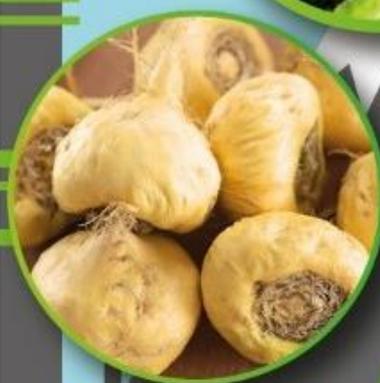
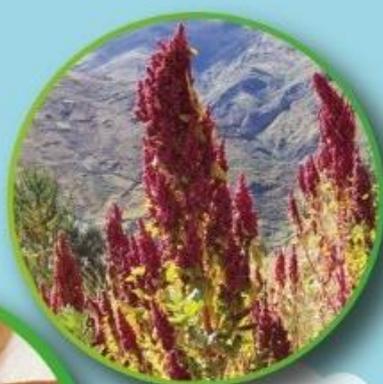


Cienci@^{gro}alimentaria

Journal of Agri-food Science

Volumen 1º/ Número 1º/ Diciembre 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

(National University Of The Center Of Perú)

Journal of Agri-Food Science

Revista Ciencia Agro Alimentaria

Volumen 1 – Número 1: Diciembre 2019

Revista Científica publicada por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

CONCEJO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Editor – Jefe

Dra. Clara Raquel Espinoza Silva

COMITE EDITORIAL/EDITORIAL COMMITTEE

M.Sc. Carlos Guillermo Seguil Mirones

M.Sc. Edgar Rafael Acosta López

M.Sc. Greta Hinojosa Quiñonez

M.Sc. Vilma Julia Reyes De La Cruz

Comité científico

Ph. D. Emilio Fredy Yábar Villanueva

Dr. Miguel Angel Quispe Solano

M.Sc. Norma Nélica Gamarra Mendoza

Diagramador

M.Sc. José Paúl Casas Vásquez

Dirección postal: Código Postal 12000, Huancayo - Perú

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

E-mail: www.uncp.edu.pe

E-mail: cespinoza2300@uncp.edu.pe

Dirección: Av. Mariscal Castilla N° 3909 El Tambo – Huancayo - Perú

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°

ISSN:



(Version digital)

CONTENIDO

- I. Presentación
- II. Editorial

ARTÍCULOS ORIGINALES

1. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN LA DIFUSIVIDAD EFECTIVA Y FENOLES TOTALES EN RESÍDUOS DE ALCACHOFA CRIOLLA (*Cynara scolymus*) / EFFECT OF THE DRYING TEMPERATURE ON THE EFFECTIVE DIFFUSIVITY AND TOTAL PHENOLS IN RESÍDUOS OF CREOLE ARTICHOKE (*Cynara scolymus*)
Acosta López, E., Castro Garay, A. _____ Pág. 04
2. EVALUACION DE LA CONSERVACION DEL ACEITE ESENCIAL DE SALVIA SAGITTATA RUÍZ & PAV EN LA ELABORACION DEL QUESO AROMATIZADO ENVASADO AL VACIO / EVALUATION OF THE PRESERVATION OF THE ESSENTIAL OIL OF SALVIA SAGITTATA RUÍZ & PAV IN THE PREPARATION OF VACUUM-PACKED FLAVORED FLAVORED CHEESE
Carhuallanqui Avila , S., Flores Ricaldi C. , Terrel Rivas C., De la Cruz Calderón, G. _____ Pág. 11
3. ESTUDIO DE COMPONENTES BIOACTIVOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) EN EL SECADO ASISTIDO POR INFRARROJO / STUDY OF BIOACTIVE COMPONENTS OF QUINOA (*Chenopodium quinoa Willd*) IN INFRARED ASSISTED DRYING
Ramos Gómez, J., Peña Rivera, A. _____ Pág. 21
4. ESTADO ACTUAL Y TENDENCIAS EN LAS EXIGENCIAS DE CALIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA EN LA PRODUCCIÓN DE QUINUA DE LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES HEROINAS TOLEDO – ORCOTUNA / CURRENT STATUS AND TRENDS IN QUALITY AND FOOD SAFETY REQUIREMENTS IN QUINOA PRODUCTION OF THE ASSOCIATION OF HEROINAS TOLEDO- ORCOTUNA PRODUCERS
Zarate Malpica, A., Carrasco Nuñez, Y., Arrieta Jerí, M. _____ Pág. 30
5. EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE ALCALOIDES DE LA SEMILLA DE TARWÍ (*Lupinus mutabilis*), POR MICROONDAS, ULTRASONIDO Y CONVENCIONAL / EVALUATION OF THE EXTRACTION OF ALKALOIDS FROM THE TARWÍ SEED (*Lupinus mutabilis*), BY MICROWAVE, ULTRASOUND AND CONVENTIONAL
Seguil Mirones, C., Egas Peña, E., Avilez Hinostroza, J., Blas Buendía, C., Huamanlazo Zurita, M. _____ Pág. 37
6. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIBACTERIANA DEL TOCOSH DE PAPA (*Solanum tuberosum*) / EVALUATION OF ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF POTATO (*Solanum tuberosum*) TOCOSH
Yábar Villanueva, E., Reyes De la Cruz, V., Casas Vásquez, J. _____ Pág. 47
7. MICROENCAPSULACIÓN POR ATOMIZACIÓN DE EXTRACTO DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*) Y HUACATAY (*Tagetes minuta*) / MICROENCAPSULATION BY ATOMIZATION OF OREGANO EXTRACT (*Origanum vulgare*) AND HUACATAY (*Tagetes minuta*)
Hinostroza Quiñonez, G., Saavedra Mallma, N., Corilla Dante, D., Mamani Flores, E. _____ Pág.53
8. FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA FERMENTADA A PARTIR DE LACTOSUERO / FORMULATION AND PREPARATION OF A FERMENTED PROBIOTIC DRINK FROM WHEY
Gutiérrez Gonzales, M., Balvín Calderón, E., Ugarte Meléndez, Y. _____ Pág. 60
9. ELABORACIÓN DE JAMONADA CON CARNE DE CUY USANDO EXTRACTO DE SAUCO (*Sambucus peruviana*) COMO CONSERVADOR BIOLÓGICO / ELABORATION OF JAMONADA WITH MEAT OF CUY USING SAUCO (*Sambucus peruviana*) EXTRACT AS BIOLOGICAL CONSERVATOR
Solis J. Buendia L. Aldana L _____ Pág. 68
10. MICROENCAPSULACIÓN DE POLIFENOLES A PARTIR DE RESIDUOS DEL CAFÉ / MICROENCAPSULATION OF POLYPHENOLS FROM COFFEE WASTE
Quispe Solano, M., Espinoza Silvaa, C., Corilla Flores, D., Manyari Cervantes, G., Flores Ramos, O. _____ Pág. 72
11. EFECTO DE CAPSAICINOÍDES EN LARVAS DE PREMNOTRYPES VORAX DE PAPAS (*Solanum Tuberosum*) COSECHADAS Y ALMACENADAS EN EL VALLE DEL MANTARO. REGIÓN JUNÍN/ EFFECT OF CAPSAICINOIDS ON LARVAE OF PREMNOTRYPES VORAX OF POTATOES (*Solanum Tuberosum*) HARVESTED AND STORED IN THE MANTARO VALLEY. JUNÍN REGION
Gamarra Mendoza, N., Tito Leon, R., Gamarra Poma, R. _____ Pág. 83

Presentación

El tema alimentario presenta una amplia gama de temas a estudiar, analizar y presentar posibles soluciones a problemas existentes en la industria (tecnológicos, calidad, inocuidad, mercado) y problemas en nuestra sociedad, como son: La desnutrición, anemia, sobrepeso, obesidad y en general las enfermedades crónicas no transmisibles que van en incremento.

