

Revista Científica del Instituto de Investigación de la
Universidad Nacional del Centro del Perú

Volumen 03
Número 01

Enero - Diciembre 2022
ISSN versión electrónica: xxx-xxx

PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Ciencias Agrarias

<http://www.uncp.edu.pe>
Huancayo - Perú

PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Ciencias Agrarias

Instituto de investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú

Enero - Diciembre 2022
Volumne 03, Número 1

PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Ciencias Agrarias

Prospect. Univ. CCAgrarias

Revista Científica del Instituto de Investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú

Enero - Diciembre 2022

ISSN:

Editor

Comité Editorial

Revisor Lingüístico

Traductor de idioma

Diseño y Diagramación

Oscar Sedano Vargas

E-mail: investigación@uncp.edu.pe

Teléfono: 064-481082, anexo 6022

Dirección: Mariscal Castilla N° 3909-4089 - Ciudad Universitaria, El Tambo - Huan-cayo

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: N° 2006-4116

Publicación semestral

Distribución gratuita

REVISTA VERSIÓN ELECTRÓNICA

<http://www.uncp.edu.pe/>

La revista no se solidariza con las opiniones de los autores.

Índice

Efecto del extracto de Tocosh en la conservación de filete de res envasado al vacío.

Reyes, Vilma J.; Carhuallanqui, Shalin; Clímaco, Diana y Yábar, Emilio.

pp. 1-10.

Evaluación nutricional y fisicoquímica del Tarwi (*Lupinus mutabilis*) desamargado, deshidratado, tostado y envasado al vacío para consumo directo.

Carhuallanqui, Shalin; Ccora, Angela M.; Vilcamopa, Lizve y Casas, José P.

pp. 11-17.

Estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite esencial de *Tropaeolum majus* extraído por energía ultrasónica.

Párraga, Nancy; De La Cruz, Erika A.; Manyari, Mavel; Moran, Mayumi y Mayta, Franz A.

pp. 18-25.



Efecto del extracto de Tocosh en la conservación de filete de res envasado al vacío

Effect of tocosh extract on the preservation of vacuum packed beef fillet

Reyes, Vilma J.¹; Carhuallanqui, Shalin¹; Clímaco, Diana¹ y Yábar, Emilio¹

¹Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias,
Universidad Nacional del Centro del Perú,
Ciudad Universitaria, Huancayo, Perú.

Resumen

Los extractos de sobrenadante de *Lactobacillus* tienen propiedades inhibitorias del crecimiento y disrupción de biofilm sobre cepas de patógenos. Este artículo brinda una visión general sobre la posibilidad de utilizar el extracto de Tocosh exento de células como conservante de carne. Se utilizó principalmente información procedente de google académico, Scielo, Scopus y Science direct. Los antecedentes consideran a los alimentos fermentados tradicionales como fuente de bacterias ácido láctica (BAL) dentro de ellas el Tocosh, seguido de un análisis sistemático de sus cualidades bioactivas en la salud, la importancia de las bacteriocinas, los factores básicos de conservación de la carne fresca, que incluye el envasado al vacío, para finalmente considerar el sistema de conservación de la carne mediante un extracto con potencialidad antimicrobiana. Se observó que existe un vacío de conocimiento por investigar sobre la caracterización molecular del extracto de Tocosh libre de células, para ser utilizada como conservante de alimentos en forma individual o sinérgico con otros sistemas de conservación en alimentos perecibles como la carne.

Palabras clave: tocosh, bacterias ácido lácticas, bioconservantes, bacteriocinas, alimentos percederos.

Abstract

Lactobacillus supernatant extracts have growth inhibitory and biofilm disruption properties on pathogen strains. This article provides an overview of the possibility of using cell-free Tocosh extract as a meat preservative. Information from google academic, Scielo, Scopus and Science direct was mainly used. The background considers traditional fermented foods as a source of lactic acid bacteria (LAB) including Tocosh, followed by a systematic analysis of its bioactive qualities on health, the importance of bacteriocins, the basic factors of fresh meat preservation, including vacuum packaging, and finally considering the system of meat preservation using an extract with antimicrobial potential. It was observed that there is a knowledge gap to be investigated on the molecular characterization of cell-free Tocosh extract, to be used as a food preservative individually or synergistically with other preservation systems in perishable foods such as meat.

Keywords: tocosh, lactic acid bacteria, biopreservative, bacteriocins, perishable foods.

Cómo referenciar:

Reyes, V. J.; Carhuallanqui, S.; Clímaco, D. y Yábar, E. (2022). Efecto del extracto de Tocosh en la conservación de filete de res envasado al vacío. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 03(01), 1–10.

1 Introducción

Los productos fermentados en condiciones naturales generan un alimento con cualidades nutritivas y fun-

cionales superiores a las materias primas de origen, además de una biomasa de microorganismos de distintos tipos, que corresponden mayoritariamente a bacterias ácido lácticas (BAL), los cuales están demostrando que pro-

ducen metabolitos de interés como en alimentos, estos son las bacteriocinas, polipéptidos con acción antagónica. Durante el proceso de elaboración del tocosh, se desarrollan muchas especies de *Lactobacillus* y sus extractos podrían ser utilizados como conservante de filetes de res.

La nisina, bacteriocina más comercial, es eficaz para inhibir *Brochothrix thermosphacta* cuando se incorpora en la producción de embutidos, se ha examinado el uso de otras bacteriocinas como la leucocina A, las enterocinas, las sakacinas y las carnobacterinas A y B para prolongar la vida útil de la carne fresca; sin embargo, los resultados más prometedores en carnes se obtuvieron utilizando pediocina PA-1 que reduce el número de microorganismos objetivo, pero aún no es un aditivo alimentario aprobado en los Estados Unidos, sin embargo, las bacteriocinas no solo son efectivas, sino que también son seguras para su uso en el suministro de alimentos (Cleveland et al., 2001).

Los antimicrobianos naturales, que inhiben el crecimiento microbiano, incluyen productos químicos tradicionales, antimicrobianos naturales o preservación biológica (por ejemplo, microbios beneficiosos, bacteriocinas o bacteriófagos); aunque tienen una gran eficacia antimicrobiana, los desafíos debidos a la adaptación de los patógenos transmitidos por los alimentos a tales métodos de control se están haciendo evidentes, tal adaptación permite la supervivencia de los patógenos en alimentos o ambientes de contacto con alimentos (Abdelhamid & El-DougDoug, 2020). El objetivo de esta revisión fue analizar la información científica más relevante sobre los posibles metabolitos del extracto de tocosh con actividad conservante a partir de las BAL desarrolladas durante el proceso de fermentación.

2 Materiales y Métodos

Se realizó una búsqueda sistemática utilizando las siguientes bases de datos: SCOPUS, WEB OF SCIENCE, MEDLINE y GOOGLE ACADÉMICO. La búsqueda fue realizada en español e inglés utilizando palabras clave como tocosh, bacterias ácido-lácticas, conservante, bacteriocinas, alimentos andinos, filete de carnes, alimentos funcionales. Se tuvo en cuenta todos los artículos científicos relevantes publicados entre los años 2001 al 2020. Cada artículo original y de revisión fue evaluado en el contexto del título de la revisión propuesta.

3 Resultados

3.1 Tocosh

El tocosh de papa es el resultado de un proceso artesanal de fermentación-putrefacción, tiene propiedades nutricionales y medicinales sustentadas por la tradición y algunas referencias científicas, su consumo más importante es como mazamorra (Lechuga-Gilt & Salas-Ramírez, 2013).

Un proceso fermentativo presenta tres fases; primero se desarrolla una microflora poco exigente, enterobacterias y aerobios mesofílicos, seguido de microorganismos productores de ácidos orgánicos, mayoritariamente bacterias ácido-lácticas (BAL), microaerófilas o anaerobias; finalmente, en la tercera fase desarrollan levaduras saprofitas, generando un producto por acidificación láctica y depolimerización parcial del almidón (Chiquiza-Montaña et al., 2016).

Las bacterias ácido-lácticas de los productos fermentados tienen capacidades limitadas para la síntesis de aminoácidos; sin embargo, poseen un complejo sistema proteolítico (serina proteasa) capaz de hidrolizar proteínas alimentarias a péptidos y aminoácidos que contribuyen a la textura, sabor y aroma (Holzapfel & Wood, 2014).

3.1.1 Bacterias ácido lácticas del tocosh

Jiménez et al. (2018) encontró que el total de bacterias mesófilas en PCA varió de $4,3 \times 10^6$ a $1,9 \times 10^8$ UFC g-1, los recuentos de BAL en los medios MRS y YGLP aumentaron de $7,4 \times 10^2$ y $1,1 \times 10^3$ UFC g-1 a $5,5 \times 10^7$ y $1,1 \times 10^7$ UFC g-1, respectivamente. No se observaron diferencias en los recuentos de BAL en MRS-M o MRS-S, excepto una reducción de un logaritmo para la muestra de 8 meses en MRS-S, el total de mohos y levaduras disminuyó de $7,1 \times 10^3$ (papas frescas) a $1,0 \times 10^2$ UFC g-1, se registró una disminución en el valor de pH de 5,5 a 3,8 y 4,2.

Tabla 1

Análisis Microbiológico de Papas Frescas, Tocosh de 1 y 8 meses de fermentación

Categorías	Papa fresca	1 mes	8 meses
Mesófilos totales	4.3×10^6	5.8×10^7	1.2×10^8
BAL (MRS)	7.4×10^2	2.1×10^5	5.5×10^7
BAL (YGLP)	1.1×10^3	1.7×10^5	1.1×10^7
BAL (MRS-M)	1.6×10^2	2.5×10^5	5.7×10^6
BAL (MRS-S)	1.5×10^2	6.2×10^4	4.2×10^6
Mohos y levaduras	7.1×10^3	2.7×10^3	1.0×10^2
pH	5.5	3.8	4.2

Nota. Tomado de 2018.

La diversidad de BAL asociadas con tocosh, por métodos de cultivo y secuenciación de alto rendimiento (HTS), se identificaron especies de *Lactobacillus* (Lb) (*Lb. sakei*, *Lb. casei*, *Lb. farciminis*, *Lb. brevis*, *Lb. fermentum*) y *Leuconostoc* (Ln) mesenteroides, se investigaron sus características biotecnológicas, como capacidad degradativa de la amilasa y el fitato, así como producción de exopolisacáridos (EPS) y vitaminas del grupo B (riboflavina y ácido fólico) fueron exhibidas por *Lb. sakei* y *Ln. mesenteroides*, además como actividad antibacteriana y capacidad de producción de aminas biogénicas (2018).

Cepas de BAL aisladas de tocosh, demostraron ser efectivas para inhibir varios hongos toxigénicos y no toxigénicos como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, así como patógenos alimentarios, los agentes antimicrobianos (bacteriocinas y/o moléculas antifúngicas), mediante la extracción QuEChERS con detección LC-MS-LIT permitió la identificación y cuantificación de hasta 15 compuestos, *L. fermentum* T3M3 y *Lc. mesenteroides* T1M3 mostraron potencialidad antimicrobiana y no mostraron resistencia a los antibióticos y, por lo tanto, son aptas para aplicaciones alimentarias (Yépez et al., 2017).

3.1.2 Efecto antioxidante y citoprotector del tocosh

El tocosh fortalece el sistema inmunológico, controla las úlceras estomacales y gastritis crónica; sin embargo, son escasas las conclusiones científicas al respecto. Niveles de 1800 mg kg⁻¹ conservaron 97% del área de la mucosa gástrica, 2700 mg kg⁻¹ 95% y 900 mg kg⁻¹ 88% ($p < 0,05$), 1800 mg kg⁻¹ mostró mejor efecto citoprotector y 2700 mg kg⁻¹ mejor actividad antioxidante, comparada con sucralfato 30 mg kg⁻¹, estos resultados en animales de laboratorio confirman el conocimiento tradicional, que el consumo de tocosh protege la mucosa gástrica en personas (Sandoval et al., 2015).

El tocosh presentó actividad antibacteriana sensible en un 90% con respecto a la gentamicina de 43.3%, efecto antibacteriano moderadamente sensible con 6.7% y 30% respectivamente; el tocosh presentó una acción antibacteriana sensible en un 20% con respecto a la gentamicina de 60%, efecto antibacteriano intermedio con 6.7% y 3.3% respectivamente (Pesantes, 2015). Como propuesta terapéutica, la papa fresca y el tocosh protegen la mucosa gástrica por su capacidad antioxidante (Rojas-Padilla & Vásquez-Villalobos, 2016).

