405-8440. DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24440>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024004717>.
- DANTAS, A., PIELLA-RIFÀ, M., COSTA, D.P., FELIPE, X. y GOU, P., 2024. Innovations in spray drying technology for liquid food processing: Design, mechanisms, and potential for application. *Applied Food Research* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 100382. ISSN 2772-5022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100382>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502223001191>.
- DELFIYA, D.S.A., PRASHOB, K., MURALI, S., ALFIYA, P. V., SAMUEL, M.P. y PANDISELVAM, R., 2022. Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review. *Journal of Food Process Engineering* [en línea], vol. 45, no. 6, pp. e13810. [Consulta: 7 septiembre 2022].

ISSN 1745-4530. DOI 10.1111/JFPE.13810. Disponible en:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpe.13810>.

- DO PRADO, N.B., DE ABREU, C.B., PINHO, C.S., JUNIOR, M.M. d. N., SILVA, M.D., ESPINO, M., SILVA, M.F. y DIAS, F. de S., 2022. Application of multivariate analysis to assess stress by Cd, Pb and Al in basil (*Ocimum basilicum* L.) using caffeic acid, rosmarinic acid, total phenolics, total flavonoids and total dry mass in response. *Food Chemistry*, vol. 367, no. July 2021, pp. 130682. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.130682.
- DOBYNS, E.L., CARPENTER, T.C., DURMOWICZ, A.G. y STENMARK, K.R., 2006. Acute Respiratory Failure. *Kendig's Disorders of the Respiratory Tract in Children*, pp. 224-242. DOI 10.1016/B978-0-7216-3695-5.50017-1.
- DRISCOLL, R., 2004. Food Dehydration. En: J.S. SMITH y Y.H. HUI (eds.), *Food Processing: Principles and Applications*. S.I.: Wiley-Blackwell, pp. 31-44. ISBN 9780470290118.
- DU, Y., YAN, J., WEI, H., XIE, H., WU, Y. y ZHOU, J., 2023. Drying kinetics of paddy drying with graphene far-infrared drying equipment at different IR temperatures, radiations-distances, grain-flow, and dehumidifying-velocities. *Case Studies in Thermal Engineering* [en línea], vol. 43, pp. 102780. ISSN 2214-157X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102780>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X23000862>.
- EKLUND, P.C., LÅNGVIK, O.K., WÄRNÅ, J.P., SALMI, T.O., WILLFÖR, S.M. y SJÖHOLM, R.E., 2005. Chemical studies on antioxidant mechanisms and free radical scavenging properties of lignans. *Organic & Biomolecular Chemistry* [en línea], vol. 3, no. 18, pp. 3336-3347. [Consulta: 3 junio 2022]. ISSN 1477-0539. DOI 10.1039/B506739A. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2005/ob/b506739a>.
- ESPINOZA LUNA, M.K., 2021. *SECADO POR LECHO FLUIDIZADO DE HOJAS DE MÁTICO (Piper aduncum L.) Y MALVA (Malva sylvestris), EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ACEPTACIÓN SENSORIAL DE SUS FILTRANTES*. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.
- ESPINOZA SAAVEDRA, J. luis, 2011. *APLICACION DE UN PROCESO DE SECADO ASISTIDO INFRARROJO PARA LA DESHIDRATACION DEL FRUTO DE MURTILLA (Ugni molinae Turcz.)*. S.I.: Universidad de Chile.
- FILIP, S., 2017. Basil (*Ocimum basilicum* L.) a Source of Valuable Phytonutrients, Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:91561086>.
- FRONTELA, C., CANALI, R. y VIRGILI, F., 2010. Empleo de compuestos fenólicos en la dieta para modular la respuesta inflamatoria intestinal. *Gastroenterología y Hepatología*, vol. 33, no. 4, pp. 307-312. ISSN 02105705. DOI 10.1016/j.gastrohep.2009.09.006.

- GALARZA., C.R., 2021. Diseños de investigación experimental. *Diseños de investigación experimental*, vol. 10.
- GALAZ, P., VALDENEGRO, M., RAMÍREZ, C., NUÑEZ, H., ALMONACID, S. y SIMPSON, R., 2017. Effect of drum drying temperature on drying kinetic and polyphenol contents in pomegranate peel. *Journal of Food Engineering*, vol. 208, pp. 19-27. ISSN 02608774. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.002.
- GAN, R.Y., CHAN, C.L., YANG, Q.Q., LI, H. Bin, ZHANG, D., GE, Y.Y., GUNARATNE, A., GE, J. y CORKE, H., 2019. Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. *Sprouted Grains: Nutritional Value, Production, and Applications*, pp. 191-246. DOI 10.1016/B978-0-12-811525-1.00009-9.
- GOSSA, A.G., ASFAW, B.T., KAIGONGI, M.M. y YENESEW, A., 2023. The chemotypes of Ethiopian *Ocimum basilicum* L. (sweet basil) germplasms. *South African Journal of Botany* [en línea], vol. 163, pp. 348-357. ISSN 0254-6299. DOI <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.10.062>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629923006701>.
- GULCIN, İ., 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, vol. 94, no. 3, pp. 651-715. ISSN 14320738. DOI 10.1007/s00204-020-02689-3.
- GÜLÇİN, İ., 2012. Antioxidant activity of food constituents: An overview. *Archives of Toxicology*, vol. 86, no. 3, pp. 345-391. ISSN 03405761. DOI 10.1007/s00204-011-0774-2.
- GURKAN, H. y HAYALOGLU, A.A., 2023. Changes in volatiles and essential oil composition of three organs (leaf, stem and flower) of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) by GC–MS combined with multivariate statistical approach. *Food Chemistry Advances*, vol. 2, no. March, pp. 100292. ISSN 2772753X. DOI 10.1016/j.focha.2023.100292.
- HABSAH, A., NURUL ASYIKIN, M.Z., NURHASLINA, C.R., MIRADATUL NAJWA, M.R., MUHD ANWAR, A. y KU, H., 2017. Heat effects from far-infrared source towards antioxidant activity in *Aquilaria subintegra* leaves. *Materials Science Forum*, vol. 890 MSF, no. July 2021, pp. 146-149. ISSN 16629752. DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.890.146.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P., 2016. *Metodología de la investigación*. Sexta edic. México: McGRAW-HILL. ISBN 9788578110796.
- HUANG, D., YANG, P., TANG, X., LUO, L. y SUNDEN, B., 2021. Application of infrared radiation in the drying of food products. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], vol. 110, pp. 765-777. ISSN 0924-2244. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.039>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421001461>.
- JAYAS, D.S., 2016. Food Dehydration. *Reference Module in Food Science* [en línea], [Consulta: 29 mayo 2022]. DOI 10.1016/B978-0-08-100596-

5.02913-9. Disponible en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965029139>.