Los alimentos son seres vivos que dependen de múltiples factores en su obtención, desarrollo y/o producción, siendo la diversidad una variable más que incide en sus propiedades funcionales, tecnológicas, nutricionales y sensoriales de cada uno de ellos. En la región Junín, la parte más poblada y de mayor comercio es la zona andina, donde existen varios productos muy importantes de los cuales se debe de conocer sus propiedades, tal es el caso de la quinua con dos investigaciones, en esta revista, en una se ve los componentes bioactivos y el efecto del secado por infrarrojo, en la otra aspectos relacionados con la calidad e inocuidad del grano andino. Los subproductos o residuos de la industria alimentaria son estudiados en la alcachofa, mediante el efecto de la temperatura sobre la difusividad efectiva y fenoles totales. Las plantas aromáticas, no solo aportan cualidades organolépticas a las comidas, estudios indican que también poseen propiedades de control microbiológico, como en el caso de la salvia; se presenta un estudio del aceite esencial y su poder antimicrobiano, los microencapsulados del extracto del orégano y huacatay también fueron indagados. En las semillas de tarwi, se evaluó la extracción de alcaloides por tres métodos. El tocosh de papa, de gran poder antibiotico y bactericida. Así mismo se presenta un producto en base a lactosuero y utilizando microorganismos benéficos para la salud. En cuanto a los derivados cárnicos se presenta la investigación de un nuevo embutido que podría combatir ciertas deficiencias nutricionales, hablamos de la jamonada a base de carne de cuy utilizando extracto de sauco como controlador biológico. Por último, teniendo en cuenta que en la región Junín la mayor parte de su extensión es selva y uno de sus principales cultivos es el café, se presenta una investigación muy interesante respecto a las características antioxidantes de este producto y sus residuos.

La revista científica Ciencia Agro Alimentaria es una publicación especializada en alimentos, realizada por El Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Los artículos son originales y tocan temas de carácter: tecnológico, de mercado, medio ambiente, calidad, inocuidad e identificación de compuestos bioactivos que tendrían un efecto benéfico para la salud, estas investigaciones fueron desarrolladas por los docentes de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Editorial

La investigación científica referida ya sea a los componentes, procesamiento, control de calidad, comercio y/o distribución de alimentos permite generar conocimiento útil para la toma de decisiones, tanto de la población, empresarios, productores y autoridades de un país. Contribuye también a formar profesionales competentes, investigadores y comprometidos con el desarrollo de su comunidad.

La investigación agroalimentaria aborda temas de inocuidad, seguridad alimentaria, nutrición, medio ambiente etc. Para ello plantea el mejoramiento de métodos de producción, control de calidad, conocimiento de los componentes de nuevos alimentos (funcionales y/o transgénicos) aplicando procedimientos eficaces de trazabilidad en toda la cadena de producción y desarrollando métodos de detección y análisis con equipos de última generación.

En este contexto, el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias mediante la Revista Ciencia Agro Alimentaria, realiza una de sus aspiraciones, la cual es difundir los trabajos de investigación realizados por los docentes y de este modo ser generadora de conocimientos.

El Editor

**Efecto de la temperatura de secado en la difusividad efectiva y fenoles totales en residuos de alcachofa criolla
(*Cynara scolymus*)**

**Effect of the drying temperature on the effective diffusivity and total phenols in residues of Creole artichoke
(*Cynara scolymus*)**

Acosta López, E⁽¹⁾, Castro Garay, A⁽²⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

⁽²⁾Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

Email: eacosta1981@uncp.edu.pe/acastrogaray@uncp.edu.pe

Resumen: El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la temperatura de secado en la difusividad efectiva y fenoles totales en residuos de alcachofa criolla (*Cynara scolymus*). Se realizó un secado convectivo con aire caliente a una velocidad $1,5 \text{ m/s} \pm 0,1$ a las temperaturas de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $45 \text{ }^\circ\text{C}$, los pesos fueron monitoreados cada 30 minutos hasta peso constante, las humedades obtenidas en los residuos secos fueron de 0,11; 0,11 y 0,10 g agua/g materia seca (g ms) respectivamente. Las curvas de secado fueron ajustadas al modelo difusional de la segunda ley de Fick obteniéndose las siguientes difusividades efectivas (D_{eff}) $0,8706 \times 10^{-10}$; $1,14 \times 10^{-10}$ y $1,156 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ con coeficientes de determinación R^2 de 0,9275; 0,8451 y 0,9135 para las temperaturas $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $45 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente. La energía de activación (E_a) fue de 16,085 kJ/mol en el rango de temperaturas de estudio. El análisis estadístico de la difusividad efectiva y fenoles totales indica que existe diferencia estadística significativa entre las temperaturas. Los fenoles totales disminuyeron después del secado en los tres tratamientos, siendo mayor la disminución a una temperatura de secado menor, el tiempo de secado en la investigación influyo en los fenoles totales, obteniéndose a la temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de secado de 14 horas 37,13 mg ácido gálico/g de muestra a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de 11 horas 45,54 mg ácido gálico/g de muestra y a $45 \text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de 10 horas 46,74 expresados en mg ácido gálico/g de muestra.

Palabras clave: brácteas de alcachofa, fenoles, difusividad efectiva

Abstract: The objective of the research was to evaluate the effect of the drying temperature on the effective diffusivity and total phenols in residues of Creole artichoke (*Cynara scolymus*). Convective drying was carried out with hot air at a speed of $1,5 \text{ m/s} \pm 0,1$ at the temperatures of $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ and $45 \text{ }^\circ\text{C}$, the weights were monitored every 30 minutes until constant weight, the humidities obtained in the dry residues were 0,11; 0,11 and 0,10 g water / g ms respectively. The curves of drying were adjusted to the diffusional model of the second law of Fick obtaining the following effective diffusivities (D_{eff}) 0.8706×10^{-10} ; 1.14×10^{-10} and $1.156 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ with coefficients of determination R^2 of 0,9275; 0,8451 and 0,9135 for the temperatures $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ and $45 \text{ }^\circ\text{C}$ respectively. The activation energy (E_a) was 16,085 kJ / mol in the study temperature range. The statistical analysis of the effective diffusivity and total phenols indicates that there is a statistically significant difference between temperatures. The total phenols decreased after drying in the three treatments, the decrease being greater at a lower drying temperature, the drying time in the investigation influenced the total phenols, obtaining at the temperature of $30 \text{ }^\circ\text{C}$ with a drying time of 14 hours 37,13 mg gallic acid / g of sample at $40 \text{ }^\circ\text{C}$ with a time of 11 hours 45,54 mg gallic acid/ g of sample and at $45 \text{ }^\circ\text{C}$ with a time of 10 hours 46,74 expressed in mg of gallic acid/g of sample.

Key words: artichoke bracts, phenols, effective diffusivity

1. Introducción

La industrialización de la alcachofa (*Cynara scolymus*) en nuestro país ha logrado posicionarse en los mercados internacionales y genera residuos agroindustriales que son destinados para alimentación animal o son desechados en vertederos generando contaminación ambiental. Las brácteas constituyen uno de los residuos principales y poseen una concentración importante de compuestos fenólicos que tienen propiedades antioxidantes.

La importancia del modelamiento del secado con la difusividad efectiva permite simular y controlar el proceso, predecir el tiempo de secado. Los resultados del modelamiento son utilizados en el diseño de equipos, proceso de producción y evitan el uso indebido de energía, mano de obra que influye en los costos de producción.