3.1.3 Efecto inhibitorio del tocosh

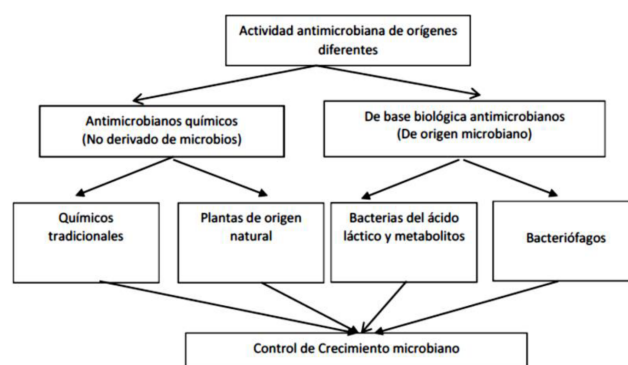
Lopez (2017) evaluó el efecto inhibitorio in vitro del extracto acuoso del tocosh comparado con vancomicina y oxacilina sobre cepas de *Staphylococcus aureus*, con los siguientes tratamientos: extractos acuosos de tocosh al 25, 50 y 100% y 2 controles con oxacilina y vancomicina, se determinó su actividad antibacteriana mediante halos de inhibición y concentración mínima inhibitoria (CMI) mediante unidades formadoras de colonias, el *Staphylococcus aureus* fue muy sensible frente al extracto del 25% ($17,75 \pm 1,05$ mm) e intensamente sensible frente a 50 % y 100% ($22,17 \pm 0,94$ y $25,42 \pm 1,62$ mm respectivamente), la CMI fue de 500 mg dL⁻¹ (extracto al 50%); se concluyó que el tocosh presentó efecto inhibitorio in vitro sobre cepas de *Staphylococcus aureus*, la aplicación de extractos o usar un producto que haya sido fermentado previamente con una cepa o biomasa productora de bacteriocina como ingrediente durante el procesamiento de alimentos, es una posibilidad técnica y económica (Daba & Elkhateeb, 2020).

3.1.4 Actividad antibacteriana de otros orígenes

Existen varias formas de eliminar o reducir los patógenos con sustancias de diferentes orígenes químicos y biológicos diferentes a las bacteriocinas como se puede observar en la figura 1.

Figura 1

Clasificación de Antimicrobianos Naturales



Nota. Representación esquemática de la clasificación de antimicrobianos naturales que controlan el crecimiento microbiano como se presenta en el estudio actual. Tomado de Abdelhamid y El-DougDoug (2020).

3.2 Bacteriocinas

Las BAL a menudo se aíslan de hábitats ricos en nutrientes que contienen carbohidratos solubles, vitaminas, proteínas disponibles y tienen baja tensión de oxígeno,

los hábitats incluyen productos fermentados como leche, carne, verduras, frutas y productos lácteos (López-Cuellar et al., 2016). Las BAL son microorganismos con potencial bio preservante natural de muchos productos alimenticios, debido a que producen diversos metabolitos como ácido láctico, peróxido de hidrógeno, diacetilo, dióxido de carbono y bacteriocinas (Heredia-Castro et al., 2017). Las bacteriocinas se definen como polipéptidos de origen ribosomal que son secretados al medio extracelular y tienen la capacidad de ejercer actividad antagonista contra un grupo de bacterias, hongos y algunos parásitos competidores (López-Cuellar et al., 2016).

Tabla 2

Características Generales de las Bacteriocinas

Categoría	Descripción
Origen	Origen ribosomal: péptidos extracelulares producidos por la bacteria Gram positivas y Gram negativas.
Efectos	Se estima que el 99% de las bacterias son capaces de sintetizar cuando menos una bacteriocina. Efectos - In vitro: no toxica para líneas normales celulares normales, toxica para célula cancerosa. - In vivo: no estimula el sistema inmune, no toxico en modelos animales y humanos (se activan por proteasas digestivas).
Espectro de acción	Pueden actuar con bacterias Gram positivas y Gram negativas. Algunas bacterias patógenas susceptibles son <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>C. Botulinum</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Ent. fecalis</i> , <i>Salmonella spp.</i>
Modo de actividad	Bactericida, bacteriostático y fungicida.
Mecanismo de acción	Permeabilización de la membrana (perdida del potencial de membrana, consumo de reservas energéticas celulares, disminución en la síntesis de DNA, RNA y proteínas). - Lisis celular.
Estructura química	Péptidos: glicoproteínas y lipoproteínas.
Peso Molecular	Gram negativas: son de tamaño muy variable y pueden alcanzar hasta los 80kDa. - Gram positivas: por lo general su tamaño es menos de los 10kDa, aunque se han reportado valores más altos. - Archea: su tamaño puede llegar a alcanzar aproximadamente los 20kDa.
Carácter	Hidrofóbico. - Anfipático.
pI	De 8.1 a 10.0
Localización de genes que codifican para las bacteriocinas	Plásmidos, Cromosomas, Transposones: ambos (plásmidos y cromosomas).
Sensibilidad a enzimas	Todas son sensibles a las enzimas proteolíticas, tales como la pepsina, tripsina y pronasa
Sensibilidad a temperaturas	Compuestos termoestables: la mayoría soporta de 100-120°C durante 15-30 min.
Sensibilidad a pH	La mayoría de las bacteriocinas son estables en el intervalo de pH de 3,0 a 9,0.

Nota. Tomado de Heredia-Castro et al. (2017).

Las tablas 2 y 3 muestran las características generales y la clasificación de las bacteriocinas. La producción de bacteriocinas depende del crecimiento y la actividad fisiológica de la cepa productora, las principales variables que afectan la producción de bacteriocinas son la temperatura (20 a 50 °C), el pH (es generalmente mantenido constante para la producción de bacteriocinas, mediante la neutralización de los ácidos producidos), la composición del medio de cultivo (fuente de carbono, glucosa, lactosa, sacarosa y como fuente de nitrógeno, extracto de levadura, extracto de carne o peptona), condiciones anaerobias a 60% de oxígeno y la presencia de inducto-

res, como la adición de surfactantes como Tween 80 que estimula la secreción de péptidos al influenciar la fluidez de la membrana celular (Londoño et al., 2015).

Preparaciones de extractos crudos se han probado y analizado, presentaron amplio espectro y pueden usarse como aditivos alimentarios, se observó una reducción en las bacterias aeróbicas mesófilas, psicrotróficas y *Listeria monocytogenes* en comparación con el control, las bacteriocinas podrían ser efectivas para la protección contra ciertos patógenos en la carne, verduras y productos lácteos (López-Cuellar et al., 2016).

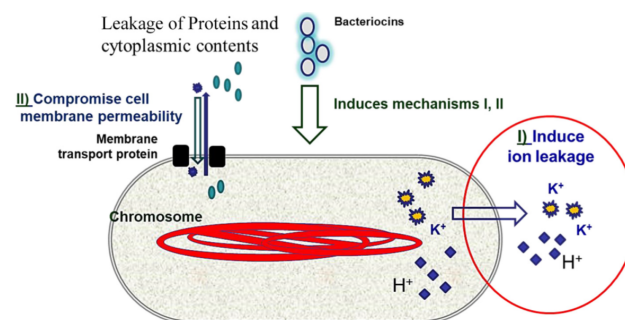
Las bacteriocinas tienen diferentes aplicaciones en la conservación y procesamiento de alimentos, las aplicaciones actuales y futuras de las bacteriocinas se extienden a los campos farmacéutico y médico, como frente a bacterias resistentes a múltiples fármacos, agentes anticancerígenos, antileishmaniales y antivirales, las bacteriocinas de mayor aplicación en alimentos son la nisina A, leucocin A, lactocina 705, enterocina 4 y enterocina, las investigaciones de nuevas bacteriocinas, están siendo realizadas mediante modificaciones de bioingeniería (Daba & Elkhateeb, 2020).

3.2.1 Modo de acción de las bacteriocinas

El modo de acción varía según el tipo de bacteriocinas, los receptores primarios de las bacteriocinas son los lípidos aniónicos, moléculas presentes en la membrana citoplasmática, la unión de las moléculas de bacteriocina provocan la formación de poros en la membrana que conduce a la salida de iones y otras moléculas de las células causando daños irreversibles y muerte de la célula (Johnson et al., 2018).

Figura 2

Modo de acción de las bacteriocinas



Nota. Modo de acción de las bacteriocinas frente a bacterias patógenas transmitidas por los alimentos. Tomado de Abdelhamid y El-DougDoug (2020)

Tabla 3*Clasificación de las Bacteriocinas*

Clasificación	Características	Subcategoría	Ejemplo
Clase I	Péptidos que contienen aminoácidos modificados (lantionina, β lantioninato)	Tipo A (moléculas lineales)	Nicina, subtilina, epidermina.
		Tipo B (moléculas globulares)	Mercacidina
Clase II	Clase heterogénea de péptidos termoestables pequeños	Subclase IIa (pediocina-antilisteria)	Pediocina, enterocina
		Subclase IIb (dos péptidos)	Sakacina
		Subclase IIc (otras bacteriocinas)	Plantaracina, lactacina F., Lactococina
		Subclase IIc.	Lactacina Q
Clase III	Péptidos grandes termolábiles	Subclase IIc.	Propionicina F
		Subclase IIe.	
Clase IV	Péptidos cíclicos*	-	Helveticina J millericina B
Clase V	Péptidos de estructura circular	-	Reutiricina 6
	Degradación de proteínas grandes	-	Enterocina AS-48, gasicina A.

Nota. Tomado de Heredia-Castro et al. (2017).

3.2.2 Extracción de bacteriocinas y criterios de selección y seguridad de las bacteriocinas

Se han explorado que existen varios métodos de purificación, incluyendo desde un extracto crudo. La bacteriocina bruta de *L. brevis* DF01 (bacteriocina DF01) se aisló con modificaciones menores, *L. brevis* DF01 se cultivó en caldo MRS a 37 °C durante 24 h, y las células bacterianas se eliminaron por centrifugación a 13.000 rpm durante 15 min (4 °C), seguidamente se obtuvieron sobrenadantes libres de células (CFS) usando un filtro (0.2 μ m) y se agregó sulfato de amonio en el CFS hasta una saturación del 70% (p/v) para precipitar proteínas a 4 °C durante la noche, las proteínas precipitadas de centrifugación a 13.000 rpm durante 15 min (4 °C), se disolvieron en agua destilada y, posteriormente, se dializaron frente a agua destilada utilizando un tubo de diálisis (peso molecular 1.200) a 4 °C durante 24 h, y la bacteriocina bruta se mantuvo a -80 °C, hasta su uso.

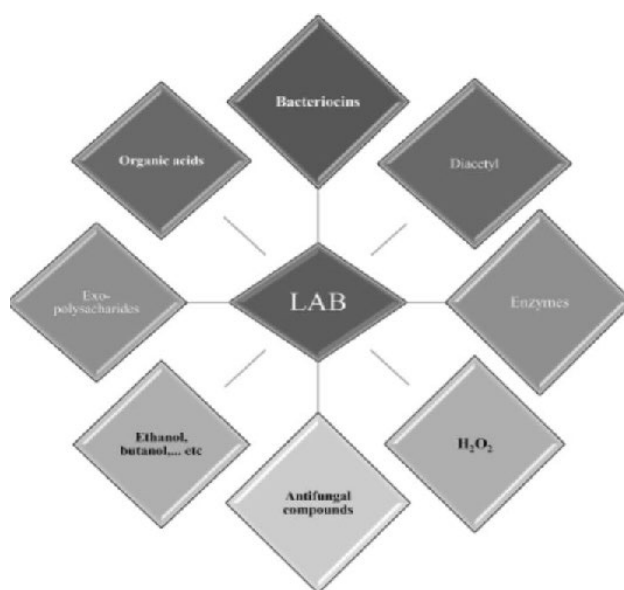
Para examinar la estabilidad térmica de la bacteriocina DF01, la bacteriocina se trató térmicamente a 0, 60, 80 o 100 °C durante 30 min (Kim et al., 2019). Se han establecido algunos criterios básicos para el uso de bacteriocinas (Johnson et al., 2018), como: a. Seguridad de los consumidores e inofensiva para los consumidores microflora intestinal, b. Amplio espectro antibacteriano de la bacteriocina contra el organismo que estropea los alimentos, c. Resistencia a las enzimas presentes en las matrices alimentarias y d. Estabilidad térmica y actividad en un amplio rango de pH y concentración de sal, para su inclusión en una amplia gama de sistemas de alimentos.

3.2.3 Evidencias antimicrobianas del tocosh

En la figura 3 se muestra la potencialidad de compuestos capaces de ser producidos por las BAL.

Figura 3

Principales Productos que Generan las Bacterias Ácido Lácticas



Nota. tomado de Daba y Elkhateeb (2020)

Cepas de *Lactobacilos*, aisladas de chicha y tocosh, demostraron ser eficaces para inhibir hongos toxigénicos y no toxigénicos, como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, se presume que los agentes antimicrobianos sean bacteriocinas y otras moléculas antifúngicas, se identificó y cuantificó hasta 15 compuestos antimicrobianos con potencial como agentes antimicrobianos al inhibir

patógenos bacterianos transmitidos por los alimentos, demostraron no tener resistencias antibióticas y, por lo tanto, son adecuadas para aplicaciones alimentarias (Yépez et al., 2017).