- KANAFUSA, S., MASPERO, U., PETERSEN, M.A. y GÓMEZ GALINDO, F., 2022. Influence of pulsed electric field-assisted dehydration on the volatile compounds of basil leaves. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 77, no. March. ISSN 14668564. DOI 10.1016/j.ifset.2022.102979.
- KARACABEY, E., MAZZA, G., BAYINDIRLI, L. y ARTIK, N., 2012. Extraction of Bioactive Compounds from Milled Grape Canes (*Vitis vinifera*) Using a Pressurized Low-Polarity Water Extractor. *Food and Bioprocess Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 359-371. ISSN 19355149. DOI 10.1007/s11947-009-0286-8.
- KEDARE, S.B. y SINGH, R.P., 2011. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 48, no. 4, pp. 412-422. ISSN 00221155. DOI 10.1007/s13197-011-0251-1.
- KÉITA, S.M., VINCENT, C., SCHMIT, J.P., ARNASON, J.T. y BÉLANGER, A., 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of Stored Products Research*, vol. 37, no. 4, pp. 339-349. ISSN 0022474X. DOI 10.1016/S0022-474X(00)00034-5.
- KUMAR, J., KUMAR, N., SATI, N. y HOTA, P.K., 2020. Antioxidant properties of ethenyl indole: DPPH assay and TDDFT studies. *New Journal of Chemistry*, vol. 44, no. 21, pp. 8960-8970. ISSN 13699261. DOI 10.1039/d0nj01317j.
- KUMAR, S., KRISHNA CHAITANYA, R. y PREEDY, V.R., 2018. Assessment of Antioxidant Potential of Dietary Components. *HIV/AIDS: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*, pp. 239-253. DOI 10.1016/B978-0-12-809853-0.00020-1.
- LAO, Y., ZHANG, M., CHITRAKAR, B., BHANDARI, B. y FAN, D., 2019. Efficient Plant Foods Processing Based on Infrared Heating. *Food Reviews International*, vol. 35, no. 7, pp. 640-663. ISSN 15256103. DOI 10.1080/87559129.2019.1600537.
- LARSEN, D.H., MARCELIS, L.F.M., VAN KEMPEN, D., KOHLEN, W., NICOLE, C.C.S. y WOLTERING, E.J., 2023. Far-red light during cultivation improves postharvest chilling tolerance in basil. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 198, pp. 112232. ISSN 0925-5214. DOI <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112232>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521422004008>.
- LAURIA, G., LO PICCOLO, E., CECCANTI, C., PAOLI, L., GIORDANI, T., GUIDI, L., MALORGIO, F., MASSAI, R., NALI, C., PELLEGRINI, E., REMORINI, D., SANITÀ DI TOPPI, L., VERNIERI, P. y LANDI, M., 2023. Supplemental red light more than other wavebands activates antioxidant defenses in greenhouse-cultivated *Fragaria ananassa* var. Elsanta

- plants. *Scientia Horticulturae* [en línea], vol. 321, pp. 112319. ISSN 0304-4238. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112319>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423823004909>.
- LEE, E.H., 2020. *A Review on Applications of Infrared Heating for Food Processing in Comparison to Other Industries*. S.l.: Elsevier. ISBN 9780128157824.
- LEE, J. y SCAGEL, C.F., 2009. Chicoric acid found in basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, vol. 115, no. 2, pp. 650-656. ISSN 03088146. DOI 10.1016/j.foodchem.2008.12.075.
- LEE, J. y SCAGEL, C.F., 2010. Chicoric acid levels in commercial basil (*Ocimum basilicum*) and Echinacea purpurea products. *Journal of Functional Foods*, vol. 2, no. 1, pp. 77-84. ISSN 17564646. DOI 10.1016/j.jff.2009.11.004.
- LEE, S.J., UMANO, K., SHIBAMOTO, T. y LEE, K.G., 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, vol. 91, no. 1, pp. 131-137. ISSN 03088146. DOI 10.1016/j.foodchem.2004.05.056.
- LÉONARD, A., BLACHER, S., NIMMOL, C. y DEVAHASTIN, S., 2008. Effect of far-infrared radiation assisted drying on microstructure of banana slices: An illustrative use of X-ray microtomography in microstructural evaluation of a food product. *Journal of Food Engineering* [en línea], vol. 85, no. 1, pp. 154-162. ISSN 0260-8774. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.017>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877407004116>.
- LI, S., LI, S.K., LI, H. Bin, XU, X.R., DENG, G.F. y XU, D.P., 2014. Antioxidant Capacities of Herbal Infusions. *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages*, pp. 41-50. DOI 10.1016/B978-0-12-404738-9.00005-2.
- LOBO, V., PATIL, A., PHATAK, A. y CHANDRA, N., 2010. Free Radicals, Antioxidants and Functional Foods: Impact on Human Health. *Nature*, vol. 4, no. 8, pp. 118-126. DOI 10.4103/0973-7847.70902.
- LU, Y., GAO, B., CHEN, P., CHARLES, D. y YU, L., 2014. Characterisation of organic and conventional sweet basil leaves using chromatographic and flow-injection mass spectrometric (FIMS) fingerprints combined with principal component analysis. *Food Chemistry*, vol. 154, pp. 262-268. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.01.009.
- MAGALHÃES BRANDÃO, R., ROBERTO BATISTA, L., ELVIS DE OLIVEIRA, J., BISPO BARBOSA, R., LEE NELSON, D. y GRAÇAS CARDOSO, M., 2023. In vitro and in vivo efficacy of poly(lactic acid) nanofiber packaging containing essential oils from *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum gratissimum* L. against *Aspergillus carbonarius* and *Aspergillus niger* in table grapes. *Food Chemistry*, vol. 400, no. September 2022. ISSN 18737072. DOI

10.1016/j.foodchem.2022.134087.

- MALEKJANI, N., HOMAYOONFAL, M., BAEGHBALI, V., ANSARIFAR, E., HEDAYATI, S. y JAFARI, S.M., 2024. Chapter 3 - Optimization of the spray drying process parameters for the food and bioactive ingredients. En: S.M. JAFARI y K. SAMBORSKA (eds.), *Spray Drying for the Food Industry* [en línea]. S.l.: Woodhead Publishing, pp. 57-83. ISBN 978-0-12-819799-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128197998000090>.
- MATRINEZ SANTIN, J.P., 2020. *Aplicación del proceso de secado con energías alternativas (luz infrarroja y halógena) en materiales biológicos como orégano (origanum vulgare l) y menta (mentha piperita l)*. S.l.: Universidad Estatal Amazonica.
- MFOTIE NJOYA, E., 2021. Medicinal plants, antioxidant potential, and cancer. *Cancer: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*, pp. 349-357. DOI 10.1016/B978-0-12-819547-5.00031-6.
- MORSLI, F., GRIGORAKIS, S., HALAHLAH, A., POULIANITI, K.P. y MAKRIS, D.P., 2021. Appraisal of the combined effect of time and temperature on the total polyphenol yield in batch stirred-tank extraction of medicinal and aromatic plants: The extraction efficiency factor. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, vol. 25, no. July, pp. 100340. ISSN 22147861. DOI 10.1016/j.jarmap.2021.100340.
- NADEEM, H.R., AKHTAR, S., SESTILI, P., ISMAIL, T., NEUGART, S., QAMAR, M. y ESATBEYOGLU, T., 2022. Toxicity, Antioxidant Activity, and Phytochemicals of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves Cultivated in Southern Punjab, Pakistan. *Foods*, vol. 11, no. 9, pp. 1-13. ISSN 23048158. DOI 10.3390/foods11091239.
- NOLLET, L.M.L. y RATHORE, H.S., 2017. *Green pesticides handbook: Essential oils for pest control*. S.l.: s.n. ISBN 9781498759397.
- OLSZOWY-TOMCZYK, M., 2021. How to express the antioxidant properties of substances properly? *Chemical Papers*, vol. 75, no. 12, pp. 6157-6167. ISSN 13369075. DOI 10.1007/s11696-021-01799-1.
- PADALIA, R.C., VERMA, R.S., UPADHYAY, R.K., CHAUHAN, A. y SINGH, V.R., 2017. Productivity and essential oil quality assessment of promising accessions of *Ocimum basilicum* L. from north India. *Industrial Crops and Products* [en línea], vol. 97, pp. 79-86. ISSN 0926-6690. DOI <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.008>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901630838X>.
- PALACIOS COLÓN, L., RASCÓN, A.J. y BALLESTEROS, E., 2023. Determination of Parabens and Phenolic Compounds in Dairy Products through the Use of a Two-Step Continuous SPE System Including an Enhanced Matrix Removal Sorbent in Combination with UHPLC-MS/MS. *Foods*, vol. 12, no. 15. ISSN 23048158. DOI 10.3390/foods12152909.