La temperatura de secado de un alimento produce efectos diversos en el producto, causan pérdidas de micronutrientes como vitaminas, degrada componentes bioactivos, desnaturalizan proteínas, modifica propiedades fisicoquímicas y sensoriales como el color, sabor y olor. Conocer la temperatura de secado en la cual se logra la estabilidad de los componentes funcionales es de gran importancia para la industria alimentaria, farmacéutica y otras.

En el estado del arte no se ha encontrado referencias de secado con aire caliente de brácteas de alcachofa que evalúen la temperatura de secado en la difusividad efectiva y en fenoles totales

Cruzado (2012) reportó en brácteas de alcachofa la presencia de cinarina con una concentración de 219,3 mg/mL, cinaropicrina 25 mg/mL y fenoles totales 117,3 mg de ácido gálico por gramo de extracto y mediante un proceso de microfiltración, logra concentrar la cinarina 315,2 mg/mL y disminuye la concentración de cinaropicrina en 22,9 mg/mL. En el proceso de ultrafiltración los resultados mostraron una disminución de cinarina en 150,6 mg/mL.

Dueñas (2009) realizó la extracción y caracterización de principios activos en la estructura fenólicas con propiedades antioxidantes y antibacterianas de brácteas de alcachofa y caracterizaron compuestos fenólicos como: fenilpropanoides, taninos catéquicos, flavonoides y cumarinas además saponinas, carotenoides, azúcares reductores y esteroides. Presentó 0,160 mg de equivalente

de Quercetina/100 g de brácteas secas en el extracto hidroalcohólico.

Bejar (2017) evaluó el contenido de polifenoles en brácteas secas de alcachofa encontró contenidos en el rango mínimo de 5,6053 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/L y un máximo de 7.3425 mg EAG/L

Quimbiulco (2014) estudio el efecto de la temperatura y espesor en la capacidad antioxidante y polifenoles en el deshidratado de láminas de pulpa de tomate de árbol amarillo concentrada y sin concentrar, encontró que a temperaturas mayores de 50°C y grosor de 4 mm disminuye el contenido de los bioactivos.

Esparza - Martínez *et al.* (2016) al someter el residuo de mandarina al secado con tres temperaturas 60°C, 90°C y 120°C, el contenido de fenoles totales (FT) aumentó hasta un 30%, el contenido de flavonoides en un 25% y en taninos más del 100%, el mismo comportamiento ocurrió con la capacidad antioxidante evaluado por tres métodos.

Urrúa *et al.* (2012) Demostraron que la temperatura de secado influye en la degradación del contenido de polifenoles totales en el secado de zanahorias, observaron una importante degradación de polifenoles en el rango de temperaturas utilizados, 84.2% a 40°C, de 83.3% a 50°C, de 82.6% a 60°C, de 69.3% a 70°C, de 78.6% a 80°C y de 76.3 a 90°C, indicaron que la reducción de la concentración de polifenoles totales durante el secado se debe a su oxidación enzimática.

Cárdenas (2016) utilizó el método de Folin-Ciocalteu y determinó el contenido de polifenoles en alcachofas (*Cynara scolymus*) obteniendo, en la parte comestible 1,66 g%, brácteas, 5,10 g%; flavonoides totales por espectrofotometría en la parte comestible 0,67g% y en brácteas, 1,33 g%; vitamina C por el método de la AOAC para la parte comestible 0,975 g% y brácteas, 0,380 g%; para antocianinas, no detectaron su presencia. La capacidad antioxidante expresada como IC50 para la parte comestible 553,0 ug/mL y en brácteas, 137,52 ug/mL Previo al análisis las brácteas se estabilizaron a la temperatura de 40 ± 5 °C durante 48 horas, luego sometido a molienda y extracción

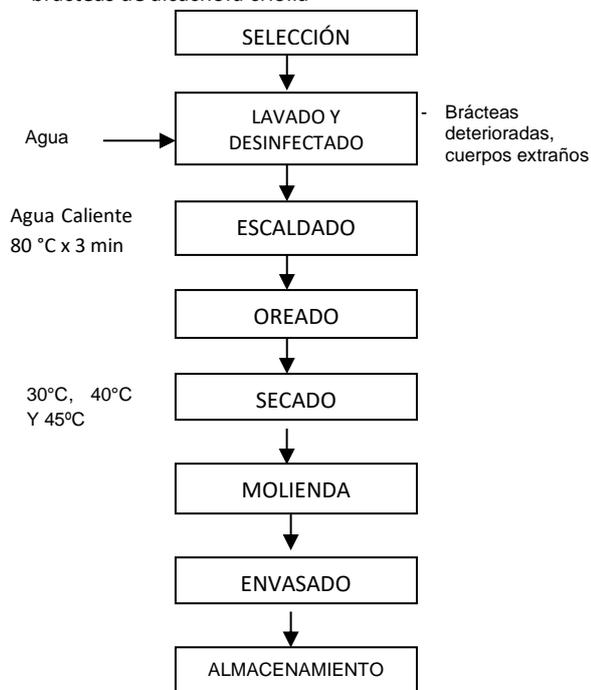
El objetivo del estudio fue Evaluar el efecto de la temperatura de secado en la difusividad efectiva y fenoles totales en residuos de alcachofa criolla (*Cynara scolymus*).

2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en el Centro de Producción de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias Tropical de la Facultad de Ciencias Agrarias Satipo de la UNCP. Se utilizó brácteas de alcachofa criolla con espinas (*Cynara scolymus*) proveniente de la provincia de Chupaca, Región Junín- Perú. Se determinó la humedad y los fenoles totales por el (Método Folin Ciocalteu). Las brácteas de alcachofa fueron seleccionadas, desinfectado, escaldado, oreado y secado a las temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C con una la velocidad de 1,5 m/s ± 0,1. Durante el secado se midió la pérdida de peso (g) cada 30 minutos. Para calcular la Difusividad efectiva (Deff) se utilizó la ecuación difusional de la segunda Ley de Fick para una placa plana infinita y la dependencia de la difusividad efectiva con la temperatura se realizó a través de la ecuación de Arrhenius.

Procedimiento para el secado de brácteas secas de alcachofa criolla

La Figura 1, presenta el diagrama de flujo para el secado de brácteas de alcachofa criolla



Métodos de análisis

Contenido de Humedad, se determinó de acuerdo al método 925.10 de la AOAC (2004).

Fenoles totales

Método Folin Ciocalteu (Singleton, V.L. & Rosi, J. A. (1965) citado por (Rojas, 2012), forma un complejo de color azul con el reactivo. Se utilizó como estándar ácido gálico, las muestras se leen en un espectrofotómetro de luz visible (UV) a 755 nm. Los resultados se expresan en equivalentes de ácido gálico/100 g de muestra seca (mg EAG/g).

Difusividad efectiva (Deff)

Para calcular la Difusividad efectiva se utilizó la segunda Ley de Fick para una placa plana infinita (Crank, 1975). Se realizó una regresión lineal al modelo difusional y con la pendiente se calcula la difusividad efectiva para cada tratamiento.

$$E = \frac{X_{we} - X_{wt}}{X_{we} - X_{wo}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{D_{eff} \pi^2 t}{4l^2}\right)$$

Dónde:

Xwt = humedad en g de agua/g de materia seca (ms) medido al tiempo

Xwe = humedad de equilibrio en g de agua/g (ms)

Xwo = humedad inicial g de agua/g de (ms)

Deff = Difusividad efectiva (m²/s)

t= tiempo (s)

l = mitad del espesor de la placa (m)

Energía de activación (Ea)

Se utilizo la ecuación de Arrhenius, la cual se linealiza y con la pendiente se mide la (Ea)

$$D_{eff} = D_o \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)$$

Dónde:

D_o: factor pre-exponencial (factor de Arrhenius) m²/s

E_a: energía de activación (KJ/mol)

R: constante universal de los gases (8,3143 J/mol-K)

T: temperatura (K).