La diversidad de bacterias del ácido láctico (BAL) asociadas con tocosh, entre ellas *Lactobacillus* (Lb), *Lb. sakei*, *Lb. casei*, *Lb. farciminis*, *Lb. Brevis* y *Lb. Fermentum*, se investigaron sus características biotecnológicas, varias de ellos presentaron capacidad de degradación de la amilasa y el fitato, producción de EPS y vitamina B del grupo B (riboflavina y folato), además actividad antibacteriana y capacidad de producción de aminos biogénicos (Jiménez et al., 2018).

3.3 Conservación de la carne

La carne fresca, contiene cantidad de agua suficiente, abundancia de proteínas y nutrientes esenciales y un pH favorable que promueven el crecimiento microbiano, principalmente bacterias que generan su descomposición, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Brochothrix thermosphacta*, *Moraxella*, *Enterobacter*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Proteus* (degradan proteínas y lípidos), cambiando adversamente su aspecto, textura y sabor; adicionalmente, la carne es propensa a una contaminación con microorganismos patógenos, como, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* termófilo, *Escherichia coli* O157: H7 enterohemorrágica, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* anaerobio, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* (Woraprayote et al., 2016).

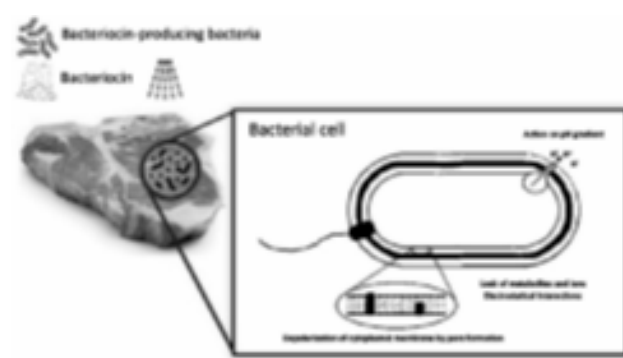
La carne y productos cárnicos son ricos en proteínas, pH 6,0 y Aw 0,945, proporcionan un entorno favorable para la proliferación de una variedad de microorganismos de descomposición, la disponibilidad de oxígeno en la carne a temperaturas de refrigeración permite el crecimiento de bacterias aerobias Gram-negativas, particularmente *Pseudomonas* y de *Carnobacterium*, *Lactobacilli* y *Leuconostoc* que predominan en condiciones anaeróbicas (Choyam et al., 2019).

Oliete et al. (2006) estudiaron la calidad de carne de ternera durante su maduración al vacío, donde el tiempo y método de almacenamiento son factores determinantes. Como control, se utilizó muestras de *Longissimus thoracis* un día después del sacrificio sin envasar, a los 7, 14 y 21 días, envasadas al vacío, se determinó el pH, color, contenido de pigmentos, capacidad de retención de agua y dureza a cada tiempo propuesto, demostrándose las cualidades del vacío.

Aunque las bacteriocinas tienen aplicaciones en muchos sistemas alimentarios, los alimentos no deben conservarse solo con bacteriocinas, sino como parte de un sistema de múltiples barreras como N₂, CO₂, bajas temperaturas, presión hidrostática o alta temperatura que incrementen la conservación de la carne, la nisina o su combinación con niveles más bajos de nitrato pueden prevenir el crecimiento de *Clostridium*, se determinó que cuanto menor es el contenido de grasa, mayor es la actividad de nisina en el sistema, también se observó que la nisina junto con el ácido láctico no tienen ventaja alguna (Cleveland et al., 2001). La carne, es considerada como una fuente importante de enfermedades entéricas humanas; por lo tanto, la seguridad microbiológica es una de las principales preocupaciones de riesgo en la industria cárnica y de alimentos (figura 4), se han aplicado diferentes procedimientos, incluida la adición de bacteriocinas como conservantes antagonistas proteicos, para inhibir e inactivar la contaminación microbiana y extender la vida útil de estos productos (Pilevar et al., 2020).

Figura 4

Actividad de las bacteriocinas en la conservación de carne



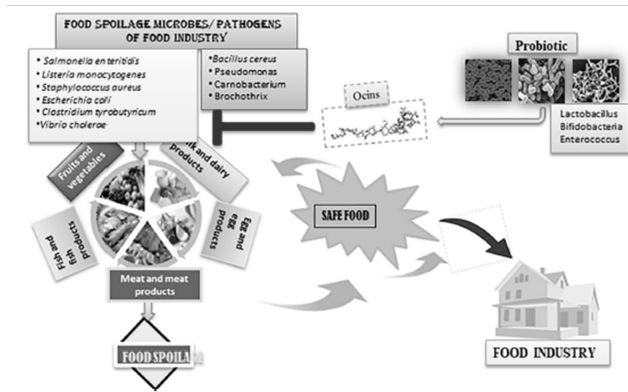
Nota. Tomado de Pilevar et al. (2020)

Las ocinas son péptidos o proteínas antimicrobianas producidas por especies y cepas bacterianas, su aplicación en la industria alimentaria (figura 5) incluye la producción ex situ e in situ por cepas ocinogénicas, la principal limitación de las ocinas en la industria alimentaria son los métodos de producción a nivel industrial (Choyam et al., 2019).

Se identificaron más de 100 BAL productoras de bacteriocinas y se identificaron los siguientes genes: *sapA* (curvacin A), *sppQ* (sakacin Q), *sppA* (sakacin P), *plnEF* (plantaricina EF), *plnA* (plantaricina A), *entA* (enterocina A), *entP* (enterocina P), *andentB* (enterocina B), se determinó el potencial de *L. sakei* y *E. faecium* como cultivos bioprotectores y controladores de *L. monocytogenes* en

carne cruda y productos cárnicos (Da Costa et al., 2019).

Figura 5
Industria Alimentaria y Microorganismos Deteriorantes y Patógenos



Nota. Influencia de las ocinas para generar seguridad alimentaria. Tomado de Choyam et al. (2019).

3.4 Bacteriocinas en la conservación de la carne

Las bacteriocinas en alimentos pueden incorporarse a un alimento para mejorar su seguridad: (1) utilizando una preparación purificada o semi purificada de bacteriocina como ingrediente alimentario, se incluye la adición directa en la fórmula alimentaria o inmersión en una solución que contiene el péptido (2) incorporación de un ingrediente previamente producido por un LAB productor de bacteriocina; o (3) mediante el uso de LAB productora de bacteriocinas como iniciador directamente en el producto para la producción in situ de bacteriocinas (Da Costa et al., 2019).

En la industria cárnica se ha demostrado que la Nisina, Enterocina AS-48, Enterocinas A y B, Sakacina, Leucocina A y especialmente Pediocina PA-1/AcH sola o en combinación con varios tratamientos fisicoquímicos como envasado en atmósfera modificada, alta presión hidrostática (HHP), conservantes térmicos y químicos son eficaces contra *L. monocytogenes* (Singh, 2018).

4 Discusión

La conservación de las carnes busca prevenir el deterioro y mantener las cualidades organolépticas de este, mediante 3 métodos: control de temperatura, reducción de la actividad del agua o el uso de aditivos químicos (Pal & Devrani, 2018).

El uso de sales, como cloruro de Sodio, Nitratos o Nitritos, son comúnmente utilizados debido al aumento

de la presión osmótica y disminución de la actividad del agua; además las sales de Nitrito son eficaces para controlar el color, lípidos u olor y al mismo tiempo proveer control sobre las bacterias anaerobias (Bravo, 2021).

Los procesos de control de temperatura siguen siendo altamente efectivos, pero no están exentos de interferir en las propiedades organolépticas; por otro lado, los aditivos alimentarios están demostrando efectos secundarios como el cáncer; aditivos como fosfatos en carnes están asociados a problemas de salud (Vásquez et al., 2009); además cabe resaltar los mecanismos de resistencia desarrollados por algunos microorganismos frente a mecanismos tradicionales, por ejemplo, *Micrococcus* muestra resistencia a altas concentraciones de sal (Mills et al., 2017). Por consiguiente, es de importancia reducir el uso de aditivos que se identifican como perjudiciales para la salud (Aguilar et al., 2019).

Por lo tanto, las bacteriocinas son moléculas candidatas para biopreservación de alimentos, dada su procedencia, actividad y amplio rango de aplicación, sin embargo, se encuentran diferencias puntuales entre el uso de una bacteriocina para un microorganismo específico, actualmente se vienen usando en combinación con nanopartículas de plata como un enfoque ecológico (Manna & Mondal, 2023).

Se propone bacteriocinas tales como nisina, leucocina A, pediocina, mesenterocina, con el objetivo de inhibir al bacilo Gram positivo *Listeria monocytogenes* mientras que autores (Barcenilla et al., 2022) proponen el uso de cepas no solo de origen lácteo sino también de vegetales fermentados y tracto gastrointestinal humano, en su estudio, no solo se observó una inhibición frente a *Listeria monocytogenes*, también se observó este fenómeno frente a *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp* y *Escherichia coli*, todos patógenos de transmisión alimentaria

La nisina es actualmente la única bacteriocina reconocida como GRAS por la FDA como conservante en alimentos, como sustentan (Sánchez et al., 2019), el efecto que tienen distintos factores fisicoquímicos sobre la actividad de una bacteriocina no solo tiene el fin de caracterizarla, sino también sirve para inferir su posible aplicación industrial, por ejemplo, las altas temperaturas y las amplias variaciones de pH son, entre otros, condiciones que debe resistir una bacteriocina para ser útil como potencial agente inhibidor de microorganismos no deseados.

5 Conclusiones

El tocosh es una buena fuente de bioactivos con actividad antimicrobiana, dentro de ellas, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, bacteriocinas e incluso enzimas que potencian sus posibilidades de uso como biopreservante.

Se recomienda realizar trabajos de purificación en el extracto libre de células y su actividad antimicrobiana a cada nivel. Finalmente se plantea un procedimiento ha-

ciendo uso de las BAL, de forma teórica en donde se espera pueda ser utilizado como base para futuras investigaciones que pretendan indagar en el campo de la nano y biotecnología en pro de aportar a la conservación de las carnes en la industria alimentaria.

Sugiriendo el protocolo de manera IN SITU con una mayor ventaja de aplicación ya que requiere menor costo tanto capital como en personal especializado, sin dejar de ser efectivo.

Referencias

- Abdelhamid, A. G., & El-Dougdoug, N. K. (2020). Controlling foodborne pathogens with natural antimicrobials by biological control and antivirulence strategies. *Heliyon*, 6(9), e05020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05020>
- Aguilar, C. N., Ruiz, H. A., Rubio Rios, A., Chávez-González, M., Sepúlveda, L., Rodríguez-Jasso, R. M., Loredot-Treviño, A., Flores-Gallegos, A. C., Govea-Salas, M., & Ascacio-Valdes, J. A. (2019). Emerging strategies for the development of food industries. *Bioengineered*, 10(1), 522-537. <https://doi.org/10.1080/21655979.2019.1682109>
- Barcenilla, C., Ducic, M., López, M., Prieto, M., & Álvarez-Ordóñez, A. (2022). Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review. *Meat Science*, 183, 108661. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108661>
- Bravo, J. S. (2021). *Aislamiento y purificación de bacteriocinas a partir de lactobacillus plantarum para su uso como conservantes en carne de res* [bachelorThesis]. Universidad del Azuay. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10459>
Accepted: 2021-01-13T16:06:25Z.
- Chiquiza-Montaña, L. N., Montoya, O. I., Restrepo, C., & Orozco-Sánchez, F. (2016). Estudio de la Microbiota del Proceso de Producción de Almidón Agrario de Yuca. *Información tecnológica*, 27(5), 03-14. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500002>
- Choyam, S., Srivastava, A. K., Shin, J.-H., & Kammara, R. (2019). Ocins for Food Safety. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1736. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01736>
- Cleveland, J., Montville, T. J., Nes, I. F., & Chikindas, M. L. (2001). Bacteriocins: Safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00560-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00560-8)
- Da Costa, R. J., Voloski, F. L. S., Mondadori, R. G., Duval, E. H., & Fiorentini, Â. M. (2019). Preservation of Meat Products with Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria Isolated from Meat. *Journal of Food Quality*, 2019, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2019/4726510>
- Daba, G. M., & Elkhateeb, W. A. (2020). Bacteriocins of lactic acid bacteria as biotechnological tools in food and pharmaceuticals: Current applications and future prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 28, 101750. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101750>
- Heredia-Castro, P. Y., Hernández Mendoza, A., González Córdova, A. F., & Vallejo Cordoba, B. (2017). Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 42(6), 340-346. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6077466>
- Holzappel, W. H., & Wood, B. J. (Eds.). (2014, abril). *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy* (1ª ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118655252>
- Jiménez, E., Yépez, A., Pérez-Cataluña, A., Ramos Vásquez, E., Zúñiga Dávila, D., Vignolo, G., & Aznar, R. (2018). Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh - traditional Peruvian