- PAN, Y., XIE, J., ZHANG, C., ZHU, X. y ZHAO, P., 2024. High efficiency far-infrared barrel heating control with excess heat prediction based on generalized predictive control in injection molding. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 218, pp. 124756. ISSN 0017-9310. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124756>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931023009018>.
- PARK, M. y LEE, K.G., 2021. Effect of roasting temperature and time on volatile compounds, total polyphenols, total flavonoids, and lignan of omija (*Schisandra chinensis* Baillon) fruit extract. *Food Chemistry*, vol. 338, no. July 2020, pp. 127836. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.127836.
- PATEL, M.R. y PANWAR, N.L., 2022. Drying kinetics, quality assessment and socio environmental evaluation of solar dried underutilized arid vegetable *Cucumis callosus*. *Energy Nexus* [en línea], vol. 7, pp. 100128. ISSN 2772-4271. DOI <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100128>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427122000833>.
- PAZMINO GARCIA, G. patricio y SANCHEZ BARCIA, R.R., 2017. *Universidad De Guayaquil Tema : Tutor De Tesis*
- PEI, Y., LI, Z., XU, W., SONG, C., LI, J. y SONG, F., 2021. Effects of ultrasound pretreatment followed by far-infrared drying on physicochemical properties, antioxidant activity and aroma compounds of saffron (*Crocus sativus* L.). *Food Bioscience*, vol. 42, no. May, pp. 101186. ISSN 22124306. DOI 10.1016/j.fbio.2021.101186.
- PETER, K. V. y SHYLAJA, M.R., 2012. Introduction to herbs and spices: Definitions, trade and applications. *Handbook of Herbs and Spices: Second Edition* [en línea]. Second Edi. S.I.: Woodhead Publishing Limited, pp. 1-24. ISBN 9780857095671. Disponible en: <http://DOI.org/10.1533/9780857095671.1>.
- PIETTA, P.G., 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, vol. 63, no. 7, pp. 1035-1042. ISSN 01633864. DOI 10.1021/np9904509.
- PIMPLE, B.P. y BADOLE, S.L., 2014. Polyphenols: A Remedy for Skin Wrinkles. *Polyphenols in Human Health and Disease*, vol. 1, pp. 861-869. DOI 10.1016/B978-0-12-398456-2.00067-0.
- PREEDY, V.R., 2016. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* [en línea]. London: Academic Press, Elsevier. ISBN 9788490225370. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780124166417/essential-oils-in-food-preservation-flavor-and-safety>.
- QAMAR, F., SANA, A., NAVEED, S. y FAIZI, S., 2023. Phytochemical characterization, antioxidant activity and antihypertensive evaluation of *Ocimum basilicum* L. in L-NAME induced hypertensive rats and its correlation analysis. *Heliyon*, vol. 9, no. 4, pp. e14644. ISSN 24058440. DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e14644.

- RAKSAKANTONG, P., SIRIAMORNPNUN, S., RATSEEWO, J. y MEESO, N., 2011. Optimized drying of kaprow leaves for industrial production of holy basil spice powder. *Drying Technology*, vol. 29, no. 8, pp. 974-983. ISSN 07373937. DOI 10.1080/07373937.2011.558649.
- RASTOGI, N.K., 2012. Infrared Heating of Fluid Foods. *Novel Thermal And Non-Thermal Technologies For Fluid Foods*, pp. 411-432. DOI 10.1016/B978-0-12-381470-8.00013-X.
- RUBIO, C.P., HERNÁNDEZ-RUIZ, J., MARTINEZ-SUBIELA, S., TVARIJONAVICIUTE, A. y CERON, J.J., 2016. Spectrophotometric assays for total antioxidant capacity (TAC) in dog serum: An update. *BMC Veterinary Research*, vol. 12, no. 1, pp. 1-7. ISSN 17466148. DOI 10.1186/s12917-016-0792-7.
- SAKARE, P., PRASAD, N., THOMBARE, N., SINGH, R. y SHARMA, S.C., 2020. Infrared Drying of Food Materials: Recent Advances. *Food Engineering Reviews*, vol. 12, no. 3, pp. 381-398. ISSN 18667929. DOI 10.1007/s12393-020-09237-w.
- SALEHI, F., 2019. Recent Applications and Potential of Infrared Dryer Systems for Drying Various Agricultural Products: A Review. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1616243> [en línea], vol. 20, no. 3, pp. 586-602. ISSN 15538621. DOI 10.1080/15538362.2019.1616243. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15538362.2019.1616243>.
- SALEHI, F. y KASHANINEJAD, M., 2018. Modeling of moisture loss kinetics and color changes in the surface of lemon slice during the combined infrared-vacuum drying. *Information Processing in Agriculture* [en línea], vol. 5, no. 4, pp. 516-523. ISSN 2214-3173. DOI <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.05.006>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317318301215>.
- SATORABI, M., SALEHI, F. y RASOULI, M., 2021. The Influence of Xanthan and Balangu Seed Gums Coats on the Kinetics of Infrared Drying of Apricot Slices: GA-ANN and ANFIS Modeling. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1898520> [en línea], vol. 21, no. 1, pp. 468-480. ISSN 15538621. DOI 10.1080/15538362.2021.1898520. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15538362.2021.1898520>.
- SCALBERT, A., MANACH, C., MORAND, C., RÉMÉSY, C. y JIMÉNEZ, L., 2005. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 45, no. 4, pp. 287-306. ISSN 10408398. DOI 10.1080/1040869059096.
- SELVAKKUMAR, C., GAYATHRI, B., VINAYKUMAR, K.S., LAKSHMI, B.S. y BALAKRISHNAN, A., 2007. Potential anti-inflammatory properties of crude alcoholic Extract of *Ocimum basilicum* L. in human peripheral blood mononuclear cells. *Journal of Health Science*, vol. 53, no. 4, pp. 500-505. ISSN 13449702. DOI 10.1248/jhs.53.500.
- SHAHIDI, F., 2015. Antioxidants: Principles and applications. *Handbook of*