Análisis de datos

Para evaluar el efecto de la temperatura en la difusividad efectiva y en los fenoles totales en el secado de brácteas de alcachofa criolla se utilizó el Diseño completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos y 2

repeticiones, los datos se procesaron con el software estadístico Minitab V16.

3. Resultados

Resultados del secado brácteas de alcachofa criolla (*Cynara scolymus*)

Las bracteas frescas de alcachofa criolla presentaron un contenido de humedad de $83,21 \pm 0,01\%$

En la tabla 1, se presentan los resultados del secado de brácteas de alcachofa criolla a las temperaturas de 30, 40 y 45°C.

Tabla 1. Tiempo de secado en horas y humedad final de la cascara de naranja valencia

°C	Tiempo (horas)	Humedad (%)	Humedad en base seca (g de agua/g de ms)
30	14	$9,83 \pm 0,02$	0,11
40	11	$9,55 \pm 0,01$	0,11
45	10	$9,41 \pm 0,02$	0,10

La tabla 1, muestra el tiempo de secado de las bracteas de alcachofa criolla que fueron de 14,0, 11,0 y 10 horas para 30, 40 y 45°C respectivamente con humedades de 9,83%, 9,55% y 9,41%.

En la figura 2, se muestra el comportamiento del secado de brácteas de alcachofa en función al tiempo

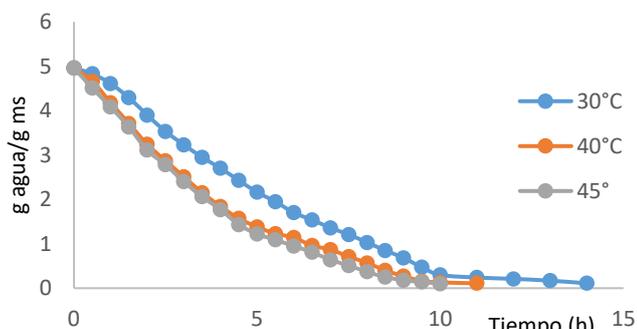


Figura 2. Humedad en base seca vs el tiempo durante el secado de bracteas de alcachofa a 30°C, 40°C y 45°C

Difusividad efectiva (D_{eff}) del secado de brácteas de alcachofa criolla

En la Figura 3, se muestra el logaritmo de la relacion de humedad versus el tiempo de secado

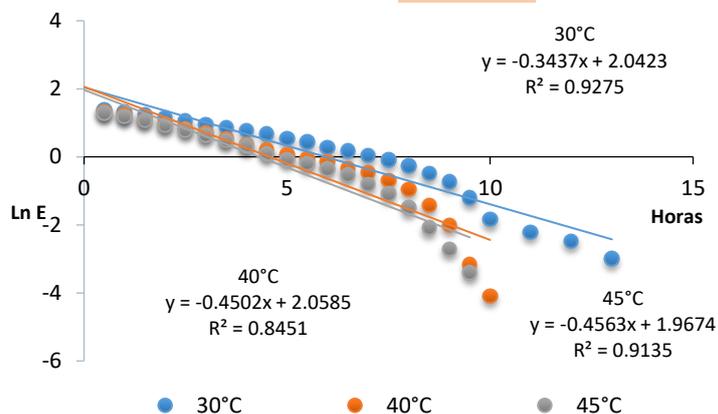


Figura 3. Logaritmo de la relacion de humedad (Ln E) versus tiempo de secado en bracteas de alcachofa criolla

En la Tabla 2, se presenta la Difusividad efectiva del secado de bracteas de alcachofa criolla para las tres temperaturas de secado.

Tabla 2. Difusividad efectiva (D_{eff}) del secado de brácteas de alcachofa criolla para las tres temperaturas de secado

Temperatura de secado	R^2	D_{eff} (m^2/h)	D_{eff} (m^2/s)
30°C	0,9275	$3,1342\text{E-}07$	$0,8706\text{E-}10$
40°C	0,8451	$4,1053\text{E-}07$	$1,14\text{E-}10$
45°C	0,9135	$4,1609\text{E-}07$	$1,156\text{E-}10$

Efecto de la temperatura en la difusividad efectiva (D_{eff}) en el secado de brácteas de alcachofa criolla

Tabla 3. Difusividad efectiva vs inversa de la temperatura absoluta del secado de brácteas de alcachofa criolla

°C	°K	1/T	D _{eff} (m ² /s)	Log (D _{eff})
30	303	0.00330	8.71E-11	-10.06018134
40	313	0.00319489	1.14E-10	-9.943095149
45	318	0.00314465	1.156E-10	-9.937042166

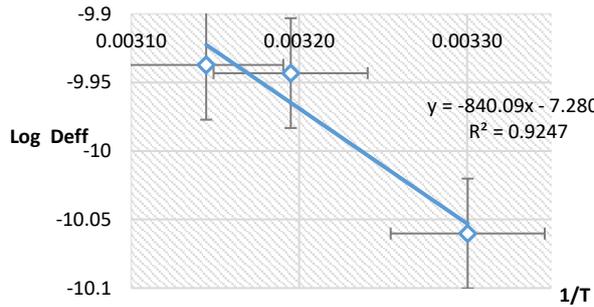


Figura 4. Efecto de la temperatura sobre la difusividad efectiva (Dwe) en el secado de brácteas de alcachofa criolla

La energía de activación (E_a) del secado de brácteas de alcachofa en el rango de temperaturas de 30°C a 45°C fue de 16,085 kJ/mol.

Influencia de la temperatura de secado en el contenido de fenoles totales

En la tabla 4 se muestra los fenoles totales en brácteas de alcachofa criolla secado por aire caliente.

Tabla 4. Fenoles totales en brácteas frescas de alcachofa criolla fresca y secado a las temperaturas 30 °C, 40 °C y 45 °C

Brácteas de Alcachofa	Tiempo de secado (horas)	Fenoles (mg EAG/g de muestra)
Frescas	0	50,23±0,03
Secado a 30°C	14,0	37,13±0,04
Secado a 40°C	11,0	45,54±0,03
Secado a 45°C	10,0	46,74±0,02

EAG = Equivalente de ácido gálico

En la Figura 5, se representa los fenoles totales de brácteas secas de alcachofa criolla.

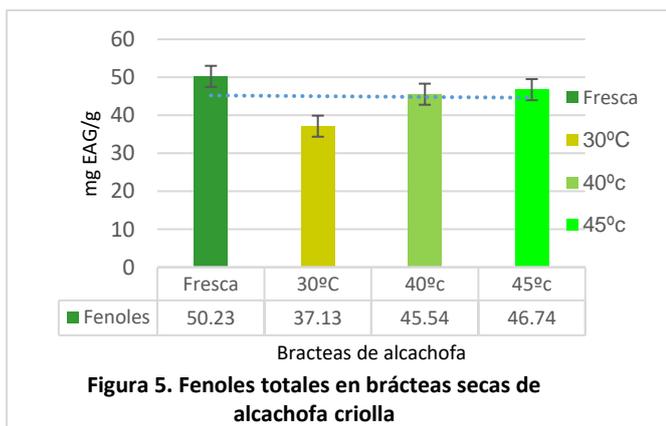


Figura 5. Fenoles totales en brácteas secas de alcachofa criolla

4. Discusión

La humedad de brácteas de alcachofa criolla fresca fue de 83,21%, valor que es diferente a lo reportado por Ricse *et al.*, (2013) de 87,332% y Cárdenas (2016) 71,84% las diferencias existentes pueden ser por la variedad y procedencia. Después del secado con aire caliente presento una humedad de 9,83%, 9,55% y 9,41% a las temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C respectivamente. Ricse *et al.*, (2013) reportaron la humedad de 10,231% en harina de brácteas de alcachofas.