- fermented potatoes - by high throughput sequencing (HTS) and culturing. *LWT*, 87, 567-574. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.033>
- Johnson, E. M., Jung, D. Y.-G., Jin, D. Y.-Y., Jayabalan, D. R., Yang, D. S. H., & Suh, J. W. (2018). Bacteriocins as food preservatives: Challenges and emerging horizons. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(16), 2743-2767. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1340870>
- Kim, N.-N., Kim, W. J., & Kang, S.-S. (2019). Anti-biofilm effect of crude bacteriocin derived from *Lactobacillus brevis* DF01 on *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*. *Food Control*, 98, 274-280. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.004>
- Lechuga-Gilt, H., & Salas-Ramírez, H. I. (2013). Estudio Para La Instalación de Una Planta Productora de Mazamorra de Tocosha Con Maca, Quinoa y Leche. *Ingeniería Industrial*, 0(031), 115. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2013.n031.15>
- Londoño, N. A., Taborda, M. T., López, C. A., & Acosta, L. V. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23(36), 186. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/356>
- Lopez, Y. Y. (2017). *Efecto inhibitorio in vitro de Solanum tuberosum (papa fermentada) comparado con vancomicina y oxacilina sobre cepas de Staphylococcus aureus* [Tesis doctoral, Universidad Privada Antenor Orrego]. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2628>
Accepted: 2017-05-15T23:49:37Z.
- López-Cuellar, M. D. R., Rodríguez-Hernández, A.-I., & Chavarría-Hernández, N. (2016). LAB bacteriocin applications in the last decade. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(6), 1039-1050. <https://doi.org/10.1080/13102818.2016.1232605>
- Manna, A., & Mondal, R. (2023). Bacteriocin-mediated food preservation in conjugation with silver nanoparticles: A green approach. *Food Chemistry Advances*, 3, 100464. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100464>
- Mills, S., Ross, R. P., & Hill, C. (2017). Bacteriocins and bacteriophage; a narrow-minded approach to food and gut microbiology. *FEMS Microbiology Reviews*, 41(Supp_1), S129-S153. <https://doi.org/10.1093/femsre/fux022>
- Oliete, B., Moreno, T., Carballo, J. A., Monserrat, L., & Sánchez, L. (2006). Estudio de la calidad de la carne de ternera de raza rubia gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Archivos de zootecnia*, 55(209), 3-14. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1430380>
- Pal, M., & Devrani, M. (2018). Application of Various Techniques for Meat Preservation. *Journal of Experimental Food Chemistry*, 04(01). <https://doi.org/10.4172/2472-0542.1000134>
- Pesantes, P. P. (2015). *Efecto antibacteriano in vitro de solanum tuberosum (papa fermentada) en cepas de escherichia coli comparado con gentamicina y ceftriaxona* [Tesis doctoral, Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO]. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/1562>
Accepted: 2016-06-23T20:55:30Z.
- Pilevar, Z., Hosseini, H., Beikzadeh, S., Khanniri, E., & Alizadeh, A. M. (2020). Application of Bacteriocins in Meat and Meat Products: An Update. *Current Nutrition & Food Science*, 16(2), 120-133. <https://doi.org/10.2174/1573401314666181001115605>
- Rojas-Padilla, C., & Vásquez-Villalobos, V. (2016). Phenolic Compounds with Antioxidant Capacity of the Native Andean Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Huagalina Variety in La Libertad - Peru. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 333-340. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.22>
- Sánchez, M. A., Salgado, M. T., San Miguel, Á., Pachón, J., Rodríguez, E., Pastor, R., & Cabrero, P. (2019). Nisina (N 234), aditivo utilizado como conservante en alimentos. *Gaceta médica de Bilbao: Revista oficial de la Academia de Ciencias Médicas de Bilbao. Información para profesionales sanitarios*, 116(4), 166-173. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7183118>
- Sandoval, M. H., Tenorio, J., Tinco, A., Loli, R. A., & Calderón, S. (2015). Efecto Antioxidante y Citoprotector Del Tocosha de *Solanum Tuberosum* 'Papa' En La Mucosa Gástrica de Animales de Experimentación. *Anales de la Facultad de Medicina*, 76(1), 15. <https://doi.org/10.15381/anales.v76i1.11070>
- Singh, V. P. (2018). Recent Approaches in Food Bio-Preservation - a Review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104. <https://doi.org/10.4314/ovj.v8i1.16>

- Vásquez, S. M., Suárez M, H., & Zapata B, S. (2009). Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. *Revista chilena de nutrición*, 36(1), 64-71. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182009000100007>
- Woraprayote, W., Malila, Y., Sorapukdee, S., Swetwivathana, A., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2016). Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. *Meat Science*, 120, 118-132. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.004>
- Yépez, A., Luz, C., Meca, G., Vignolo, G., Mañes, J., & Aznar, R. (2017). Biopreservation potential of lactic acid bacteria from Andean fermented food of vegetal origin. *Food Control*, 78, 393-400. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.009>



Evaluación nutricional y fisicoquímica del Tarwi (*Lupinus mutabilis*) desamargado, deshidratado, tostado y envasado al vacío para consumo directo

Nutritional and physicochemical evaluation of Tarwi (*Lupinus mutabilis*), dehydrated, roasted and vacuum-packed for direct consumption

Carhuallanqui, Shalin¹; Ccora, Angela M.¹; Vilcamopa, Lizve¹ y Casas, José P.¹

¹Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias,
Universidad Nacional del Centro del Perú,
Ciudad Universitaria, Huancayo, Perú.

Resumen

El Tarwi (*Lupinus mutabilis*) es una fuente importante de nutrientes, brinda proteínas de bajo costo y su cultivo es amigable con el medio ambiente. Alimentos desarrollados con base a esta leguminosa podrían contribuir con la seguridad alimentaria en la zona de producción por su prometedor aporte de nutrientes. Las muestras de Tarwi utilizadas en la investigación provienen de comunidades campesinas de la provincia de Jauja, región Junín – Perú. Los granos de Tarwi fueron desamargados utilizando un equipo mecanizado prototipo producto de una investigación anterior. El Tarwi desamargado salado a 3,5%, 4,5% y 5,5% de sal, deshidratado (60°C x 6 horas), tostado (100°C x 8 min) y envasado al vacío utilizando bolsas de polipropileno biorientado laminado. Los resultados demuestran que los granos salados a 4,5% de sal, deshidratados a 60 °C y tostados a 105°C fueron los que mayor contenido nutricional presentaron (56,5 % de proteína), así como su perfil sensorial, mediante pruebas de aceptabilidad. Se concluyó que el Snack de Tarwi salado a 3,5%, deshidratado y tostado fue el mejor tratamiento. El producto obtenido se presenta como una alternativa interesante de industrialización debido a sus características organolépticas y aporte en nutrientes.

Palabras clave: *Lupinus mutabilis*, alcaloides, desamargado, deshidratado, tostado, envasado al vacío.

Abstract

Tarwi (*Lupinus mutabilis*) is an important source of nutrients, provides low-cost protein, and its cultivation is environmentally friendly. Foods developed based on this legume could contribute to food security in the production zone because of its promising nutrient supply. The Tarwi samples used in the research come from peasant communities in the province of Jauja, Junín region, Peru. The Tarwi grains were debittered using prototype mechanized equipment from previous research. The de-bittered Tarwi was salted at 3.5%, 4.5% and 5.5% salt, dehydrated (60°C x 6 hours), roasted (100°C x 8 min) and vacuum-packed using laminated bioriented polypropylene bags. The results show that the beans salted at 4.5% salt, dehydrated at 60 °C and roasted at 105°C had the highest nutritional content (56.5% protein), as well as their sensory profile, by means of acceptability tests. It was concluded that the Tarwi snack salted at 3.5%, dehydrated and roasted was the best treatment. The product obtained is presented as an interesting alternative for industrialization due to its organoleptic characteristics and nutrient supply.

Keywords: *Lupinus mutabilis*, alkaloids, debittered, dehydrated, roasted, vacuum packed.

Cómo referenciar:

Carhuallanqui, S.; Ccora, A. M.; Vilcamopa, L. y Casas, J. P. (2022). Evaluación nutricional y fisicoquímica del Tarwi (*Lupinus mutabilis*) desamargado, deshidratado, tostado y envasado al vacío para consumo directo. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 03(01), 11–17.

1 Introducción

Las leguminosas en general han contribuido con la alimentación humana desde hace siglos. Siendo su importancia nutricional no tan reconocida (FAO, 2016). La industria alimentaria propone incrementar su producción y consumo, mediante el uso de tecnologías de conservación, contribuyendo con la seguridad alimentaria con mayor énfasis en las zonas de cultivo.

El lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet), es una leguminosa de los andes sudamericanos, domesticada y cultivada entre los 1500 y los 3850 msnm siendo consumida ampliamente por los pobladores de manera tradicional (Camarena et al., 2012).

En Perú en el norte se le conoce como chocho y en el centro y sur como Tarwi y es reconocida por su gran aporte nutricional en cuanto a proteínas y lípidos (ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados) (Carvajal-Lareñas et al., 2016).

Se ha demostrado mediante estudios científicos que los lupinos tienen similar contenido nutricional con la soya (Kaczmarek et al., 2018). También se han diseñado alimentos funcionales (panes y pasteles) en el que el Tarwi enriquece la harina de trigo, mejorando el equilibrio de aminoácidos y aumentando el contenido de proteínas (Jucar et al., 2015).

El uso de esta leguminosa se ha limitado por la presencia de sustancias tóxicas, las semillas poseen en su estructura alcaloides quinolizidínicos, que le confieren cierto grado de toxicidad y un sabor amargo, aunque estas sustancias protegen a la planta en el medio; impiden que la semilla sin tratamiento pueda ser aprovechada para consumo.

El Tarwi contiene más de setenta tipos de alcaloides, como los grupos de la lupanina y esparteína (Rodríguez, 2009). La presencia de estos alcaloides en todo el grano no permite su consumo directo y se necesita un desamargado, de manera tradicional este proceso demora entre siete a quince días y se hace uso de fuentes de agua natural.

Con el avance de la tecnología nuevos métodos se han propuesto reduciendo el tiempo de proceso y optimizando el recurso hídrico (Carhuallanqui et al., 2022).

Con la obtención del grano desamargado se abren diversas posibilidades tecnológicas para generar nuevos productos a base Tarwi. El procedimiento de secado modifica las características químicas, físicas, enzimáticas y de digestibilidad de las leguminosas (Palanisamy et al., 2019), sin embargo, este proceso da estabilidad en alma-

cenamiento y mayor tiempo de vida útil al producto obtenido.

En cuanto a las características sensoriales, un método que genera o resalta atributos como el color, sabor, textura y aroma es el tostado de granos deshidratado; que emplea altas temperaturas (80 °C a 170 °C) y la transmisión de calor por conducción. A fin de mantener las características organolépticas y nutricionales de un producto de consumo directo la industria alimentaria emplea el envasado al vacío, modificando la atmósfera al interior del empaque lo que limita la multiplicación de los microorganismos aerobios, sobre todo la de los mohos, reduce la velocidad de la multiplicación de los *Staphylococcus*. La investigación evaluó el contenido nutricional y las características fisicoquímicas del Tarwi desamargado, deshidratado, tostado y envasado al vacío para consumo directo.

2 Materiales y métodos

2.1 Muestreo

La muestra de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) se recolectaron de las comunidades campesinas de Masajancha, Paccha, Anexo de San José de Apata, Titay, Masma Ciche, provincia de Jauja, región Junín – Perú. La muestra fue 5 kg de Tarwi, para su caracterización. Siendo trasladadas hasta el laboratorio de Tecnología de la Facultad de Ingeniería Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro. El tipo de investigación utilizada fue experimental con nivel aplicado (Hernández et al., 2014). Debido a que utilizó conocimientos científicos para la evaluación nutricional y fisicoquímica del tostado de Tarwi que enfoca la atención sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías.

2.2 Análisis

Para el análisis fisicoquímicos de la materia prima se consideró los siguientes métodos. Humedad: método propuesto por la AOAC (1998). pH y acidez: NTP N° 202.086 (2012) y NTP N° 205.039: (1975).

Para la determinación de alcaloides Quinolizidínicos se utilizó cromatografía de Gases GC-MS. La cantidad de muestra fue 100 g. La determinación se basó mediante una curva de calibración en función a la respuesta de las áreas de la concentración del estándar Esparteína. La determinación de los otros alcaloides se realizó por comparación de los espectros de masas de la muestra con la

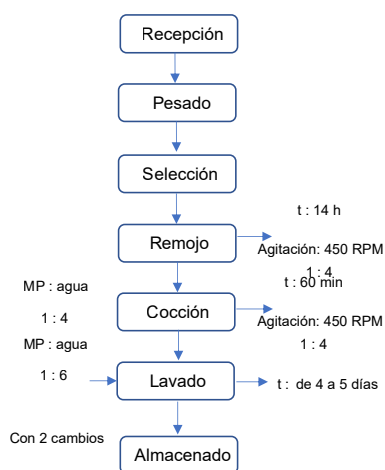
biblioteca de espectros de National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) y se relacionó sus respectivas áreas con la curva de calibración (Romeo et al., 2018).