- Antioxidants for Food Preservation* [en línea]. S.l.: Woodhead Publishing, pp. 1-14. ISBN 9781782420972. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-089-7.00001-4>.
- SHAHIDI, F. y ZHONG, Y., 2015. Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. S.l.: s.n., pp. 757-781.
- SHALABY, S.M., DARWESH, M., GHONAME, M.S., SALAH, S. EI, NEHELA, Y. y FETOUH, M.I., 2020. The effect of drying sweet basil in an indirect solar dryer integrated with phase change material on essential oil valuable components. *Energy Reports*, vol. 6, pp. 43-50. ISSN 23524847. DOI 10.1016/j.egy.2020.10.035.
- SILVA-PAZ, R.J., MATEO-MENDOZA, D.K. y ECCOÑA-SOTA, A., 2023. Mathematical Modelling of Muña Leaf Drying (*Mintostachys mollis*) for Determination of the Diffusion Coefficient, Enthalpy, and Gibbs Free Energy. *ChemEngineering* [en línea], vol. 7, no. 3. ISSN 2305-7084. DOI 10.3390/chemengineering7030049. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2305-7084/7/3/49>.
- SIPOS, L., BALÁZS, L., SZÉKELY, G., JUNG, A., SÁROSI, S., RADÁCSI, P. y CSAMBALIK, L., 2021. Optimization of basil (*Ocimum basilicum* L.) production in LED light environments – a review. *Scientia Horticulturae*, vol. 289, pp. 110486. ISSN 0304-4238. DOI 10.1016/J.SCIENTA.2021.110486.
- SOTOUDEH, G. y ABSHIRINI, M., 2020. Antioxidant capacity and menopausal symptoms. *Aging*, pp. 125-133. DOI 10.1016/B978-0-12-818698-5.00012-2.
- SPENCE, C., 2024. Sweet basil: An increasingly popular culinary herb. *International Journal of Gastronomy and Food Science* [en línea], pp. 100927. ISSN 1878-450X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100927>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X2400060X>.
- SRIVASTAVA, S., LAL, R.K., YADAV, K., PANT, Y., BAWITLUNG, L., KUMAR, P., MISHRA, A., GUPTA, P., PAL, A., ROUT, P.K. y CHANOTIYA, C.S., 2022. Chemical composition of phenylpropanoid rich chemotypes of *Ocimum basilicum* L. and their antimicrobial activities. *Industrial Crops and Products*, vol. 183, no. March, pp. 114978. ISSN 09266690. DOI 10.1016/j.indcrop.2022.114978.
- SUJARWO, W. y KEIM, A.P., 2019. *Spondias pinnata* (L. f.) Kurz. (Anacardiaceae): Profiles and Applications to Diabetes. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes*, pp. 395-405. DOI 10.1016/B978-0-12-813822-9.00027-8.
- SUN, Z., DENG, L., DAI, T., CHEN, M., LIANG, R., LIU, W., LIU, C. y CHEN, J., 2023. Steam blanching strengthened far-infrared drying of broccoli: Effects on drying kinetics, microstructure, moisture migration, and quality attributes. *Scientia Horticulturae*, vol. 317, pp. 112040. ISSN 0304-4238. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112040>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423823002121>.

- TARAZONA, Y. y MIYASIRO-LÓPEZ, M., 2020. Monitoring tropical forest degradation using remote sensing. Challenges and opportunities in the Madre de Dios region, Peru. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 19, no. May. ISSN 23529385. DOI 10.1016/j.rsase.2020.100337.
- TELFSER, A. y GÓMEZ GALINDO, F., 2019. Effect of reversible permeabilization in combination with different drying methods on the structure and sensorial quality of dried basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Lwt*, vol. 99, no. April 2018, pp. 148-155. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2018.09.062.
- TSIMOGIANNIS, D. y OREOPOULOU, V., 2019. Chapter 16 - Classification of Phenolic Compounds in Plants. En: R.R. WATSON (ed.), *Polyphenols in Plants (Second Edition)* [en línea]. Second Edition. S.I.: Academic Press, pp. 263-284. ISBN 978-0-12-813768-0. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128137680000268>.
- TSURUNAGA, Y. y KANOU, M., 2023. Effects of Steam Treatment Time and Drying Temperature on Properties of Sweet Basil's Antioxidants, Aroma Compounds, Color, and Tissue Structure. *Foods*, vol. 12, no. 8. ISSN 23048158. DOI 10.3390/foods12081663.
- TVRDÁ, E. y BENKO, F., 2020. Free radicals: what they are and what they do. *Pathology: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*, pp. 3-13. DOI 10.1016/B978-0-12-815972-9.00001-9.
- VASANTHA RUPASINGHE, H.P., NAIR, S.V.G. y ROBINSON, R.A., 2014. Chemopreventive Properties of Fruit Phenolic Compounds and Their Possible Mode of Actions. *Studies in Natural Products Chemistry*, vol. 42, pp. 229-266. ISSN 1572-5995. DOI 10.1016/B978-0-444-63281-4.00008-2.
- VERMA, T., WEI, X., CHAVES, B.D., HOWELL, T. y SUBBIAH, J., 2022. Antimicrobial efficacy of gaseous chlorine dioxide for inactivation of *Salmonella* and *Enterococcus faecium* NRRL B-2354 on dried basil leaves. *Lwt*, vol. 153, no. May 2021, pp. 112488. ISSN 00236438. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112488.
- VOGT, M., 2007. Infrared drying lowers energy costs and drying times. *Plastics, Additives and Compounding*, vol. 9, no. 5, pp. 58-61. ISSN 1464-391X. DOI 10.1016/S1464-391X(07)70131-9.
- VUARANT, C.O., 2013. *Optimización del proceso de secado de arándanos por infrarrojos*. S.I.: s.n.
- WANG, X., FAN, Y., YAN, J. y YANG, M., 2022. Engineering polyphenol-based polymeric nanoparticles for drug delivery and bioimaging. *Chemical Engineering Journal*, vol. 439, pp. 135661. ISSN 1385-8947. DOI 10.1016/J.CEJ.2022.135661.
- ZAYAPOR, M.N. y M., S., 2023. Herbal infusion – processing techniques, bioactivity, quality, and safety. *Food Research*, vol. 6, no.

Supplementary 2, pp. 134-154. ISSN 25502166. DOI 10.26656/fr.2017.6(s2).019.

- ZENG, S., WANG, B., ZHAO, D. y LV, W., 2023. Microwave infrared vibrating bed drying of ginger: Drying qualities, microstructure and browning mechanism. *Food Chemistry*, vol. 424, no. November 2022, pp. 136340. ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2023.136340.
- ZHANG, D., HUANG, D., ZHANG, Y., LU, Y., HUANG, S., GONG, G. y LI, L., 2023. Ultrasonic assisted far infrared drying characteristics and energy consumption of ginger slices. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 92, no. September 2022, pp. 106287. ISSN 18732828. DOI 10.1016/j.ultsonch.2022.106287.
- ZHONGLI, P. y GRIFFITHS, G.A., 2011. *Infrared Heating For Food And Agricultural Processing*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN 9781420090994.
- ZŁOTEK, U., SZYCHOWSKI, K.A. y ŚWIECA, M., 2017. Potential in vitro antioxidant, anti-inflammatory, antidiabetic, and anticancer effect of arachidonic acid-elicited basil leaves. *Journal of Functional Foods*, vol. 36, pp. 290-299. ISSN 17564646. DOI 10.1016/j.jff.2017.07.024.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de datos secado a temperatura de 40 °C