El secado de brácteas de alcachofa se realizó con una velocidad de aire de 1,5 ± 0,1 m/s. considerándose una masa de muestra de 174 ± 0,8 g, el proceso finalizó cuando se alcanzó peso constante. Se necesitó un tiempo de 10 a 14 horas incrementándose el tiempo al disminuir la temperatura, el producto seco presentó un contenido de humedad de 9,83%, 9,55% y 9,41% para temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C respectivamente. A mayor temperatura, la velocidad de evaporación del agua desde el alimento se incrementa y por lo tanto el tiempo de secado disminuye.

Las curvas de secado de brácteas de alcachofa que se muestran en las figuras 4 y 5 son semejantes a los reportados por Giraldo *et al* (2010), se observa la influencia de la temperatura sobre el secado, al aumentar la temperatura y disminuye el tiempo de secado (Vega y Lemus, 2006). Para obtener una humedad de equilibrio de 0,10 g agua/g ms, se requiere de 10 horas para la temperatura de 45°C.

En la tabla 2, se observa que al aumentar la temperatura de secado se incrementa la difusividad efectiva (D_{eff}), el aumento de la temperatura favorece la transferencia de masa y como consecuencia aumenta la difusividad efectiva Giraldo *et al* (2010). los valores encontrados fueron de 0,8706 x 10⁻¹⁰ m²/s – 1,156 x 10⁻¹⁰ m²/s en el rango de temperaturas de 30°C a 45°C, valores que se encuentran dentro de los reportados por Saravacos y Maroulis (2001). Al incrementar la temperatura de secado aumenta la velocidad de secado y disminuye el tiempo de secado.

En la regresión lineal Los valores de la difusividad efectiva para las temperaturas utilizadas presentan una R² igual o superior a 0,8451, que significa un buen ajuste. El análisis de varianza de la difusividad efectiva muestra que en las temperaturas de secado existe diferencia estadística significativa a un nivel de 0,05%. En la prueba de Duncan las

temperaturas de secado tienen efectos estadísticamente diferentes sobre la difusividad. Los tratamientos temperatura de secado a 45 °C y 40 °C no presentan diferencia estadísticas, pero son diferentes al tratamiento de 30 °C que es el que presentó el menor de difusividad.

La energía de activación (E_a) de brácteas de alcachofa secada a las temperaturas de 30°C a 45°C fue de 16,085 kJ/mol. Este valor se encuentra en el rango reportado por Zogzas N, Maroulis Z y Marinos-Kouris (1996) quienes mencionan que la energía de activación en el secado de productos alimenticios varían entre 13 a 110 kJ/mol, inclusive para el mismo alimento el valor puede variar y las diferencias de valores se atribuyen a la velocidad de secado. Sánchez (2016) en la cinética de secado de la Broza de café obtiene un valor de la energía de activación que sale del rango mencionado y atribuye a la alta velocidad de secado, humedad del producto, temperatura y humedad relativa, la energía de activación no es constante en todo el secado. En el secado de pimienta a las temperaturas de (50, 60, 70 y 80 °C) se obtiene una E_a 39,7 kJ/mol con un factor de Arrhenius (D_0) igual a $9,19 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ Vega, Andrés y Fito (2005), Vega y Lemus (2006) reportó la E_a 28,57 a 31,49 kJ/mol para el secado de papaya chilena en el rango de temperaturas de 40°C a 80°C valores que son mayores a los encontrados.

El contenido de fenoles totales en las brácteas de alcachofa criolla fresca fue de $50,23 \pm 0,03 \text{ mg ácido gálico/g}$ de muestra y en brácteas secas fue de 37,13; 45,54 y 46,74 mg ácido gálico/g de muestra, se observa mayor degradación de fenoles a menor temperatura de secado. Cárdenas (2016), reportó un contenido de 51,0 mg ácido gálico/g de muestra en alcachofa criolla con espinas, mientras que Cruzado (2012) reportó fenoles totales en brácteas de alcachofa de 117,3 ácido gálico/g de muestra el autor no menciona la variedad. Las diferencias en los fenoles y los valores de la literatura pueden ser a la variedad estudiada, grado de madurez, lugar de cultivo, tiempo de cosecha, entre otros En el proceso de secado a las diferentes temperaturas se observa que los fenoles totales disminuyen con el tiempo de secado para cada una las temperaturas similar comportamiento reportó Uurrea D., V. Eim, C.Roselló, S.Simal. (2012) en la degradación de polifenoles durante el secado convectivo de zanahoria. Kyi *et al.* (2005), mencionan que la disminución de fenoles totales durante el secado puede ser por la oxidación enzimática, los fenoles de las brácteas de alcachofa en la

investigación son sensibles al tiempo largo de exposición 14 horas en el caso del secado a 30 °C presentó una disminución del contenido de fenoles totales de 26,08%. Al realizar el análisis de varianza para el contenido de fenoles las temperaturas de secado tienen efecto en el contenido de fenoles existe diferencia estadística significativa a un nivel de 0,05%. En la prueba de Duncan los tratamientos T3 y T2 no presentan diferencia estadística con un nivel de confianza de 5%, estos tratamientos presentaron mayor estabilidad en el contenido de fenoles totales, lo que puede suponerse que a menor temperatura de secado y mayor tiempo de exposición se presenta menor estabilidad de fenoles totales.

Conclusiones

- La difusividad efectiva (D_{eff}) para el secado de residuos de alcachofa criolla a las temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C. fueron de $0,8706 \times 10^{-10}$; $1,14 \times 10^{-10}$ y $1,156 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ respectivamente; el incremento ligero en el valor a mayor temperatura es por la fuerza impulsora debido al gradiente de temperatura.
- La energía de activación en el el rango de temperaturas de 30 °C a 45 °C para el secado de brácteas de alcachofa criolla con espinas fue de 16,085 kJ/mol.
- La temperatura de secado afectó ligeramente el contenido de fenoles totales en los residuos de alcachofa criolla. El tiempo de exposición durante el secado es el factor que influyó en los fenoles totales, obteniéndose menor contenido a menor temperatura con mayor tiempo de exposición. A la temperatura de secado de 30°C con un tiempo de exposición de 14 horas presentó un contenido de fenoles totales 37,13 a 40°C con un tiempo de secado de 11 horas 45,54 y a 45°C durante 10 horas presentó 46,74 expresados en mg ácido gálico/g de muestra.