Para el análisis del producto final se consideró un análisis sensorial mediante una escala hedónica, propuesto por Anzaldúa-Morales (1994). Asimismo, para el análisis químico proximal se consideró la determinación de humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos según el método recomendado por la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC & Helrich, 1990).

2.3 Obtención de Tarwi desamargado

Figura 1

Flujograma óptimo para desamargado de Tarwi en el prototipo



- **Recepción:** Las muestras de Tarwi fueron recepcionadas verificando sus características de calidad del grano.
- **Pesado:** Se peso 2 kg de Tarwi, para ingresar al prototipo a su remojo.
- **Selección y limpieza:** Se seleccionó los granos aptos para el proceso de desamargado de acuerdo al color, tamaño, apariencia física y sin impurezas, así separarlas de otros residuos.
- **Remojado o Hidratación:** En esta etapa los granos fueron remojados en abundante agua por 14 horas, a una agitación de 450RPM permitiendo aumentar el doble del volumen del grano.
- **Cocción:** Los granos hidratados pasaran a ser cocidos a 85°C por 60 minutos en la maquina desamargadora a una agitación de 450 RPM.

- **Lavado:** Los granos cocidos se enjuagarán en varias ocasiones con abundante agua a temperatura ambiente, de 4 a 5 días, con recambios de agua.

- **Secado:** el tiempo de secado es de 8 horas a una temperatura de 60°C

2.4 Secado y tostado de Tarwi

- **Selección del Tarwi desamargado:** se realizó de forma manual a fin de eliminar las leguminosas partidas.

- **Pesado:** se realizó en una balanza de plataforma a fin de determinar la cantidad exacta el total de bandejas del secador.

- Se realizó por peso y de forma manual a fin de distribuir de forma homogénea y uniforme que permita el secado adecuado del Tarwi.

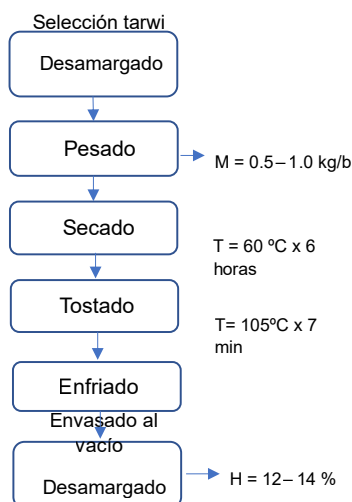
- **Secado y deshidratado:** Se realizó en un horno de secado con circulación de aire caliente a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C a fin de determinar la temperatura óptima que permita conservar el color del Tarwi y la humedad deseada.

- Se realizó la medición, mediante el analizador de humedad; el rango óptimo de humedad en el Tarwi secado está comprendido entre 12% - 14%.

- **Acondicionado:** Se adicionó sal y aceite antes de ser tostado a fin de que obtenga color y sabor deseado.

- **Tostado:** Se realizó en un tostador convencional de forma cilíndrica a diferentes temperaturas 80°C, 85°C y 90°C a fin de obtener el Tarwi con la coloración adecuada y características sensoriales de sabor.

- **Enfriado:** Se realizó a temperatura ambiente hasta equilibrar con la temperatura del medio. **Empacado al vacío:** Se realizó en envases de bolsa de polipropileno biorientado laminado metalizadas, en un equipo de empaque y sellado al vacío.

Figura 2*Secado y Tostado del Tarwi*

2.5 Diseño experimental

El análisis estadístico se realizó utilizando los datos experimentales a quienes se aplicaron un DCA. Con un nivel de confiabilidad del 95% utilizando el software Minitab 19. Así mismo, se evidenció que no existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que se eligió el tratamiento que reportó mejores características de rendimiento, características fisicoquímicas y nutricionales.

3 Resultados

3.1 Desamargado del Tarwi en prototipo

El desamargado se realizó en una máquina prototipo para reducir alcaloides de capacidad de 5 Kg/batch de Tarwi, dentro de los parámetros óptimos del desamargado se tiene para el remojo un tiempo de 14 horas en el prototipo con agitación constante a 450RPM; 60 minutos de cocción a 450 RPM en el prototipo con una proporción 1:4 de materia prima y agua y 4 días de lavado con 2 cambios de agua en proporción 1:6 materia prima agua, llegándose a disminuir los alcaloides hasta 0,9mg/gr.

3.2 Análisis químico y contenido de alcaloide de Tarwi desamargado

En la tabla 1 se observa datos de la muestra de Tarwi seca sin desamargar procedente de la localidad de Masma Chicche provincia de Jauja, la muestra reporta un contenido total de 16.90 mg de alcaloides Quinolizidinicos expresado en equivalentes de Esparteína por gramo de

semilla Tarwi, los mismos que serán desamargados para ser secados y tostados.

Tabla 1

Determinación de Alcaloides Quinolizidinicos en Muestras de Semillas secas de Tarwi

Alcaloides Quinolizidinicos	Tiempo de retención	1	2	3	Alcaloides
Esparteína	9.234	1.370	1.265	1.361	1.3
Lupanina	15.273	13.29	13.04	13.18	13.2
Nutallina	16.507	1.458	1.380	1.375	1.4
13 HidroxilLupina	18.613	1.011	1.005	0.958	1.0

Nota. Alcaloides en mg/g.

En la tabla 2 que corresponde a la muestra de Tarwi desamargado con código M5341, se reportan los resultados de los cuatro alcaloides quinolizidinicos mayoritarios; donde el valor de la esparteína no se detectó ND, mientras que la lupanina está presente en valores de 0.3 mg/g al igual que la 13hidroxilupanina, en cambio la nutallina esta alrededor de 0.2mg/g, sumados los cuatro hacen un total de 0.9mg de alcaloides quinolizidinicos expresados en términos de esparteína por cada gramo de Tarwi desamargado, siendo esta la muestra optima que esta lista para ser secado y tostado.

Tabla 2

Determinación de alcaloides Quinolizidinicos en semillas desamargadas de Tarwi

Alcaloides Quinolizidinicos	Tiempo de retención	1	2	Alcaloides
Esparteína	9.251	ND	ND	ND
Lupanina	15.332	0.381	0.494	0.3
Nutallina	16.546	0.228	0.23	0.2
13Hidroxilupanina	18.647	0.282	0.389	0.3

Nota. Determinación en muestras de Tarwi M5341.

De las cuatro muestras de Tarwi desamargado, la muestra con código M5341 reportó 0.9mg (0.09%) de alcaloides expresado en términos de esparteína, siendo esta la óptima para el procesado ya que esta apto para consumo humano debido a que el reporte es inferior al valor 0.1%, donde las personas puede consumir alcaloides menores a 0.1% los cuales no le generan daño alguno. Según INACAL (2018), los valores de alcaloides deben estar dentro del rango de 0.02-0.07%, saliendo fuera del rango por 0.02 centésimas.

3.3 Temperatura de secado y tostado óptimo mediante evaluación sensorial

El Tarwi desamargado antes de ser secado recibió tratamiento de salado, se trabajó con tres porcentajes de sal a 3.5%, 4.5% y 5.5% por cada muestra de 1kg, seguidamente se acondicionó en bandejas para su secado.

El secado se llevó a cabo en un horno eléctrico de ocho bandejas de capacidad, marca Boxa, de potencia de 2000W, exclusivo para alimentos, mediante circulación de aire caliente uniforme por debajo sobre y a través de las bandejas. La temperatura óptima de secado para el Tarwi desamargado es a 60°C por 8 horas, obteniéndose un Tarwi con 16% de humedad lista para ser tostada. El tostado del Tarwi seco, se realizó en un tostador convencional de aleación acero aluminio, a una temperatura óptima de 100°C por un tiempo de ocho minutos, obteniéndose las muestras con color y textura óptima para su evaluación sensorial.

La tabla 3 muestra los resultados de la evaluación sensorial realizado a 24 panelistas, donde se evaluó atributos como color, olor, sabor, crocantes y aceptabilidad general de las tres muestras con variación de porcentaje de sal, con una escala hedónica de siete puntos, obteniéndose que los atributos color, sabor y aceptabilidad general muestran diferencia significativa según el estadístico que indica “Medias con diferentes letras dentro de la columna son diferentes significativamente $p < 0.05$ ”, es decir el panelista diferenció estos tres atributos en su evaluación sensorial por cada muestra.

Por otro lado, los atributos olor y crocantes no pudo ser diferenciado por el panelista en los tres tratamientos ya que según el estadístico indica que “Medias con la misma letra dentro de la columna no son diferentes significativamente $p > .05$.” esto significa que estos dos atributos no se diferencian en las tres muestras. Asimismo, el snack de Tarwi con 4.5% de sal, es el que tiene mayor calificativo, ya que tiene los valores más altos según la escala hedónica su promedio es de (4.83 = 5, que significa bueno).

Tabla 3

Evaluación Sensorial de Snacks de Tarwi Tostado y Salado

Muestra	Color	Olor	Sabor	Crocantes	Aceptabilidad General
F1: Snacks de Tarwi con 3.5% Sal	3.91 ±0.88	4.66 ±1.20	4.42 ±0.88	4.50 ±0.97	4.17 ±0.81
F2: Snacks de Tarwi con 4.5% Sal	4.83 ±0.38	4.83 ±0.81	4.70 ±1.13	4.50 ±0.88	4.83 ±1.16
F3: Snacks de Tarwi con 5.5% Sal	4.17 ±0.91	4.67 ±0.96	3.92 ±1.21	4.50 ±1.06	4.17 ±1.00

Nota. Escala hedónica (7 puntos): 1= Bueno, 2 = Malo, 3= Deficiente, 4= Aceptable, 5= Bueno, 6=Muy Bueno, 7=Excelente.

3.4 Análisis químico proximal del Tarwi desamargado seco y tostado

El análisis químico proximal del Tarwi desamargado seco y tostado se realizó en el laboratorio bromatológico de análisis de alimentos de la FAIA de la UNCP obteniéndose los siguientes resultados.

Según Gross et al. (1983), las semillas de Tarwi son excelentemente nutritivas, estudios en más de 300 genotipos diferentes indican que la proteína varía de 41-51%, pero en base a resultados bromatológicos indica que posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos.

Según la tabla 4 los resultados del análisis nutricional del Tarwi desamargado seco y tostado óptimo corresponde al tratamiento 3 (90°C) donde se tiene que la proteína es de 56.3% mayores al reportado por S. Jacobsen y A. Mujica al igual que la grasa que reporta 24.5% y también la fibra que reporta 9.9%, mientras que los carbohidratos 7.2% y ceniza 1.7% son menores a la composición de semilla de Tarwi, estos datos varían debido al efecto del tratamiento de desamargado seco y tostado.

Tabla 4

Composición Química Proximal del Tarwi Desamargado Secado y Tostado

Variables	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Humedad	8.02	5.31	3.83
Proteína	55.85	54.03	56.5
Grasa	24.74	24.36	24.5
Ceniza	1.65	1.38	1.7
Carbohidratos	8.7	11.1	7.2
Fibra	8.9	9.05	9.9

Nota. Tratamiento 1 a 3.5% de sal, tratamiento 2 a 4.5% de sal tratamiento 3 a 5.5% de sal.

4 Discusiones

Según Gutierrez et al. (2016), Antes de aplicar los tratamientos, fue necesario remojar el Tarwi durante 6 a 8 horas con agua en una relación MP: agua 1:6 (p/v). la menor cantidad de alcaloides la obtuvieron con un tiempo de cocción de 30 minutos, 10 lavados durante 48 horas y con agua en una relación MP: agua 1:9 (p/v), finalmente el contenido final de alcaloides fue de 0.0055 gr/gr, mientras que con las condiciones detalladas en el presente trabajo de investigación el mejor tratamiento nos reportó contenido final de alcaloides 0.0009 gr/gr.

Según Gross et al. (1983), las semillas de Tarwi son excelentemente nutritivas, estudios en más de 300 genotipos diferentes indican que la proteína varía de 41-51%, pero en base a resultados bromatológicos indica que posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos.

Según la tabla 4 los resultados del análisis nutricional del Tarwi desamargado seco y tostado óptimo corresponde al tratamiento 3 (90°C) donde se tiene que la proteína es de 56.3% mayores al reportado por Mujica y Jacobsen (2006) al igual que la grasa que reporta 24.5% y también la fibra que reporta 9.9%, mientras que los carbohidratos 7.2% y ceniza 1.7% son menores a la composición de semilla de Tarwi, estos datos varían debido al efecto del tratamiento de desamargado secado y tostado.

La temperatura de secado adecuada para el Tarwi desamargado es a 60°C por 8 horas, obteniéndose Tarwi con 16% de humedad la cual fue llevada a tostado de 100°Cx8 min, según Gross et al. (1983), el tostado mejora las características organolépticas del grano. El sabor característico típico de la legumbre es minimizado y la harina adquiere un sabor neutral, según el grado de tueste. Además, durante esta operación se quiebra la cáscara, lo que facilita su desprendimiento y remoción. El proceso de tostado no estaría afectando el valor nutricional del Tarwi.