N°	Tiempo (minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
1	0	59,53	40,3	54,1	30,03	77,72
2	10	54,14	40,7	56,2	30	77,39
3	20	48,08	40,3	56,2	30,17	76,67
4	30	46,94	41,3	50,8	30,22	76,31
5	40	45,4	41,1	49,3	30,18	76,1
6	50	44,52	40,4	52,5	30,15	76,09
7	60	43,12	40,2	52	30,12	76,06
8	70	42,01	41,3	47,6	30,08	75,99
9	80	39,47	41,8	47,2	30,07	75,96
10	90	38,47	41,2	47,6	30,1	75,86
11	100	37,3	40,8	48,1	30,07	75,75
12	110	35,88	40,8	47,2	30,01	75,68
13	120	34,97	40,6	46,9	29,99	75,68
14	130	33,79	40,7	46,4	29,96	75,6
15	140	32,59	40,7	45,7	29,91	75,5
16	150	31,63	40,7	45	29,93	75,4
17	160	30,26	40,9	44,8	29,89	75,37
18	170	29,09	41	44	29,87	75,38
19	180	27,92	41,2	43,8	29,86	75,3
20	190	27,33	41,2	43,5	29,87	75,19
21	200	26,56	41,1	43,3	29,82	75,09
22	210	25,93	41,1	43,1	29,8	75,05
23	220	24,87	41,2	42,6	29,8	75,01
24	230	24,11	41,3	42,2	29,76	75
25	240	23,16	41,3	42,2	29,74	75,03
26	250	22,48	41,4	42,1	29,77	74,98
27	260	21,87	41,4	41,9	29,74	74,95
28	270	21,7	41,4	42	29,74	74,9
29	280	21,2	41,3	41,9	29,73	74,83
30	290	20,47	41,3	41,6	29,72	74,89

Anexo 2. Continuación Tabla de datos secado a temperatura de 40 °C

N°	Tiempo (minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
31	300	19,92	41,4	41,3	29,72	74,81
32	310	19,43	41,4	41,4	29,72	74,8
33	320	19,09	41,4	41,4	29,72	74,78
34	330	18,74	41,4	41,4	29,69	74,78
35	340	18,36	41,4	41,2	29,69	74,73
36	350	18,1	41,3	41,1	29,64	74,68
37	360	17,7	41,4	40,8	29,63	74,62
38	370	17,31	41,5	40,5	29,62	74,58
39	380	17,15	41,5	40,6	29,56	74,56
40	390	16,94	41,4	40,7	29,57	74,46
41	400	16,79	41,4	40,7	29,57	74,53
42	410	16,66	41,4	40,5	29,5	74,49
43	420	16,38	41,5	40,3	29,48	74,61
44	430	15,92	41,6	40,1	29,49	74,72
45	440	15,75	41,5	40,3	29,5	74,75
46	450	15,54	41,5	40,4	29,53	74,73
47	460	15,45	41,5	40,6	29,53	74,73
48	470	15,35	41,4	40,6	29,57	74,75
49	480	15,3	41,4	40,6	29,73	74,34
50	490	15,28	41,5	40,4	29,82	74,04
51	500	15,18	41,5	40,3	29,77	74,16
52	510	15,15	41,2	41,1	29,53	75,27
53	520	15,11	41	41,4	29,48	75,36
54	530	15,08	40,9	41,8	29,57	75,11
55	540	15,05	41	41,5	29,69	74,92
56	550	14,97	41,1	41,2	29,7	74,91
57	560	14,88	41,4	41	29,74	75
58	570	14,83	41,5	40,8	29,77	75,09
59	580	14,8	41,6	40,9	29,77	75,13
60	590	14,75	41,7	40,7	29,8	75,1
61	600	14,64	41,9	40,2	29,86	74,78
62	610	14,45	42,1	39,7	29,91	74,51
63	620	14,26	41,9	40,1	29,93	74,46
64	630	14,2	41,9	40,3	29,94	74,41
65	640	14,18	41,7	40,2	29,91	74,34
66	650	14,16	41,4	40,9	29,89	74,69
67	660	14,16	41,4	41,6	29,97	75,48

Anexo 3. Tabla de datos de repetición de secado a temperatura de 40 °C

N°	Tiempo (Minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
1	0	60,44	41,4	54,6	30,03	77,78
2	10	57,5	41,6	53,7	30,04	77,7
3	20	54,74	41,8	52,5	29,99	77,44
4	30	52,46	42	51,6	30,17	76,71
5	40	50,83	42,2	51	30,2	76,38
6	50	49,24	41,9	51,3	30,2	76,15
7	60	47,89	41,2	53,1	30,12	76,11
8	70	46,44	40,6	51,5	30,11	76,08
9	80	44,82	41	49,6	30,07	76,07
10	90	43,16	41,4	49,1	30,05	75,97
11	100	41,71	41,9	48,6	30,07	75,88
12	110	40,1	42,1	47,8	30,04	75,74
13	120	38,78	42,2	48	30,01	75,65
14	130	37,62	41,7	49	29,97	75,69
15	140	36,61	40,7	49,5	29,94	75,63
16	150	35,13	40,9	47,6	29,93	75,5
17	160	33,78	41,5	46,6	29,89	75,43
18	170	32,36	42,1	45,8	29,9	75,35
19	180	31,09	42,3	45,6	29,86	75,37
20	190	30,08	42,1	46,1	29,86	75,33
21	200	29,41	41,4	47,6	29,84	75,2
22	210	28,64	40,7	47,1	29,82	75,12
23	220	27,28	41,2	45,3	29,82	75,05
24	230	26,17	41,8	44,4	29,8	75,03
25	240	25,19	42,2	43,9	29,76	74,99
26	250	24,31	42,3	43,8	29,74	75,03
27	260	23,66	41,9	44,9	29,79	74,99
28	270	23,31	40,9	46,2	29,76	74,95
29	280	22,43	40,9	44,8	29,74	74,88
30	290	21,58	41,4	43,9	29,72	74,83
31	300	20,87	42	43	29,72	74,92
32	310	19,98	42,3	42,7	29,7	74,8
33	320	19,52	42,2	43	29,73	74,75
34	330	19,27	41,8	44,3	29,72	74,78
35	340	18,99	40,8	45,1	29,7	74,76
36	350	18,36	41	43,7	29,67	74,71
37	360	17,81	41,6	43	29,66	74,65

Anexo 4. Continuación de Tabla de datos de repetición de secado a temperatura de 40 °C