Referencias bibliográficas

- Béjar Camapaza, Estefanía Ángela (2017). Determinación de ácido caféico, evaluación de la actividad antioxidante y contenido polifenólico en brácteas secas de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa), Arequipa - 2013” Tesis Ingeniera Biotecnóloga Facultad de ciencias farmacéuticas, bioquímicas y biotecnológicas. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Cárdenas T., Karen. (2017). Estudio químico - bromatológico, compuestos bioactivos, y evaluación de la capacidad

- antioxidante de *Cynara scolymus* "alcachofa" procedente de Huaral. Tesis. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú.
- Clemente Polo Gabriela (2003) Efecto de la contracción en la cinética de secado de músculos de jamón. Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, España
- Crank, J. 1975. The mathematics of diffusion. Pergamon Press. Oxford
- Cruzado Ore, Martín Carlos (2012). Obtención, caracterización y cuantificación de extractos de residuos de *Cynara scolymus* L. (alcachofa) ricos en metabolitos bioactivos. *Rev. Química PUCP*, 2012, vol. 26 n° 1-2, pag 50-51.
- Dueñas J. (2009) Extracción y caracterización de principios activos de estructura fenólica con propiedades antioxidantes y antibacterianas, a partir de residuos del procesamiento de alcachofas. [tesis] Ingeniería Biotecnología. Escuela politécnica del Ejército. Sangolquí.
- Esparza-Martínez F. J., Miranda-López R., Guzmán-Maldonado S. H. (2016). Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en el residuo de la producción de jugo de mandarina (*Citrus reticulata* Satsuma). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 1, No. 1 (2016) 843-850.
- Giraldo Z., A., Arevalo P., A., Ferreira S., A., Ferreira S., P., Valdes S., J, y Pavlak de Meneses M. (2010) Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 30(1): 179-182, jan.-mar. 2010.
- Kyi, T., Daud W., Mohammad A., Samsudin M., Kadhum A., Talib M. (2005). The kinetics of polyphenol degradation during the drying of Malaysian cocoa beans. *International Journal of Food Science and Technology*, 40,(8): 323–331.
- Montes, E. y Torres, R. (2008) Modelado de la cinética de secado de ñame (*Dioscorea rotundata*) en capa delgada. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN* Vol. 28 No. 2, agosto 2008 (45-52)
- Ocampo, A. (2006) Modelo cinético de la pulpa de mango. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 Número 5 p. 119-128
- Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)
- Okos, M. R.; Narsimhan, G.; Singh, R. K. & Weitnauer, A. C. (1992). *Food dehydration. En Handbook of Food Engineering*. editado por D. R. Heldman y D.B. Lund. Marcel Dekker, New York
- Quimbiulco A., Y. (2014). Efecto de la deshidratación sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles de la pulpa concentrada de tomate de árbol amarillo (*Solanum Betaceum*). Tesis, Facultad de ciencias de la Ingeniería, Carrera de ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Ricse C., Leyva M., Medina I., Miranda J., Saldarriaga L., Rodríguez J. y Siche R. (2013) Uso de residuos agroindustriales de La Libertad en la elaboración de un pan integral. *Agroind Sci* 3 (2013) 41- 46P
- Rizvil, S. H. (1995). Thermodynamic properties of food in dehydration. In M.A. Rao. y S.S.H. Rizvi (Eds). *Engineering Properties of Foods*. 2nd Edition Revised and Expanded. New York Marcel Dekker, Inc. pp 223-309.
- Sanchez Chinchilla Alvaro Eduardo (2016) Cinética de secado de la broza de café. Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agrícola. Costa Rica
- Saravacos, G. D.; Maroulis, Z. B. (2001). *Transport properties of foods*, Marcel and Dekker Inc., New York, United States of America.
- Uurrea D., V. Eim, C. Roselló, S. Simal. (2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante Durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. Nantesa). *Revista Alimentos Hoy* Vol 21, No 27 (2012), 68-101
- Vega, A. Andrés y P. Fito (2005) Modelado de la Cinética de Secado del Pimiento Rojo (*Capsicum annum* L. cv Lamuyo). *Inf. tecnol.* v.16 n.6 La Serena 2005
- Vega, A. y R. Lemus. 2006. Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*). *Revista Información Tecnológica*: 17(3), 23-31
- Zogzas N, Maroulis Z y Marinos-Kouris (1996) *Moisture Diffusivity Data Compilation in Foodstuffs. Drying technology*. 14(10). 2225-2253 (1996)

Evaluación de la conservación del aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav en la elaboración del queso aromatizado envasado al vacío

Evaluation of the preservation of the essential oil of *Salvia sagittata* Ruiz & Pav in the preparation of vacuum-packed flavored cheese

Carhuallanqui Avila, S⁽¹⁾, Flores Ricaldi, C⁽¹⁾, Terrel Rivas, C⁽¹⁾, De la Cruz Calderón, G⁽¹⁾
⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú
e-mail: scarhuallanqui@uncp.edu.pe

Resumen: Las actuales tecnologías de conservación se busca desarrollar investigaciones que determinen la vida de útil de los productos alimentarios, adicionando conservantes naturales. En esta investigación se determinó los efectos de las concentraciones del aceite esencial de salvia en las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso aromatizado envasadas al vacío durante su conservación de vida en anaquel. En la primera etapa se obtuvo aceite esencial de salvia por arrastre de vapor. En la segunda se elaboró el queso aromatizado con aceite esencial de salvia (0.01%, 0.02% y 0.03%) envasado al vacío, en la tercera etapa se determinó la composición fisicoquímica y microbiológica del queso aromatizado envasado al vacío en vida en anaquel. Los resultados del aceite esencial, siendo su rendimiento 0.124%, el componente químico de mayor porcentaje Caryophyllene (43.7%), índice de refracción de $1.495\% \pm 0.06$, pH de 6.47 ± 0.09 e índice de acidez de $0.058\% \pm 0.11$ (ácido predominante KOH). En los análisis fisicoquímicos de los quesos en estudio respecto a su pH disminuyó en los días de almacenamiento de 20 días ($p < 0.05$), la humedad disminuyó, la acidez se incrementó durante su almacenamiento ($p < 0.05$). En los análisis microbiológicos, la *Listeria monocytogenes*, la *Escherichia coli* y los coliformes en el tratamiento T1 a los 15 días de almacenamiento se encontraban fuera de los valores límite establecidos por la NTP 202.195:2004, pero en los tratamientos T2, T3 y T4 recién a los 20 y 25 días de almacenamiento se encontraban fuera de los límites. Se concluye que los quesos con adición de aceite esencial de salvia presentan mayor tiempo de vida útil.

Palabras clave: Queso aromatizado, aceite esencial, salvia, vida en anaquel, *Listeria monocytogenes*, coliformes totales

Abstract: Current conservation technologies seek to develop research that determines the shelf life of food products, adding natural preservatives. In this investigation, the effects of the sage essential oil concentrations on the physicochemical and microbiological characteristics of the flavored cheese vacuum-packed during its shelf life conservation were determined. In the first stage sage essential oil was obtained by steam entrainment. In the second, the cheese flavored with sage essential oil (0.01%, 0.02% and 0.03%) vacuum packed was prepared, in the third stage the physicochemical and microbiological composition of the flavored cheese vacuum packed in shelf life was determined. The results of the essential oil, being its yield 0.124%, the chemical component of the highest percentage Caryophyllene (43.7%), refractive index of $1.495\% \pm 0.06$, pH of 6.47 ± 0.09 and acid number of $0.058\% \pm 0.11$ (predominant acid KOH). In the physicochemical analyzes of the cheeses under study with respect to their pH decreased on the days of storage of 20 days ($p < 0.05$), the humidity decreased, the acidity increased during storage ($p < 0.05$). In the microbiological analyzes, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* and coliforms in the T1 treatment at 15 days of storage were outside the limit values established by the NTP 202.195: 2004, but in the T2, T3 and T4 treatments just recently at 20 and 25 days of storage they were outside the limits. It is concluded that cheeses with added sage essential oil have a longer shelf life.

Key words: Flavored cheese, essential oil, sage, shelf life, *Listeria monocytogenes*, total coliforms

1. Introducción

La contaminación de alimentos causa enfermedades, causando problemas de salud, mortalidad de las personas, también genera pérdidas en las industrias (Orberá, 2009). Se conoce que casi 1 de cada 10 personas se enferman cada año por ingerir alimentos contaminados y 420 000 mueren por estas enfermedades. Las regiones de África y Asia Sudoriental tienen la carga más alta de ETA (Organización Mundial de la Salud, 2016). En Perú, el 2014 se informó y estudió un total de 61 brotes de ETA y el III trimestre de 2015 se informó 27 brotes de ETA (52% menor a la de 2014) siendo el departamento de Lima que reporta el mayor número de brotes de ETA (Ministerio De Salud, 2015).