Schoeneberger et al. (1982) estudiaron la calidad de las proteínas de varios derivados de Tarwi, muestran que las proteínas muestran bajos valores de PER (relación de eficiencia proteica). Pero cuando estas proteínas fueron suplementadas con metionina, los valores de PER fueron iguales a 3,05; lo cual es prácticamente igual al de la caseína. Los valores equivalentes a granos de Tarwi cocidos y desamargados fueron similares, sugiriendo que la cocción no mejora la calidad de las semillas. En la industria de alimentos la aceptación sensorial es tan importante como la calidad nutricional y el aspecto microbiológico. El producto obtenido, snack a base de Tarwi cumple con estas tres características que demandan los consumidores. Para asegurar la adecuada conservación del producto se envasó al vacío. Esta estrategia denota el uso de un envase inerte de modo de garantizar sinérgicamente la frescura del producto y la conservación de sus nutrientes

utilizando barreras físicas que limitan el ingreso de oxígeno, la humedad y los rayos UV (Vaclavik & Christian, 2002).

5 Conclusiones

El contenido final de alcaloides en el presente trabajo de investigación con el mejor tratamiento nos reportó contenido final de alcaloides 0.0009 gr/gr, con los parámetros óptimos del desamargado se tiene para el remojo un tiempo de 14 horas en el prototipo con agitación constante a 450 RPM; 60 minutos de cocción a 450 RPM en el prototipo con una proporción 1:4 de materia prima y agua y 4 días de lavado con 2 cambios de agua en proporción 1:6 materia prima agua, llegándose a disminuir los alcaloides hasta 0,9 mg/gr.

De acuerdo a los resultados obtenidos, puede decirse que los granos de Tarwi tienen características composicionales comparables a materias primas convencionales como la soya. por lo que responde a la calidad y alto valor nutricional que puede ser útil en la incorporación como materia prima en alimentos derivados de la industria alimentaria y otros.

Las variables con efecto significativo sobre la reducción en el contenido de alcaloides de los granos de Tarwi son, la temperatura de cocción, tiempo de cocción, velocidad del agitador y número de lavados. En la evaluación sensorial del producto se obtuvo un puntaje promedio superior a los 4 puntos (escala hedónica del 1 al 7) de todas las propiedades evaluadas. El puntaje promedio corresponde al intervalo de aceptación, además, sensorialmente no se detectaron compuestos indeseables en el producto. El Tarwi tiene un gran potencial para el desarrollo de nuevos productos, como el propuesto en esta investigación, pues presentan oportunidad real de aporte a la nutrición y bienestar de poblaciones del Perú.

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por apoyarnos con la disposición de materiales y acceso a referencias bibliográficas. A la empresa JARCON DEL PERU S.R.L.

Referencias

- AOAC & Helrich, K. (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (15th ed., 1990). The Association.
OCLC: 20709424.
- Camarena, M., Huarínga, A., Jiménez, D., & Mostacero, E. (2012). *Revalorización de Un Cultivo Subutilizado: Chocho o Tarwi (Lupinus Mutabilis Sweet)* (2. ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina; <http://biblioteca.unsch.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1439>
- Carhuallanqui, S., Ccora, A., Vilcamopa, L., & Casas, J. (2022). Caracterización del tarwi (*Lupinus mutabilis*) y diseño de un prototipo de desamargador para la reducción de alcaloides. *Journal of Agri-food Science*, 3(1), 53-60. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/jafs/article/view/1441>
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus Mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454-1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Gross, U., Galindo, R. G., & Schoeneberger, H. (1983). The development and acceptability of lupine (*Lupinus mutabilis*) products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 32(2), 155-164. <https://doi.org/10.1007/BF01091336>
- Gutierrez, A., Infantes, M., Pascual, G., & Zamora, J. (2016). Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*). *Agroindustrial Science*, 6(1), 145-149. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.17>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Jucar, C., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., & Johnson, S. (2015). Optimization of Formulation and Process of Australian Sweet Lupin (ASL)-Wheat Bread. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.029>
- Kaczmarek, K. T., Chandra-Hioe, M. V., Frank, D., & Arcot, J. (2018). Aroma Characteristics of Lupin and Soybean after Germination and Effect of Fermentation on Lupin Aroma. *LWT*, 87, 225-233. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.080>
- Mujica, A., & Jacobsen, S.-E. (2006). La Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) y Sus Parientes Silvestres. *Botanica económica de los Andes Centrales*, 32, 449-457. Consultado el 18 de enero de 2024, desde <https://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2027.pdf>
- Palanisamy, M., Franke, K., Berger, R. G., Heinz, V., & Töpfl, S. (2019). High moisture extrusion of lupin protein: Influence of extrusion parameters on extruder responses and product properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2175-2185. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9410>
- Rodríguez, A. (2009). *Evaluación in vitro de la Actividad Antimicrobiana de los Alcaloides del Agua de Cocción del Proceso de Desamargado del Chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Romeo, F. V., Fabroni, S., Ballistreri, G., Muccilli, S., Spina, A., & Rapisarda, P. (2018). Characterization and Antimicrobial Activity of Alkaloid Extracts from Seeds of Different Genotypes of *Lupinus* spp. *Sustainability*, 10(3), 1-12. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v10y2018i3p788-d135994.html>
- Schoeneberger, H., Gross, R., Cremer, H., & Elmadfa, I. (1982). Composition and Protein Quality of *Lupinus Mutabilis*. *The Journal of Nutrition*, 112(1), 70-76. <https://doi.org/10.1093/jn/112.1.70>
- Vaclavik, V. A., & Christian, E. W. (2002, junio). *Fundamentos de Ciencia de Los Alimentos*. Acibia, Editorial, S.A.



Estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite esencial de *Tropaeolum majus* extraído por energía ultrasónica

Oxidative stability and antioxidant capacity of the of *Tropaeolum majus* essential oil extracted by ultrasound energy ultrasonic

📧Párraga, Nancy¹; 📧De La Cruz, Erika A.¹; 📧Manyari, Mavel²; Moran, Mayumi¹ y Mayta, Franz A.¹

¹Facultad de Ciencias Aplicadas,
Universidad Nacional del Centro del Perú,
Ciudad Universitaria, Huancayo, Perú.

²Facultad de Ciencias de la Salud,
Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma,
Tarma, Junín, Perú.

Resumen

Se buscó determinar el índice de estabilidad oxidativa y la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Tropaeolum majus* extraído con energía ultrasónica. Para ello se recolectaron tallos de mastuerzo del distrito de Huasahuasi, Provincia de Tarma, se almacenaron y trasladaron a la Universidad Nacional del Centro del Perú. Las muestras fueron secadas al ambiente (8% de humedad) y sometidas a molienda. Para realizar la extracción del aceite esencial, los tallos secos se sumergieron en agua en proporciones de 1:10 y 1:20 por espacio de una hora, hasta alcanzar humedades de 80%. Se sometieron al ultrasonido utilizando frecuencias de 70%, 80% y 90% por un tiempo de 10, 15 y 20 min. Obteniéndose un mayor rendimiento ($0.3983 \pm 0.0135\%$), índice de acidez ($1.82 \pm 0.20\%$) y capacidad antioxidante (122.34 ± 0.16 mg Trolox/g de muestra); mediante la relación tallos:agua (1:20), una frecuencia de 90% y 20 minutos de extracción. En índice de refracción (1.53 ± 0.06) a una relación tallos:agua (1:20), 80% de frecuencia y 20 minutos de extracción. En densidad óptica (0.880 ± 0.04 g/ml) con una relación de tallos:hoja (1:20), 90% de frecuencia y 15 minutos de extracción. Finalmente, un índice de estabilidad oxidativa que permite obtener una vida útil de 2.17 años a 18°C de almacenamiento.

Palabras clave: mastuerzo, ultrasonido, prueba de oxidación, sonicación.

Abstract

The aim was to determine the oxidative stability index and the antioxidant capacity of *Tropaeolum majus* essential oil extracted with ultrasonic energy. For this purpose, mastuerzo stems were collected from the district of Huasahuasi, Tarma Province, stored and transported to the Universidad Nacional del Centro del Perú. The samples were dried at room temperature (8% humidity) and subjected to grinding. To extract the essential oil, the dried stems were immersed in water in proportions of 1:10 and 1:20 for 1 hour, until reaching a humidity of 80%. They were subjected to ultrasound using frequencies of 70, 80 and 90% for 10, 15 and 20 min. A higher yield ($0.3983 \pm 0.0135\%$), acidity index ($1.82 \pm 0.20\%$) and antioxidant capacity (122.34 ± 0.16 mg Trolox/g of sample) were obtained by means of the ratio stems:water (1:20), a frequency of 90% and 20 minutes of extraction. In refractive index (1.53 ± 0.06) at a stems:water ratio (1:20), 80% frequency and 20 minutes of extraction. In optical density (0.880 ± 0.04 g/ml) at a stems:leaf ratio (1:20), 90% frequency and 15 minutes of extraction. Finally, an oxidative stability index that allows to obtain a shelf life of 2.17 years at 18°C storage.

Keywords: mast reinforcement, ultrasound, oxidation test, sonication.

Cómo referenciar:

Párraga, N.; De La Cruz, E. A.; Manyari, M.; Moran, M. y Mayta, F. A. (2022). Estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite esencial de *Tropaeolum majus* extraído por energía ultrasónica. *Prospectiva Universitaria Ciencias Agrarias*, 03(01), 18–25.

1 Introducción

El *Tropaeolum majus* L. es una planta nativa estacionaria proveniente de la Cordillera de los Andes de América del Sur (Arellano et al., 2015). En Perú conocida como “mastuerzo”, Colombia y Brasil conocida como “chaguinha”, “capuchinha” y “nastúrcio”. Es una planta rústica en cuanto a exigencias en clima y suelo, hierba rastrera y trepadora con hojas alternadas de color verde, con flores de color amarillo, anaranjado y rojo, axilares en forma de campana, zigomorfa, hermafrodita cíclico y grande (Aguilar-Villanueva et al., 2017).

Utilizado convencionalmente en repostería, salsas, jaleas, jarabes, licores aromatizados, vinagres, miel, aceites, ensalada de sabor picante por la presencia de presencia glucosinolatos (Optar y Grado, 2019), también, en infusiones por su poder antiinflamatorio, contra la hipertensión arterial, para la infección del tracto genitourinario, antimicrobiano por la presencia de isotiocianato de bencilo, cicatrizante, antibiótico, expectorante para aliviar las afecciones del pecho y antiascorbútico.

Asimismo, posee ácido ascórbico, flavonoides y antioxidantes; gracias al β -caroteno, g-caroteno, ϵ -caroteno, licopeno y en mayor proporción en las hojas como la luteína (Juscamaita et al., 2017). La extracción y separación de estos compuestos bioactivos a partir de la matriz vegetal se hace complicado debido a su sensibilidad a diversos parámetros de proceso como la temperatura, así como la coextracción de otros componentes indeseables (Torres-Valenzuela et al., 2020) se ha aplicado diferentes métodos convencionales como la extracción soxhlet, La maceración y la hidro-destilación teniendo una serie de inconvenientes debido a los tiempos prolongados de extracción y grandes cantidades de solvente usados, los que se pueden optimizar aplicando las extracciones asistidas por ultrasonido mejorando su rendimiento en mucho menos tiempo (Aydar et al., 2017).

El aceite esencial extraído pueden cuantificarse independientemente de sus parámetros físicos tales como la densidad e índice de refracción y parámetros fisicoquímicos en índice de yodo e índice de peróxido; por lo que es importante poder medir el grado de descarboxilación, si el producto final está en forma de aceite y no será calentado más por el consumidor, ya que, posee gran reactividad

que la hace proclive a saturarse y por ende produce reacciones de oxidación e isomerización afectando su aporte nutricional del aceite esencial de *Tropaeolum majus* L., por lo que se debe de estudiar la estabilidad del aceite esencial de *Tropaeolum majus* L. aplicando diferentes condiciones de inhibición oxidativa en las que se pueden modificar los parámetros de temperatura, tiempo, frecuencia y luz (Amancha, 2021; Montero-Recalde et al., 2017).

Al respecto se vienen realizando investigaciones tales como de (Arellano et al., 2015) quienes investigaron el contenido de flavonoides, capacidad antioxidante, taninos y fenoles totales de flores de mastuerzo de color amarillo, rojo y anaranjado; Orbegoso (2016) estudió el poder antimicrobiano del mastuerzo sobre el *Staphylococcus aureus*; Deza (2019) evaluó la composición del aceite esencial extraído de muestras de albahaca y mastuerzo; Cervantes et al. (2019) estudiaron la actividad antimicrobiana del aceite esencial del mastuerzo sobre *Staphylococcus epidermidis*; y Amancha (2021) determinó el contenido de caroteno en la flor de mastuerzo de color anaranjado.

Por ello, la investigación tiene como objetivo determinar índice de estabilidad oxidativa y capacidad antioxidante del aceite esencial de *Tropaeolum majus* L. extraído por energía ultrasónica.

