

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



**Cinética de hidrodestilación asistida por microondas (MWHD)
en la extracción de aceite esencial de semillas de anís
(*Pimpinella anisum L.*)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos

Autor:

Javier Elisban Machaca Adco

Elio Obando Cutipa Mancha

Asesor:

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Juliaca, diciembre del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“CINÉTICA DE HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS (MWH) EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE ANÍS (PIMPINELLA ANISUM L.)”** de los autores **Javier Elisban Machaca Adco** y **Elio Obando Cutipa Mancha** tiene un índice de similitud de 1% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 28 días del mes de diciembre del año 2023.



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 22 día(s) del mes de diciembre del año 2023, a las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mrs. Carmen Rosa Apaza Numerus, el (la) secretario(a) Ing. Enrique Mamani Quela y los demás miembros: Ing. Ana Mónica Torres Jimenez y el (la) asesor(a) Ing. Joel Javier Loaguira Quipe

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: *Química de hidrodestilación asistida por microondas (MWHO) en la extracción de aceite esencial de semillas de anís (Pimpinella anisum L.)*

del(los) bachiller(es): a) Javier Elieban Machaca Aedo b) Elío Obando Lutiya Mancha c)

conducente a la obtención del título profesional de: *Ingeniero de Alimentos*

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): *Javier Elieban Machaca Aedo*

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>18</i>	<i>A-</i>	<i>Muy Bueno</i>	<i>Sobresaliente</i>

Bachiller (b): *Elío Obando Lutiya Mancha*

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>18</i>	<i>A-</i>	<i>Muy Bueno</i>	<i>Sobresaliente</i>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Signature]
Presidente/a
[Signature]
Asesor/a
[Signature]
Bachiller (a)

[Signature]
Miembro
[Signature]
Bachiller (b)

[Signature]
Secretario/a

Miembro

Bachiller (c)

Cinética de hidrodestilación asistida por microondas (MWHD) en la extracción de aceite esencial de semillas de anís (*Pimpinella anisum L.*)

RESUMEN

Dentro del campo de la destilación convencional (HD), la hidrodestilación con asistencia de microondas (MWHD) es una técnica de vanguardia que utiliza a microondas como el componente principal para la destilación de aceites esenciales (AE). La finalidad de la investigación fue modelar el procedimiento de extracción y estudiar cómo los parámetros independientes inciden en el rendimiento de aceite esencial de anís. La constante k_2 , C_s y el coeficiente de difusión (D_{ef}) las cuales se determinaron mediante el modelado matemático de segundo orden y la difusión intrapartícula de Fick. Este proceso se realizó mediante una evaluación de regresión no lineal, los parámetros se validaron estadísticamente evaluando el error porcentual medio absoluto (MAE) y el coeficiente de determinación (R^2). La cantidad resultante de la condensación se midió cada 30 segundos durante los 38 minutos que duró el proceso de extracción. Además, se utilizó un experimento factorial 3^3 para determinar las variables significativas que afectan a la extracción del aceite de esencial. Este enfoque tuvo en cuenta tres factores experimentales distintos: la duración de la irradiación (10, 15 y 20 minutos), los niveles de potencia de microondas (500, 700 y 900 W), y la proporción de sólido: líquido (S/L) 1:2, 1:3 y 1:5 g/ml. Se identificaron condiciones óptimas que resultaron en un rendimiento máximo del 2.1%, específicamente con una relación de S/L 1:5, potencia de microondas de 864 W y la duración de exposición a la radiación fue de 20 minutos. Los coeficientes de difusión de transferencia de masa fueron de 3.61×10^{-13} , 6.57×10^{-13} , 6.75×10^{-13} m²/s a 500, 700 y 900 W respectivamente. El análisis de la composición química por cromatografía de gases (GC) mostró que el anetol es el componente predominante, constituyendo el 90,20% y el 90,92% del aceite total obtenido mediante hidrodestilación asistida por microondas (MWHD) e hidrodestilación (HD), respectivamente.

Palabras clave: Aceite esencial, semillas de anís, hidrodestilación por microondas, cinética, difusión de Fick.

Kinetics of microwave-assisted hydrodistillation (MWHD) in the extraction of essential oil from anise seeds (*Pimpinella anisum L.*)

Abstract

Within the field of conventional distillation (HD), microwave-assisted hydrodistillation (MWHD) is a state-of-the-art technique that uses microwaves as the main component for the distillation of essential oils (EO). The objective of the research was to model the extraction procedure and to study how independent parameters affect the obtaining anise essential oil. The k_2 constant, C_s and diffusion coefficient (D_{ef}) were determined by second order mathematical modeling and intraparticle Fick diffusion. This process was performed by nonlinear regression evaluation, the parameters were statistically validated by evaluating the mean absolute percentage error (MAE) and the coefficient of determination (R^2). The amount resulting from condensation was measured every 30 seconds during the 38-minute extraction process. In addition, a 33 factorial experiment it was used to find out the significant variables affecting the obtaining of the essential oil. This approach took into account three different experimental factors: irradiation duration (10, 15 and 20 minutes), microwave power levels (500, 700 and 900 W), and solid: liquid (S/L) ratio 1:2, 1:3 and 1:5 g/ml. Optimum conditions were identified that resulted in a maximum yield of 2.1%, specifically with an S/L ratio 1:5, microwave power of 864 W and the radiation exposure duration was 20 min. The mass transfer diffusion coefficients were 3.61×10^{-13} , 6.57×10^{-13} , 6.75×10^{-13} m²/s at 500, 700 and 900 W respectively. Chemical composition analysis by gas chromatography (GC) showed that anethole is the predominant component, constituting 90.20% and 90.92% of the total oil extraction by microwave-assisted hydrodistillation (MWHD) and distillation (HD), respectively.

Keywords: Essential oil, anise seeds, microwave hydrodistillation, kinetics, Fick diffusion.