El queso es un producto de alto consumo a nivel mundial, y sus características nutricionales, de textura y sensoriales diferentes entre cada tipo. El queso fresco es un alimento susceptible a contaminación. Se encontró en quesos artesanales que el 21,4% de *L. monocytogenes* y 78,6% de otros microorganismos (*Enterococcus* spp. y *Bacillus* spp) representan un riesgo potencial (Espinoza, De la Torre, Salinas, & Sánchez, 2009). Esta bacteria no es tan común y habitual como otros patógenos transmitidos por alimentos, como *Salmonella* o *Escherichia coli*, pero sí es una de las más letales y adaptables que se encuentran en los alimentos (Chavarrías, 2014). Se sabe que la *Listeria monocytogenes* causa listeriosis, enfermedad transmitida a través de alimentos, estudio realizado por la OMS (2010) la *L. monocytogenes* causó una infección mundial a 23 150 personas, murieron 5 463, el 20,7 % de las personas enfermas fueron mujeres embarazadas (sector más afectados), otros grupos sensibles a las infecciones por esta bacteria fueron las personas inmunodeprimidas, ancianos y niños.

Chapa (2018), investigó la actividad antimicrobiana del aceite esencial de orégano sobre *Listeria monocytogenes* en queso fresco, evaluando la capacidad de inhibición microbiana, donde su capacidad de inhibición microbiana fue superior al efecto del sorbato de potasio, de aceptabilidad sensorial y sugieren la aplicación del aceite esencial para prevenir la contaminación por este patógeno y el deterioro del queso fresco por el crecimiento de este microorganismo.

Para conservar los alimentos, controlar e inhibir los microorganismos, se usan tratamientos térmicos, aunque existen microorganismos que resisten a altas temperaturas.

Actualmente se busca utilizar sustancias de origen natural que proporciona a los alimentos calidad sensorial y microbiológica, sustituyendo los aditivos químicos, causantes de enfermedades modernas (Ríos & Recio, 2009). Siendo los aceites esenciales compuestos fenólicos, antioxidantes, conocidos por su actividad antimicrobiana contra un amplio rango de bacterias, efecto que permite colapsar la membrana celular causando pérdidas de componentes vitales, así como analgésicos, antiespasmódicos, insecticidas, larvicidas, pesticidas y vermícidias (Duke, 2009).

Esta investigación contribuirá a mejorar la calidad e inocuidad del queso utilizando el aceite esencial como aditivo natural, contribuyendo al desarrollo industrial de la Industria quesera. Se investigó la capacidad inhibitoria que posee el aceite esencial de *Salvia* sobre la *L. monocytogenes* a diferentes concentraciones, utilizando como aditivo natural en la elaboración de queso aromatizado, buscándose una alternativa para la conservación de alimentos mediante el uso de aditivos naturales como los aceites esenciales. Siendo el objetivo general: Determinar los efectos de las contracciones del aceite esencial de salvia en las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso aromatizado envasadas al vacío durante su conservación de vida en anaquel y como objetivos específicos: a) Extraer el aceite esencial de la salvia por arrastre de vapor. b) Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso aromatizado. c) Determinar el rendimiento del flujograma del queso con diferentes concentraciones de aceite esencial de salvia envasadas al vacío. d) Determinar el efecto de las concentraciones del aceite esencial de salvia en las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso aromatizado envasadas al vacío en su conservación de vida en anaquel.

2. Materiales y Métodos

En esta investigación la unidad experimental fue la *Salvia* desecada al medio ambiente proveniente de los centros poblados de la provincia de Tarma, aprox., así como 30 litros de leche del centro poblado de Huayquin.

Los materiales y equipos utilizados fueron: Materiales de vidrio para el análisis fisicoquímico, químico y microbiológico. Destilador para la extracción del aceite esencial, Cromatografía a gases acoplada a Absorción

atómica, estufa desecadora, contadores de colonias, cabina de flujo laminar.

Los métodos para determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas de la materia prima y del queso aromatizado con aceite esencial de salvia fueron:

Análisis físico químico: Densidad, Acidez y pH: Método recomendado por AOAC (2000). Análisis químico del aceite esencial de Salvia: Se realizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, según Bilal Gurbuza, et. al. Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) cultivation studies under Ankara ecological conditions. Industrial Crops and Products 88 (2016) 12–16 (Laboratorios de LABICER de la UNI.). Análisis Microbiológico: Determinación de E. coli, Coliformes totales y listeria monocitogenas (ICMSF; 2000).

El procedimiento para obtener el aceite esencial por arrastre de vapor fue: Se recolecto la Salvia las primeras horas de la mañana, seleccionando las hojas de salvia, se eliminó hojas dañadas por plagas, por transporte y marchitas, se pesó 20 kg para la extracción del aceite esencial, se secó a temperatura ambiente por 10 días (Humedad de 12%), se extrajo por el método de arrastre de vapor, se envasó en frascos ámbar y almaceno a 5°C.

Procedimiento para la obtención del queso aromatizado con diferentes concentraciones de aceite esencial de salvia envasadas al vacío fue: Recepción y análisis de control de calidad de la leche, se pesó, filtro, se pasteurizo a 63°C por 30 min, se enfrió hasta 38°C adicionándose cloruro de calcio, se inoculo (adición del cuajo en relación a la leche ingresada), dejándose en reposo por 45 min, se realizó el corte, la agitación para acelerar la salida del suero, se desuerado, se lavó, se hizo un segundo batido, se dejó en reposo (Hasta que la cuajada sedimente), se adicionó la sal, hierbas aromáticas (Rocoto y Huactay) y el aceite esencial a 0,01%, 0.02%, 0.03% utilizando como emulsionante lecitina, se acomodó la cuajada en moldes para el prensado, se envaso al vacío y almacenó a 4 °C por 25 días.

Se aplicó el diseño en bloques completamente al azar, con el ANOVA del DBCA y las pruebas de medias de Tuckey (Nivel de confianza de 95 %) (Padron, 2007). La información fue procesada, mediante Microsoft Office Excel 2010 programa SPSS versión 22 y Minitab 18.



Figura 1. Diseño experimental del queso aromatizado con aceite esencial de salvia

Modelo Estadístico: (Padron, 2007)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j \quad j = 1, 2, \dots, b_j$$

3. Resultados

Análisis químico del aceite esencial por cromatografía a gases

Tabla 1. Principales componentes químicos del aceite esencial de salvia

Componentes químicos	Aceite esencial de salvia secada a medio ambiente (%)
Alpha-terpinynt acetate	6.50
Caryophyllene	43.73
Bicyclo(3.1.1)hept-2-ene	0
Alpha - Cubebene	5.80
Humelene	10.51
Trans-alpha.-Bergamote	8.69

Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite esencial de salvia

Análisis fisicoquímico	Aceite esencial de salvia secada a medio ambiente (%)
Índice de refracción (20°C)	1,495 ± 0.06
pH	6.47 ± 0.09
Índice de acidez (mg de KOH/1 g)	0.058% ± 0.11

Balance de materia y determinación del rendimiento del queso aromatizado con aceite esencial

Tabla 3. Balance de materia y determinación del rendimiento

Extracción de aceite esencial	Aceite esencial en seco
Cantidad (g)	20
Método de extracción	Arrastre por vapor
Agua para destilación (ml)	20
Hidrosol (ml)	6000
Líquido residual	13450
Aceite esencial	6.345
Rendimiento	0.124

Siendo el rendimiento del queso aromatizado, según la metodología explicada en materiales y métodos del 15%.