2 Materiales y Métodos

El *Tropaeolum majus* provenientes del distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma. Ubicado a 2751 msnm, con 11°15'40" de latitud y 75°34'51" de longitud, temperaturas promedio de 12.1 a 18.2°C y comprendida por 3 regiones: Yunga, Quechua y Suni (Municipalidad provincial de Tarma, 2018).

Se recolectaron 10 kg planta de *Tropaeolum majus* recogidos en sacos tipo malla a fin de evitar el apilamiento y reducción de oxígeno el cual acelera su deterioro, En horario de 6:30 a.m. a 9:00 a.m.; tiempo en el que la planta presenta menor transpiración.

Se separaron y seleccionaron los tallos para luego lavar y desinfectarlas por inmersión en agua con solución de hipoclorito de sodio al 0.1% durante 2 minutos y secadas al ambiente hasta alcanzar una humedad del 8% (Arellano et al., 2015).

2.1 Acondicionamiento de la materia prima para la extracción

Para la extracción del aceite esencial a partir del *Tropaeolum majus* los tallos secos fueron sometidas a una molienda y facilitar el grado de extracción en ella. Se sumergieron en agua destilada a dos proporciones de tallo: agua (1:10 y 1:20) durante 1 hora para alcanzar humedades de 70, 80 y 90% (método 931.04 de la AOAC, 2016). Fueron escurridas y empacadas en bolsas de polietileno para su almacenamiento a -18°C hasta su extracción.

2.2 Extracción del aceite esencial por energía ultrasónica

Las muestras se descongelaron a temperatura ambiente. La extracción fue fundamentada en la metodología planteada por Barrazueta et al. (2015) con adaptaciones en los tiempos de exposición de 10, 15 y 20 minutos con proporciones de solvente de 70, 80 y 90%.

Con ello, romper las células vegetales, permitiendo que el solvente entre en el interior de la célula, donde se arrastrara los compuestos intracelulares como terpenos, flavonoides, etc. El equipo de ultrasonido usado fue del modelo UP100H y en ella se maneja la amplitud entre 50 a 100 W. Luego los extractos se llevaron a centrifugación a fin de separar la torta y el sobrenadante (aceite esencial) de *Tropaeolum majus*, la que finalmente se llevó a un rotavapor a fin de separar los solventes del aceite esencial de *Tropaeolum majus*. El aceite esencial se almacenó en frascos oscuros para luego proceder a su caracterización.

2.3 Rendimiento

El rendimiento se obtuvo mediante la ecuación referida por Nolzco et al. (2020).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de aceite esencial}}{\text{Peso de hojas}} \times 100 \quad (1)$$

2.4 Índice de refracción

El índice de refracción fue determinado de acuerdo a la NTP-ISO 280 (2011). Con el refractómetro ABBE, modelo: AR12, el cual fue regulado con agua destilada ajustando a un índice de refracción de 1,333 a 20°C. Se colocaron 2 gotas de muestra a la misma temperatura en el prisma de refracción y se efectuó la lectura.

2.5 Índice de acidez

El índice de acidez fue determinado de acuerdo a la NTP 319.085 (1974) revisada el 2016. Se depositaron 1 g de muestra, 5 mL de etanol y 5 gotas de fenolftaleína en un dispositivo de saponificación. La mezcla fue neutralizada con hidróxido de potasio al 0.1N hasta la viración con persistencia por algunos segundos. Los valores fueron calculados mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{5.61 \times V}{P} \quad (2)$$

Donde: V es volumen, en mililitros de hidróxido de potasio, P es peso en gramos de la muestra.

2.6 Densidad óptica

La densidad óptica fue determinada con el refractómetro ABBE, modelo: AR12. Se colocó 1 gota de muestra a 20°C en el prisma de refracción y se efectuó la lectura.

2.7 Estabilidad oxidativa del aceite esencial

El índice de estabilidad oxidativa del aceite del *Tropaeolum majus* se realizó en el OXITEST (ERMES ENABLED, 230V), mediante el procedimiento estándar internacional AOCS Cd 12c-16 (2017).

Se tomaron 10 g de aceite esencial y fueron sometidas a alto estrés oxidativo con temperaturas de 80, 90 y 100°C a sobrepresión de oxígeno puro de 6 bar para la obtención del tiempo de inducción (IP). El valor IP se calcula automáticamente a partir de la curva de oxidación mediante un método gráfico (dos métodos tangentes) usando el programa OXISoft incluido en el instrumento.

2.8 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante fue determinada mediante el método DPPH desarrollado por Re et al. (1999). Mediante el espectrofotómetro ÚNICO a una absorbancia de 734 nm

Obtenido los resultados, se procesaron con el apoyo del software SPSS v-20, empleando estadísticos de carácter descriptivo e inferencial para dar respuesta a los objetivos trazados.

3 Resultados

3.1 Rendimiento del aceite esencial

Tabla 1

Rendimiento del aceite esencial de Tropaeolum majus

Frecuencia	Tiempo	Rendimiento	D.E.
Relación 01:10			
70	10	0.0290 ^e	±0.0085
	15	0.0560 ^e	±0.0053
	20	0.0767 ^d	±0.0064
80	10	0.0750 ^d	±0.0125
	15	0.0807 ^d	±0.0174
	20	0.0927 ^d	±0.0042
90	10	0.0990 ^d	±0.0068
	15	0.1230 ^d	±0.0125
	20	0.1790 ^c	±0.0142
Relación 01:20			
70	10	0.2017 ^c	±0.0190
	15	0.2413 ^b	±0.0301
	20	0.2850 ^b	±0.0110
80	10	0.2980 ^b	±0.0056
	15	0.3177 ^b	±0.0085
	20	0.3313 ^a	±0.0140
90	10	0.3753 ^a	±0.0090
	15	0.3920 ^a	±0.0096
	20	0.3983 ^a	±0.0135

Nota. Relación entre tallos:agua. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba Tukey, valores promedio de tres repeticiones, ± desviación estándar, frecuencia en %, tiempo en minutos, rendimiento en %.

En la tabla 1 se presenta la variación del rendimiento del aceite esencial del *Tropaeolum majus* a razón de la relación de extracción tallos:agua, diferentes frecuencias y tiempos de extracción. Se evidencia que existen diferencias significativas entre las muestras con la formación de 5 grupos. Asimismo, se obtiene un mayor rendimiento de aceite esencial (0.3983%±0.0135) mediante la relación tallos:agua (1:20), una frecuencia de 90% y 20 minutos de extracción.

3.2 Caracterización fisicoquímica del aceite esencial

Para la obtención del aceite esencial de *Tropaeolum majus*, se utilizó diferentes tratamientos interaccionando la temperatura de secado, la relación (tallos:agua), la frecuencia del ultrasonido y el tiempo de extracción. Las variables dependientes fueron el rendimiento de aceite esencial extraído, índice de refracción, acidez y densidad óptica, evidenciada en la tabla 2. Se observa que existe diferencia significativa para los tres parámetros evaluados, obteniendo 3 grupos para el índice de refracción y ma-

yor valor de 1.53 ±0.06 a una relación tallos:agua de 1:20 con 80% de frecuencia y un tiempo de extracción de 20 minutos. En caso del índice de acidez se conformaron 4 grupos y un valor mayor de 1.82% ±0.20 a una relación tallos:agua de 1:20 con 90% de frecuencia y un tiempo de extracción de 20 minutos. Para la densidad óptica se formaron tres grupos. Siendo 0.880±0.04 g/ml la mayor densidad óptica obtenida con una relación de tallos:agua de 1:20, 90% de frecuencia y 15 minutos de extracción.

Tabla 2

Caracterización Fisicoquímica del Aceite Esencial de Tropaeolum majus

Frecuencia	Tiempo	Índice de refracción	D.E.	Índice Acidez	D.E.	Densidad óptica	D.E.
Relación 01:10							
70	10	1.22 ^c	±0.01	1.70 ^b	±0.07	0.660 ^c	±0.24
	15	1.13 ^c	±0.02	1.68 ^c	±0.24	0.680 ^c	±0.18
	20	1.28 ^c	±0.06	1.67 ^c	±0.13	0.690 ^c	±0.09
80	10	1.39 ^b	±0.14	1.46 ^d	±0.19	0.710 ^c	±0.11
	15	1.38 ^b	±0.04	1.47 ^d	±0.11	0.723 ^c	±0.10
	20	1.39 ^b	±0.11	1.51 ^d	±0.04	0.725 ^c	±0.04
90	10	1.39 ^b	±0.19	1.51 ^d	±0.27	0.750 ^b	±0.08
	15	1.40 ^b	±0.08	1.48 ^d	±0.10	0.740 ^b	±0.17
	20	1.41 ^b	±0.21	1.52 ^d	±0.08	0.760 ^b	±0.25
Relación 01:20							
70	10	1.40 ^b	±0.16	1.46 ^d	±0.18	0.780 ^b	±0.28
	15	1.42 ^b	±0.04	1.51 ^d	±0.22	0.790 ^b	±0.14
	20	1.41 ^b	±0.07	1.62 ^c	±0.07	0.810 ^a	±0.13
80	10	1.50 ^a	±0.26	1.62 ^c	±0.24	0.823 ^a	±0.17
	15	1.51 ^a	±0.19	1.60 ^c	±0.17	0.845 ^a	±0.13
	20	1.53 ^a	±0.06	1.70 ^b	±0.12	0.850 ^a	±0.02
90	10	1.48 ^a	±0.25	1.81 ^a	±0.04	0.860 ^a	±0.15
	15	1.47 ^a	±0.03	1.80 ^a	±0.14	0.880 ^a	±0.04
	20	1.43 ^b	±0.22	1.82 ^a	±0.20	0.850 ^a	±0.09

Nota. Relación entre tallos:agua. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba Tukey, valores promedio de tres repeticiones, ± desviación estándar, frecuencia en %, tiempo en minutos, rendimiento en %.

3.3 Capacidad antioxidante del aceite esencial

En la tabla 3 se evidencia la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Tropaeolum majus* en distintas relaciones tallos:agua, frecuencias y tiempos de extracción. Se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos con la formación de seis grupos. Obteniendo mayor capacidad antioxidante a una relación tallos:agua (1:20), con 90% de frecuencia y 20 minutos de exposición; fue de 122.34±0.16 mg Trolox/g de muestra.

Tabla 3*Capacidad antioxidante del aceite esencial de Tropaeolum majus*

Frecuencia	Tiempo	Capacidad antioxidante	D.E.
Relación 01:10			
70	10	98.78 ^f	±0.34
	15	99.53 ^f	±0.12
	20	99.63 ^f	±0.09
80	10	99.89 ^f	±0.31
	15	88.90 ^g	±0.24
	20	87.78 ^g	±0.22
90	10	100.45 ^e	±0.36
	15	103.56 ^e	±0.28
	20	106.54 ^d	±0.37
Relación 01:20			
70	10	106.78 ^d	±0.11
	15	110.56 ^c	±0.40
	20	108.56 ^c	±0.51
80	10	100.67 ^d	±0.14
	15	105.67 ^d	±0.35
	20	107.45 ^c	±0.20
90	10	115.56 ^b	±0.33
	15	120.23 ^a	±0.26
	20	122.34 ^a	±0.16

Nota. Relación entre tallos:agua. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba Tukey, valores promedio de tres repeticiones, ± desviación estándar, frecuencia en %, tiempo en minutos, rendimiento en %.

3.4 Determinación del índice de estabilidad oxidativa del aceite esencial

Las muestras de aceite esencial extraídos de tallos secos que presentó mejores características fue de la relación tallos:agua (1:20), con frecuencia de 90% y 20 minutos de extracción, debido que se obtiene mayor rendimiento de 0,3983 ±0.0135%, con índice de acidez de 1.82 ±0.20% y capacidad antioxidante de 122.34±0.16 mg Trolox/g de muestra. De modo que, fue sometida a condiciones de estrés oxidativo, los resultados se expresan en la tabla 4.

Con los valores obtenidos en el IP, se llevaron los resultados a Ln y se procedió a graficar una regresión lineal a fin de obtener la ecuación que permita estimar el tiempo de vida útil del aceite esencial, siendo la siguiente:

$$Y = -0.0673x + 11.064 \quad (3)$$

Con esta fórmula, se calculó el tiempo de vida útil del producto a una temperatura de 18°C (valor de x) por ser la temperatura promedio anual de la provincia de Tarma-Región Junín, obteniendo 2 años y 17 meses de vida útil.

Tabla 4*Valores del periodo de inducción IP a diferentes temperaturas de oxidación*

Temperatura de Oxidación	IP	D.E.	Vida Útil
100	85.62	±0.11	
90	117.81	±0.15	
80	329.07	±0.08	
20			1,90
18			2,17

Nota. Relación entre tallos:agua. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba Tukey, valores promedio de tres repeticiones, ± desviación estándar, frecuencia en %, tiempo en minutos, rendimiento en %, periodo de inducción IP en horas, vida útil en años.