N°	Tiempo (Minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
38	370	17,3	42	42,1	29,63	74,61
39	380	16,64	42,3	41,8	29,6	74,59
40	390	16,16	42,2	42,3	29,57	74,56
41	400	16,1	41,5	43,8	29,56	74,48
42	410	16,06	40,8	44	29,55	74,5
43	420	15,68	41,1	42,8	29,52	74,49
44	430	15,13	41,7	42	29,48	74,59
45	440	14,78	42,1	41,5	29,52	74,73
46	450	14,38	42,3	41,4	29,5	74,74
47	460	14,15	42,2	42,2	29,53	74,8
48	470	14,12	41,2	44	29,56	74,71
49	480	14,03	40,9	43,2	29,56	74,74
50	490	13,55	41,5	42,2	29,73	74,35
51	500	13,11	42,1	41,4	29,83	74,04
52	510	13,04	42,3	41,4	29,8	74,08
53	520	13,03	42	42,2	29,55	75,18
54	530	12,49	42,1	42,5	29,45	75,37
55	540	12,45	40,9	44,3	29,57	75,12
56	550	12,35	41,1	43	29,66	74,93
57	560	12,19	41,8	42	29,69	74,95
58	570	11,9	42,3	41,6	29,74	75,01
59	580	11,79	42,3	42,2	29,74	75,06
60	590	11,77	41	44,5	29,77	75,17
61	600	11,7	41,1	43,3	29,82	75,12
62	610	11,64	41,9	42,2	29,84	74,82
63	620	11,35	42,3	41,4	29,93	74,58
64	630	11,34	42	42,7	29,91	74,49
65	640	11,3	40,8	43,6	29,94	74,42
66	650	11,3	41,5	42,3	29,9	74,3
67	660	11,28	41,8	41,9	29,89	74,6

Anexo 5. Tabla de datos de secado a temperatura de 50 °C

N°	Tiempo (Minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
1	0	60,86	50,9	41,2	31,13	70,6
2	10	54,16	50,2	40,7	31,14	71,08
3	20	48,34	50,2	42,1	31,13	70,92
4	30	42,03	51,4	38,8	31,13	71,45
5	40	37,81	50,5	39,4	31,1	71,13
6	50	33,13	51,4	35,6	31,11	71,32
7	60	30,43	50,5	35,8	31,14	71,24
8	70	27,12	51,7	33,4	31,13	71,31
9	80	25,28	50,6	33	31,16	71,44
10	90	22,79	51,8	32,4	31,13	71,61
11	100	21,3	50,9	31,5	31,1	71,79
12	110	19,66	51,5	32	31,11	71,92
13	120	18,54	51,2	30,8	31,07	72,04
14	130	17,19	51,6	31,4	31,06	72,13
15	140	16,19	51,4	30,4	31,07	72,31
16	150	15,56	51,2	31,3	31,04	72,43
17	160	14,45	51,8	29,9	31,03	72,56
18	170	14,19	50,9	30,9	31,01	72,8
19	180	13,08	52	29,9	31,03	72,99
20	190	12,75	50,9	30,4	30,97	73,07
21	200	12,45	52	29,8	30,96	72,96
22	210	12,23	51,1	29,8	30,94	72,87
23	220	11,63	51,9	29,7	30,93	72,65
24	230	11,48	51,3	29,2	30,91	72,43
25	240	11,33	51,5	29,9	30,94	72,46
26	250	11,22	51,8	29	30,91	72,43
27	260	11,05	51,1	30	30,89	72,36
28	270	10,37	52	28,9	30,9	72,68
29	280	10,29	50,9	29,8	30,93	73
30	290	10,15	52	29,4	30,93	73,21
31	300	10,1	51,3	29,5	30,91	73,37
32	310	10,01	51,7	29,9	30,91	73,48
33	320	9,95	51,7	29,5	30,91	74
34	330	9,93	51,2	30,5	30,86	74,6
35	340	9,91	51,8	30,3	30,84	76,36

Anexo 6. Tabla de datos de repetición de secado a temperatura de 50 °C

N°	Tiempo (Minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
1	0	55,66	49,1	36,3	31,14	70,8
2	10	47,93	50	36,5	31,14	71,4
3	20	40,44	50	35,1	31,11	71,1
4	30	31,86	51	33,2	31,1	71,2
5	40	27,26	51,1	32,8	31,13	71,3
6	50	23,54	50,7	31,5	31,14	71,3
7	60	21,37	51,2	31,5	31,16	71,4
8	70	19,08	51,6	30,5	31,14	71,5
9	80	16,35	51,4	30,3	31,13	71,7
10	90	14,8	50,9	30,5	31,1	71,8
11	100	13,62	51,6	30,2	31,06	72
12	110	12,02	52	29,5	31,07	72,1
13	120	11,27	51,6	29,4	31,06	72,2
14	130	10,72	51,2	29,7	31,04	72,4
15	140	10,41	51,2	29,7	31,03	72,5
16	150	9,76	51,9	29,3	31,03	72,7
17	160	9,23	52,1	29	30,98	72,9
18	170	8,92	51,6	29,2	30,98	73,1
19	180	8,88	51,2	29,6	30,96	73,1
20	190	8,82	51,5	29,4	30,93	72,9
21	200	8,75	52,1	28,8	30,93	72,7
22	210	8,68	52	28,7	30,93	72,5
23	220	8,45	51,6	29	30,93	72,4
24	230	8,28	51,3	29,3	30,91	72,5
25	240	8,2	51,9	28,9	30,91	72,3
26	250	8	52,2	28,6	30,91	72,6
27	260	7,94	52	28,8	30,91	72,8
28	270	7,89	51,6	29	30,94	73,1
29	280	7,8	51,3	29,5	30,89	73,3
30	290	7,64	51,9	29,1	30,91	73,5
31	300	7,6	52	29,1	30,89	73,7
32	310	7,58	51,8	29,4	30,87	74,5
33	320	7,5	51,4	30,1	30,85	75,5
34	330	7,49	51,4	30	30,83	75,5
35	340	7,48	51,4	29,1	30,81	75,5

Anexo 7. Tabla de datos de secado a temperatura de 60 °C

N°	Tiempo (Minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
1	0	55,01	58,9	31,2	29,35	76,34
2	5	50,65	57,5	39	29,38	76,11
3	10	47,17	58,1	38,6	29,36	76,15
4	15	36,33	57,7	33,8	29,39	76,13
5	20	31,97	58,3	32,3	29,39	76,35
6	25	27,31	59,2	30,2	29,42	76,39
7	30	22,49	58,9	29,4	29,41	76,32
8	35	19,23	59,3	27,5	29,49	76,21
9	40	16,77	60,2	26,4	29,5	76,09
10	45	14,36	59,6	26,3	29,6	75,98
11	50	12,18	59,8	25,2	29,63	75,92
12	55	10,78	60,6	24,9	29,66	75,85
13	60	10,11	59,9	24,7	29,67	75,8
14	65	9,38	60,3	24,3	29,69	75,77
15	70	8,41	61	23,8	29,67	75,69
16	75	7,89	60	24	29,7	75,71
17	80	7,45	60,5	23,6	29,72	75,66
18	85	7,41	60,8	23,7	29,66	75,81
19	90	7,37	60,1	23,9	29,64	75,9
20	95	7,32	60,8	23,4	29,63	75,92
21	100	7,29	60,5	23,7	29,6	75,97
22	105	7,28	60	23,7	29,6	76,09
23	110	7,26	60,9	23,5	29,6	76,09
24	115	7,25	60,4	23,7	29,6	76,06
25	120	7,23	60,2	23,7	29,6	76,09
26	125	7,21	60,9	23,4	29,57	76,15
27	130	7,2	60,2	23,8	29,57	76,16
28	135	7,19	60,5	23,5	29,59	76,14
29	140	7,18	61	23,4	29,64	76,16

Anexo 8. Tabla de datos de repetición de secado a temperatura de 60 °C

N°	Tiempo (Minutos)	Weight (g)	Temp (°C)	Hr (%)	SHT (%)	SHT (°C)
1	0	56,48	58,1	30,2	29,82	76,91
2	5	52,05	57,8	30,8	29,82	77,13
3	10	44,35	58,4	30,6	29,82	77,11
4	15	37,53	57,7	30,5	29,84	76,89
5	20	32,37	58,6	29,7	29,9	76,72
6	25	26,72	58,4	29,2	29,99	76,52
7	30	22,92	58,4	28,2	30,01	76,4
8	35	20,11	59,4	27	30,07	76,24
9	40	17,67	59,4	26,8	30,08	76,21
10	45	16,19	59,1	26,4	30,08	76,22
11	50	14,22	59,9	25,7	30,1	76,15
12	55	13,22	60	25,6	30,12	76,19
13	60	12,31	59,4	25,6	30,11	76,19
14	65	11,75	59,9	24,9	30,14	76,2
15	70	11,45	60,4	24,8	30,14	76,29
16	75	10,39	59,7	25,3	30,18	76,49
17	80	9,85	60	24,6	30,2	76,37
18	85	9,74	60,5	24,4	30,2	76,4
19	90	9,62	60	24,7	30,25	76,14
20	95	9,51	60,1	24,4	30,27	76,19
21	100	9,47	60,6	24,1	30,25	76,06
22	105	9,45	60	24,5	30,22	76,03
23	110	9,39	60	24,1	30,2	75,95
24	115	9,37	60,6	23,8	30,2	76,03
25	120	9,34	60,1	24,2	30,2	75,97
26	125	9,32	60	24,1	30,2	75,96
27	130	9,3	60,8	23,7	30,24	75,95
28	135	9,29	60,1	24,1	30,22	75,94
29	140	9,28	60,1	24	30,21	75,95

Anexo 9. Tabla de datos de modelamiento matemático

Tiempo (min)	MRE I 40 °C	MRE II 40 °C	MRPML 40 °C	MRE I 50 °C	MRE II 50 °C	MRPML 50 °C	MRE I 60 °C	MRE II 60 °C	MRPML 60 °C
0	1	1	1,03	1	1	1,05	1	1	1,07
10	0,91	0,95	0,9	0,89	0,86	0,75	0,92	0,92	0,82
20	0,81	0,91	0,84	0,79	0,73	0,64	0,86	0,79	0,71
30	0,79	0,87	0,79	0,69	0,57	0,56	0,66	0,66	0,62
40	0,76	0,84	0,75	0,62	0,49	0,5	0,58	0,57	0,55
50	0,75	0,81	0,72	0,54	0,42	0,45	0,5	0,47	0,49
60	0,72	0,79	0,69	0,5	0,38	0,41	0,41	0,41	0,45
70	0,71	0,77	0,67	0,45	0,34	0,37	0,35	0,36	0,4
80	0,66	0,74	0,64	0,42	0,29	0,34	0,3	0,31	0,37
90	0,65	0,71	0,62	0,37	0,27	0,31	0,26	0,29	0,34
100	0,63	0,69	0,6	0,35	0,24	0,29	0,22	0,25	0,31
110	0,6	0,66	0,58	0,32	0,22	0,27	0,2	0,23	0,29
120	0,59	0,64	0,56	0,3	0,2	0,25	0,18	0,22	0,26
130	0,57	0,62	0,55	0,28	0,19	0,23	0,17	0,21	0,24
140	0,55	0,61	0,53	0,27	0,19	0,22	0,15	0,2	0,23
150	0,53	0,58	0,52	0,26	0,18	0,21	0,14	0,18	0,21
160	0,51	0,56	0,5	0,24	0,17	0,19	0,14	0,17	0,19
170	0,49	0,54	0,49	0,23	0,16	0,18	0,13	0,17	0,18
180	0,47	0,51	0,48	0,21	0,16	0,17	0,13	0,17	0,17
190	0,46	0,5	0,47	0,21	0,16	0,16	0,13	0,17	0,16
200	0,45	0,49	0,46	0,2	0,16	0,15	0,13	0,17	0,15
210	0,44	0,47	0,44	0,2	0,16	0,14	0,13	0,17	0,14
220	0,42	0,45	0,43	0,19	0,15	0,14	0,13	0,17	0,13
230	0,41	0,43	0,42	0,19	0,15	0,13	0,13	0,17	0,12
240	0,39	0,42	0,41	0,19	0,15	0,12	0,13	0,17	0,11
250	0,38	0,4	0,41	0,18	0,14	0,12	0,13	0,17	0,11
260	0,37	0,39	0,4	0,18	0,14	0,11	0,13	0,16	0,1
270	0,36	0,39	0,39	0,17	0,14	0,11	0,13	0,16	0,09
280	0,36	0,37	0,38	0,17	0,14	0,1	0,13	0,16	0,09
290	0,34	0,36	0,37	0,17	0,14	0,1			
300	0,33	0,35	0,36	0,17	0,14	0,09			
310	0,33	0,33	0,36	0,16	0,14	0,09			
320	0,32	0,32	0,35	0,16	0,13	0,08			
330	0,31	0,32	0,34	0,16	0,13	0,08			

Anexo 10. Continuación de Tabla de datos de modelamiento matemático

Tiempo (min)	MRE I 40 °C	MRE II 40 °C	MRPML 40 °C	MRE I 50 °C	MRE II 50 °C	MRPML 50 °C	MRE I 60 °C	MRE II 60 °C	MRPML 60 °C
340	0,31	0,31	0,34	0,16	0,13	0,08			
350	0,3	0,3	0,33						
360	0,3	0,29	0,32						
370	0,29	0,29	0,32						
380	0,29	0,28	0,31						
390	0,28	0,27	0,31						
400	0,28	0,27	0,3						
410	0,28	0,27	0,29						
420	0,28	0,26	0,29						
430	0,27	0,25	0,28						
440	0,26	0,24	0,28						
450	0,26	0,24	0,27						
460	0,26	0,23	0,27						
470	0,26	0,23	0,26						
480	0,26	0,23	0,26						
490	0,26	0,22	0,26						
500	0,25	0,22	0,25						
510	0,25	0,22	0,25						
520	0,25	0,22	0,24						
530	0,25	0,21	0,24						
540	0,25	0,21	0,24						
550	0,25	0,2	0,23						
560	0,25	0,2	0,23						
570	0,25	0,2	0,22						
580	0,25	0,2	0,22						
590	0,25	0,19	0,22						
600	0,25	0,19	0,21						
610	0,24	0,19	0,21						
620	0,24	0,19	0,21						
630	0,24	0,19	0,2						
640	0,24	0,19	0,2						
650	0,24	0,19	0,2						
660	0,24	0,19	0,19						

Anexo 11. Tabla de ANOVA capacidad antioxidante

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos (temperaturas: 40, 50 y 60 °C)	1187,56	2,00	593,78	156.05	0,00	3,68
Dentro de los grupos	57,07	15,00	3,80			
Total	1244,63	17,00				

Anexo 12. Tabla de ANOVA compuestos fenólicos totales

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos (temperaturas 40, 50 y 60°C)	37,68	2,00	18,84	193,74	0,00	3,68
Dentro de los grupos	1,46	15,00	0,10			
Total	39,13	17,00				