4 Discusiones

4.1 Rendimiento del aceite esencial

El aceite esencial de los tallos de *Tropaeolum majus* se halla en todas las formaciones de parenquimáticas (Dolejal et al., 2004). De ello, se obtuvo un rendimiento máximo de 0,92% ±0.13, mediante el tratamiento de 90°C a una relación de 1:20 (tallos:agua) frecuencia de 90% por 20 minutos de sonicación. Al comparar con la extracción de aceite esencial de hojas de eucalipto por microondas; se obtiene 0.55% ±0.031 (Nolazco et al., 2020). En caso del pericarpio de la naranja se consigue mediante hidrodestilación 0.42% ±0.003 y con hidrodestilación asistida por microondas 0.51% ±0.002 (León et al., 2015). En hojas de muña 0.19% por el método de arrastre de vapor (Cano et al., 2006). En *H. luteyrii* con el método de hidrodestilación se obtiene de 0.071% (Torres et al., 2018). También por hidrodestilación pero en hojas frescas de *L. neriiifolius* se consiguió 0.087%. Todas las muestras evidencian menor rendimiento a diferencia que la extraída en la investigación. Ello podría estar justificado por la naturaleza de las materias primas, método de extracción, condiciones del ambiente en el que se desarrolla la planta y el periodo en el que se recolectaron las muestras (Saeb & Gholamrezaee, 2012).

4.2 Caracterización fisicoquímica del aceite esencial

De lo resultados reportados en la tabla 2, para el índice de refracción se halla en un rango de 1.13 ±0.02 a 1.53 ±0.06 lo cual representa la presencia de compuestos oxigenados aromáticos (García, 2010), valores seme-

jantes a lo presentado en el aceite esencial de muña con 1.4727 (Cano et al., 2006), en el *Origanum vulgare* con 1.4774 (Albado et al., 2001), en el *Citrus sinensis* L. por hidrodestilación se obtuvo 1,4701 y por hidrodestilación asistida por microondas 1,4710 (León et al., 2015), en eucalipto 1.4595 \pm 0.003, mandarina 1.469 \pm 0.001 y limón 1.471 \pm 0.002 (Argote-Vega et al., 2017), en *Bejaria resinosa* 1.4265 (Matulevich & Gil, 2014), en el *Minthostachys mollis* 1.4774 \pm 0.02 (Torrenegra et al., 2016).

Si bien este valor es específico para cada tipo de aceite esencial, su importancia prevalece en la variación de este a consecuencia de combinaciones o diluciones con otras sustancias, evidenciando así la adulteración del producto (Granados et al., 2012).

Con respecto al índice de acidez se presentaron valores de 1.46% \pm 0.19 a 1.82% \pm 0.20, siendo inferiores a lo obtenido en el eucalipto 5.32% \pm 0.02, mandarina 8.08% \pm 0.074 y limón 7.77% \pm 0.096 (Argote-Vega et al., 2017), *Schinus molle* L. 1.958% – 2.938% (Plaza y Ricalde, 2015) y cilantro 4.29% (Condori y Palomino, 2022).

Este parámetro de calidad refiere la cantidad de ácidos libres y si el valor es alto facilitaría el enrriamiento. En la densidad óptica se alcanzó valores de 0.66 g/ml \pm 0.24 a 0.88 \pm 0.04 g/ml, siendo menores al *Origanum vulgare* 0.9234 g/ml (Albado et al., 2001), *Citrus sinensis* extraído por hidrodestilación fue de 0.8423 g/mL \pm 0.0001 e hidrodestilación asistida por microondas 0.8448 g/mL \pm 0.0003 (León et al., 2015), eucalipto 0,920 g/cm³ \pm 0,003, mandarina y limón 0,860 g/cm³ \pm 0,001, *Minthostachys mollis* 0,90 \pm 0,05g/mL, albahaca 1,0332g/mL (Murillo et al., 2004), *Schinus molle* L. 0.872 g/cm³ a 0.931 g/cm³ (Plaza & Ricalde, 2015), muña 0.9189 g/ml (Cano et al., 2008), estaría justificado estas diferencias por la naturaleza de la materia prima.

4.3 Capacidad antioxidante del aceite esencial

En la capacidad antioxidante se obtuvo valores de 87.78 \pm 0.22 a 122.34 \pm 0.16 en mg Trolox/g de muestra, siendo inferiores a lo reportado en el *P. amboinicus* 240.3 y 327.5 μ g/mL, en *Piper aduncum* L. fue de 1.839 μ g trolox/mg (Ingaroca et al., 2019), en la manzanilla extraída por diferentes métodos se obtuvo de 13.81 a 23.62 μ mol de trolox/ml de aceite (Melo-Guerrero et al., 2020) y en *P. amboinicus* fue de 918.53 \pm 0,12 μ mol trolox/100

g de muestra.

Las diferencias podrían ser explicadas por la concentración de antioxidantes en las muestras y estas difieren de alimento a alimento. Asimismo, por la composición en el contenido de carotenos, polifenoles que reflejan el poder reductor del alimento (Condori & Palomino, 2022).

4.4 Estabilidad oxidativa del aceite esencial

La estabilidad oxidativa del aceite esencial de *Tropaeolum majus* ofrece una resistencia a la oxidación considerable, puesto que permite obtener un tiempo de vida útil de 1.90 años a 20°C. Al comparar con el aceite esencial de sacha inchi que fue de 3,29 años a 20°C con el método de Rancimat (Rodríguez et al., 2015), este producto tiene mayor tiempo de vida útil lo cual podría estar justificado a la diferencia de la composición por la naturaleza de las materias primas.

Sin embargo, semejante al aceite esencial de morete con 14.45 meses a 21°C (Rivera et al., 2022). Finalmente, superior al aceite esencial de girasol (1.68 años) y sésamo (0.50 años).

5 Conclusiones

El aceite esencial de *Tropaeolum majus* extraído por energía ultrasónica presenta un rendimiento mayor de 0.398 \pm 0.0135% al ser tratadas los tallos:agua en una relación de 1:20, a una frecuencia de 90% y un tiempo de extracción de 20 minutos, del mismo modo, en índice de acidez con 1.82% \pm 0.20 y capacidad antioxidante con 122.34 \pm 0.16 mg Trolox/g de muestra para el mismo tratamiento.

En índice de refracción el valor mayor fue de 1.53 \pm 0.06 a una relación tallos:agua de 1:20 con 80% de frecuencia y un tiempo de extracción de 20 minutos.

Para densidad óptica con 0.880 \pm 0.04 g/ml la relación de tallos:hoja de 1:20, 90% de frecuencia y 15 minutos de extracción permitió obtener el mayor valor.

Así, el aceite esencial de *Tropaeolum majus* evidencia calidad óptima para su uso en la obtención de productos alimentarios y no alimentarios con un tiempo de vida útil de 2,17 años a 18°C de almacenamiento, gracias a su excelente estabilidad oxidativa.

Referencias

- Aguilar-Villanueva, D. A., Avalos-Murga, S. P., Rojas-Plasencia, P., Marquillo-Bartra, I., & Ayala-Ravelo, M. S. (2017). Effect of the Ethanol Extract of *Tropaeolum Majus* (Cress) upon *Trichophyton Mentagrophytes*-Induced Mycosis in *Rattus Norvegicus*. *Acta Médica Peruana*, 34(3), 196-202. Consultado el 17 de enero de 2024, desde http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1728-59172017000300006&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Albado, E., Saez, G., & Ataucusi, S. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Médica Herediana*, 12(1), 16-16. <https://doi.org/10.20453/rmh.v12i1.660>
- Amancha, A. G. (2021, enero). *Optimización del proceso de extracción de carotenoides obtenidos a partir de la flor de mastuerzo (Tropaeolum majus L.)* [bachelor Thesis]. Universidad Técnica de Ambato. Consultado el 22 de enero de 2024, desde <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/32083>
Accepted: 2021-02-05T21:14:52Z.
- Arellano, K., Herrera, J., Quispe, M., Espinoza, C., Veliz, N., & Orihuela, W. (2015). Evaluación de Los Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de Tres Colores de Pétalos de Mastuerzo (*Tropaeolum Majus L.*) *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(4), 319-327. Consultado el 17 de enero de 2024, desde http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-634X2015000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Aydar, A. Y., Bağdatlıoğlu, N., & Köseoğlu, O. (2017). Effect of ultrasound on olive oil extraction and optimization of ultrasound-assisted extraction of extra virgin olive oil by response surface methodology (RSM). *Grasas y Aceites*, 68(2), e189-e189. <https://doi.org/10.3989/gya.1057162>
- Cano, C., Bonilla, P., Roque, M., & Ruiz, J. (2006). Actividad antimicrobica in vitro y elucidación estructural del aceite esencial de las hojas de *Mintostachys mollis* "Muña". *Ciencia e Investigación*, 9(1), 27-31. <https://doi.org/10.15381/ci.v9i1.5075>
- Condori, M., & Palomino, G. (2022). Rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial de cilantro extraído por arrastre de vapor en un equipo modular. *Technological Innovations Journal*, 1(1), 41-53. <https://doi.org/10.35622/j.ti.2022.01.003>
- Deza, M. A. (2019). *Efecto Fotoprotector Solar in Vitro Del Aceite Esencial de Ocimum Basilicum L. (Albahaca) y Tropaeolum Majus L. (Mastuerzo)* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Trujillo]. Consultado el 22 de enero de 2024, desde https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_95d1bf9f1e2c3816e279da7c2b813915
- Dolejal, G., Palermo, M., & Silva, S. (2004). Análise morfo-anatómica de *Tropaeolum majus L.* (Tropaeolaceae). *Iheringia, Série Botânica.*, 59(2), 173-178. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/215>
- Granados, C. G., Yañes, X. Y., & Santafé, G. G. S. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Mintostachys mollis* de Norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12-23. Consultado el 22 de enero de 2024, desde <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90326398005>
- Ingaroca, S., Castro, A., & Ramos, N. (2019). COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENSAYOS DE ACTIVIDAD ANTI-OXIDANTE Y DEL EFECTO FUNGISTÁTICO SOBRE *Candida albicans* DEL ACEITE ESENCIAL DE *Piper aduncum L.* "MATICO". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 268-279. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.83>
- Juscamaíta, L., Pérez, T., Espinoza, C., Quispe, M., Hinostroza, G., Flores, O., & Manyari, G. (2017). Evaluation of Stability of Carotenoids and Antioxidant Activity of Nasturtium Flowers (*Tropaeolum Majus L.*) in Spray-Drying Microencapsulation. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(3), 282-293. Consultado el 17 de enero de 2024, desde http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-634X2017000300004&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- León, G., Osorio, M., & Martínez, S. (2015). Comparación de Dos Métodos de Extracción Del Aceite Esencial de *Citrus Sinensis L.* *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 0-0. Consultado el 17 de enero de 2024, desde

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-75152015000400014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Matulevich, J., & Gil, E. (2014). Composición Química del Aceite Esencial de Hojas de *Bejaria resinosa* (Ericaceae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(2), 204-209. <https://doi.org/10.18359/rfcb.331>
- Montero-Recalde, M., Revelo, J., Avilés-Esquivel, D., Valle, E., & Guevara-Freire, D. (2017). Efecto Antimicrobiano Del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum Zeylanicum*) Sobre Cepas de Salmonella. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 987-993. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13890>
- Nolazco, D., Villanueva-Quejía, E., Hatta, B., & Tellez, L. (2020). Extracción y Caracterización Química Del Aceite Esencial de Eucalipto Obtenido Por Microondas y Ultrasonido. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 274-284. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.661>
- Plaza, M., & Ricalde, M. (2015). Establecer parámetros de control de calidad físico-químicos del aceite esencial del *Schinus molle* l. obtenido por arrastre de vapor. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 11(12), 693-696. Consultado el 17 de enero de 2024, desde http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2225-87872015000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rivera, M., Ramos, M., Silva, M., Briceño, J., & Álvarez, M. (2022). Efecto de la temperatura previa a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de Morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) *La Granja*, 35(1), 98-111. <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08>
- Rodríguez, G., Villanueva, E., Glorio, P., & Baquerizo, M. (2015). Estabilidad oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 155-163. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.02>
- Saeb, K., & Gholamrezaee, S. (2012). Variation of Essential Oil Composition of *Melissa Officinalis* L. Leaves during Different Stages of Plant Growth. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(2, Supplement), S547-S549. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60271-8](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60271-8)
- Torrenegra, M., Granados, C., Duran, M., León, G., Yáñez, X., Martínez, C., & Pájaro, N. (2016). Composición Química y Actividad Antibacteriana del Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Orinoquía*, 20(1), 69-74. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5634694>
- Torres, S., Tovar, M., García, V., Lucena, M., & Baptista, L. (2018). Composición química del aceite esencial de las hojas de *Hedyosmum luteyneri* Todzia (Chloranthaceae). *Revista Peruana de Biología*, 25(2), 169-174. <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i2.14289>
- Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jiménez, J. A., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluación de condiciones de extracción asistida por ultrasonido de compuestos bioactivos de cáscara de pitahaya amarilla. *Revista Lasallista de investigación*, 17(1), 70-83. Consultado el 17 de enero de 2024, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7922004>