Anexo 13. Prueba de hipótesis, asociado a $\alpha = 0.05$

<p>Hipótesis nula (H₀): No hay diferencias significativas entre las medias de los grupos</p> <p>Ho: $\mu_{40^{\circ}\text{C}} = \mu_{50^{\circ}\text{C}} = \mu_{60^{\circ}\text{C}}$</p>
<p>Hipótesis alternativa (H_a): Al menos una de las medias es significativamente diferente. Ha: $\mu_{40^{\circ}\text{C}} \neq \mu_{50^{\circ}\text{C}} \neq \mu_{60^{\circ}\text{C}}$</p>
<p>Los resultados de la Tabla 8 y 9 muestran $p < 0.05$, por tanto, se demuestra diferencia significativa entre tratamientos a 40, 50 y 60 °C, por consiguiente, se rechaza la hipótesis H₀; en el caso contrario se acepta.</p>

Anexo 14. Resultado de HPLC (cromatografía líquida de alta resolución)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA – Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973868855

RESULTADOS

Cusco, 04 de Julio del 2023


Solicitante : Gerardino Titto Iquise
Tipo de Análisis : Perfil de Polifenoles
Método : Cromatografía Líquida HPLC
Tipo de Muestras : Extracto de Albaca
Cantidad de Muestra : 6 Sobres M40C-1, M40C-2, M50C-1, M50C-2, M60C-1, M60C-2
Almacenamiento : 4 °C.

Polifenoles HPLC

Muestra	1	2	3	Equivalentes en Acido Clorogenico g/100g
M40C-1	3.9019	3.9418	3.9498	3.9312
M40C-2	3.0140	2.9945	3.0873	3.0319
M50C-1	1.3624	1.3346	1.3470	1.3480
M50C-2	1.3166	1.3313	1.3500	1.3327
M60C-1	1.0889	1.1077	1.1279	1.1082
M60C-2	1.2731	1.2666	1.2891	1.2763

Nota: Los resultados obtenidos expresa los gramos en equivalentes de Ácido Clorogenico por 100 gramos de muestra




Quilico. Jorge Choquenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría – UNSAAC,
CQP - 914

Anexo 15. Determinación de la capacidad antioxidante método colorímetro DPPH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973668855

RESULTADOS

Determinación Capacidad Antioxidante Método Colorimétrico DPPH

Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón
 Longitud de Onda : 517 nm
 Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm
 Ecuación de la curva patrón : $y = 0.0522x + 0.0927$, $R^2 = 0.9951$

Muestra	Repeticiones			Promedio	% Inhb
	1	2	3	Equivalentes Trolox O50 mmol/100gr	
M40C-1	13.4811	13.5457	13.6750	13.6	80.5
M40C-2	18.4335	18.6226	18.6855	18.6	74.0
M50C-1	32.4585	32.6976	32.5545	32.6	48.7
M50C-2	35.3074	33.3365	33.3810	34.0	45.7
M60C-1	34.8275	34.7471	34.9074	34.8	43.0
M60C-2	31.7676	31.8511	31.8162	31.8	48.0

Nota:

Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante expresa el Coeficiente de inhibición al 50% (CI_{50} o IC_{50}) en milimoles equivalentes Trolox que están presente en 100 gramos de muestra, los valores bajos poseen mayor actividad antioxidante²⁸ y el porcentaje de actividad antioxidante en el volumen del extracto obtenido.

Referencia consultada

1. Brand-Williams W., M. Cuvelier and C. Berset; (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 28, 25-30.
2. Matuszewska, A., Jaszek, M., Stefaniuk, D., Ciszewski, T., & Matuszewski, L. (2018). Anticancer, antioxidant, and antibacterial activities of low molecular weight bioactive subfractions isolated from cultures of wood degrading fungus *Cerrena unicolor*. *PLOS ONE*, 13(6), e0197044. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197044>
3. Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013) Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia *Agricultural Sciences* Vol 4, No.5B, 46-51.
4. Philp Molyneux 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2) : 211-219.
5. Pugliese A.G, Francisco A, Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem.* 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u.
6. Zhang, X., Yu, Y., Cen, Y., Yang, D., Qi, Z., Hou, Z., Han, S., Cai, Z., & Liu, K. (2018). Bivariate Correlation Analysis of the Chemometric Profiles of Chinese Wild *Salvia miltiorrhiza* Based on UPLC-Qq-MS and Antioxidant Activities. *Molecules*, 23(3), 538. <https://doi.org/10.3390/molecules23030538>



[Handwritten Signature]

Quirico Jorge Chiquenaína Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría - UNSAAC.
 CQP - 914

Anexo 16. Determinación de la capacidad antioxidante método Folin Ciocalteu, DPPH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 LABORATORIO DE CROMATOGRÁFIA Y ESPECTROMETRÍA – Pabellón de Control de Calidad
 AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERU Contacto 97368855

RESULTADOS

Cusco, 04 de Julio del 2023

Solicitante : Gerardino Titto Iquise
 Tipo de Análisis : Perfil de Polifenoles y Antioxidantes
 Método : Folin Ciocalteu, DPPH
 Tipo de Muestras : Extracto de Albaca
 Cantidad de Muestra : 6 Sobres M40C-1, M40C-2, M50C-1, M50C-2, M60C-1, M60C-2
 Almacenamiento : 4 °C.

Polifenoles metodo Folin Ciocalteu

Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón
 Longitud de Onda : 765 nm
 Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm
 Ecuación de la curva patrón : $y = 0.0408x + 0.0177$, $R^2 = 0.9951$

Muestra	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	Equivalentes en Acido Clorogenico g/100g
M40C-1	9.8545	9.9267	9.9749	9.9
M40C-2	9.3930	9.4173	9.3687	9.4
M50C-1	6.8075	6.8564	6.8908	6.8
M50C-2	6.5707	6.5464	6.5464	6.6
M60C-1	6.0618	6.0132	6.1347	6.1
M60C-2	6.8506	6.8749	6.8263	6.9

Nota: Expresa los gramos en equivalentes de Ácido Gálico que están presente en 100 gramos de muestra.

Referencia consultada

- Vernon L.Singleton, Rudolf Orthofer, Rosa M. Lamuela-Raventós 1999 Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent Methods in Enzymology Volume 299, 1999, Pages 152-178
- Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds J Agric Food Chem. 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u.
- Huang, R. T., Lu, Y. F., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2015). Determination of phenolic acids and flavonoids in Rhinacanthus nasutus (L.) kurz by high-performance-liquid-chromatography with photodiode-array detection and tandem mass spectrometry. Journal of Functional Foods, 12, 498-508. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.002>
- Raphanus raphanistrum L Sulu Ekstresinin Antioksidan Aktivitesi ve Total Fenolik İçerigi. (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2019, de <http://www.turkijs.org/archives/archive-detail/article-preview/antioxidant-actvty-and-total-phenolic-content-of-aque/12445>



[Handwritten Signature]

Químico Jorge Chavesnaira Pari
 Analista del Laboratorio de Cromatografía y
 Espectrometría - LNSAAC.
 CQP - 314

Anexo 17. Deshidratador industrial de tres bandejas, Modelo IRCDi-3, potencia de infrarrojo 221watt, acondicionadas con sensor de masa a cada bandeja.