Resultados en análisis fisicoquímico de los tratamientos de quesos aromatizados con aceites esenciales en almacenamiento.

Tabla 4. pH de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia a diferentes concentraciones y días de almacenamiento.

		T1 Queso control	T2 0.01% AES	T3 0.02% AES	T4 0.03% AES
pH	0 días	6.46	6.1	6.0	6.1
	5 días	6.65	6.0	5.9	6.0
	10 días	6.73	5.5	5.5	5.72
	15 días	6.55	5.2	5.3	5.5
	20 días	6.21	4.9	5.0	5.0
	25 días	6.24	4.8	4.8	4.7

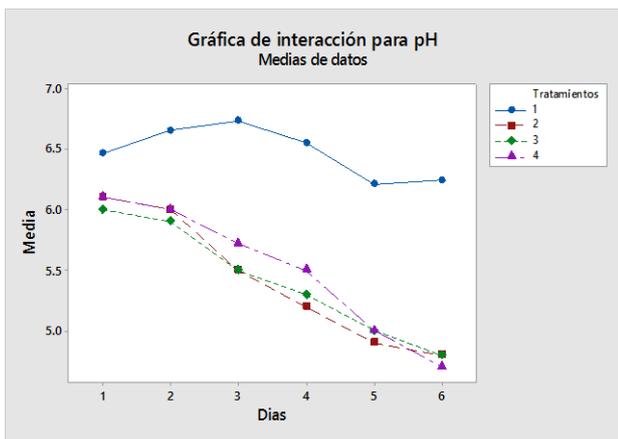


Figura 2. Medias de los tratamientos estimadas del pH, las líneas nos demuestran que a medida que pasa los días de almacenamiento el pH de los quesos aromatizados va disminuyendo.

Tabla 5: ANOVA de las concentraciones de aceite esencial de salvia y días de almacenamiento vs pH.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trata(s)	3	4.7835	1.59451	34.69	0.000
Días	5	3.7426	0.74851	16.29	0.000
Error	15	0.6894	0.04596		
Total	23	9.2154			

Como p valor (0,000) < 0,05. Se rechaza la Hipótesis planteada y se acepta la Hipótesis alterna. Hay evidencia estadística para decir que al menos uno de los tratamientos y de los días de almacenamiento de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia tienen diferencias significativas en pH.

Tabla 7. Comparación de medias en los tratamientos

Tratamientos	N	Media	Agrupación
1	6	6.47333	A
4	6	5.50333	B
2	6	5.41667	B
3	6	5.41667	B

Tabla 8. Comparación de medias en días de almacenamiento

Días	N	Media	Agrupación
1	4	6.1650	A
2	4	6.1375	A
3	4	5.8625	A B
4	4	5.6375	B C
5	4	5.2775	C D
6	4	5.1350	D

Tabla 9. Humedad de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia a diferentes concentraciones y días de almacenamiento.

		T1 Queso control	T2 0.01% AES	T3 0.02% AES	T4 0.03% AES
Humedad	0 días	69.93	65.93	64.83	65.33
	5 días	67.93	63.23	63.2	63.60
	10 días	66.93	57.19	58.36	57.16
	15 días	63.93	55.74	55.16	55.6
	20 días	42.69	53.4	54.60	54.67
	25 días	40.60	53.0	53.10	53.00

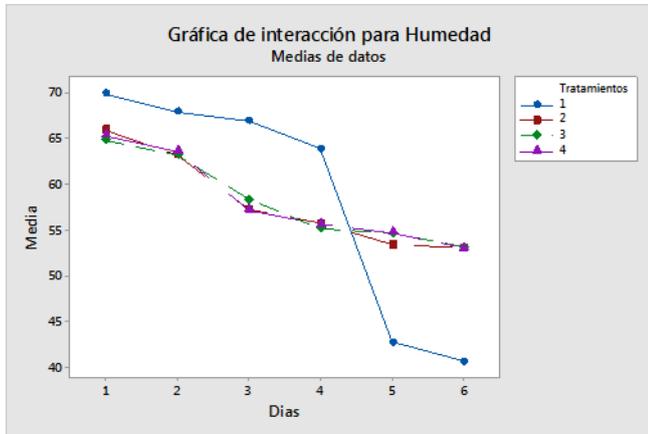


Figura 3. Medias de los tratamientos estimadas de la humedad, las líneas nos demuestran que a medida que pasa los días de almacenamiento la humedad de los quesos aromatizados va disminuyendo.

Tabla 10. Comparación de medias de los tratamientos

Tratamientos	N	Media	Agrupación
1	6	58.6683	A
4	6	58.2267	A
3	6	58.2083	A
2	6	58.0817	A

Tabla 11. Comparación de medias días de almacenamiento

Días	N	Media	Agrupación
1	4	66.5050	A
2	4	64.4900	A
3	4	59.9100	A B
4	4	57.6075	A B
5	4	51.3400	B
6	4	49.9250	B

Tabla 12. Acidez de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia a diferentes concentraciones y días de almacenamiento.

		T1 Queso control	T2 0.01% AES	T3 0.02% AES	T4 0.03% AES
Acidez	0 días	0.18	0.181	0.18	0.18
	5 días	0.20	0.27	0.25	0.27
	10 días	0.31	0.31	0.33	0.31
	15 días	0.42	0.35	0.32	0.3
	20 días	0.47	0.38	0.34	0.33
	25 días	0.47	0.38	0.34	0.33

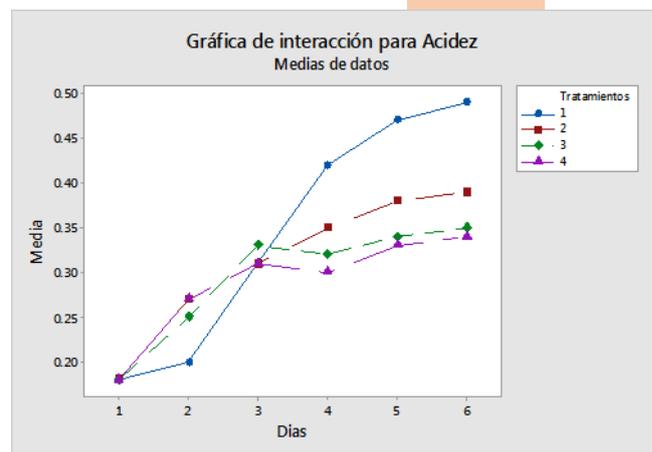


Figura 4. Medias de los tratamientos estimadas de la acidez, las líneas nos demuestran que a medida que pasa los días de almacenamiento la acidez de los quesos aromatizados va en aumento.

Tabla 13. ANOVA de la concentración de aceite esencial de salvia días de almacenamiento vs Acidez.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Trata(s)	3	0.01159	0.00386	2.18	0.133
Días	5	0.13551	0.02710	15.32	0.000
Error	15	0.02654	0.00176		
Total	23	0.17364			

Como p valor es (0,133) > 0,05. Referido a los tratamientos se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la hipótesis

alterna y con respecto a los días de almacenamiento se rechaza la Ho y acepta la Ha. Hay evidencia estadística para decir que los días de almacenamiento de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia no tiene diferencias significativas en la acidez.

Tabla 14. Comparación de medias de los tratamientos

Tratamientos	N	Media	Agrupación
1	6	0.345000	A
2	6	0.313500	A
3	6	0.295000	A
4	6	0.288333	A

Tabla 15. Comparación de medias días de almacenamiento

Días	N	Media	Agrupación
6	4	0.39250	A
5	4	0.38000	A
4	4	0.34750	A
3	4	0.31500	A B
2	4	0.24750	B C
1	4	0.18025	C

Resultados en análisis microbiológico de los tratamientos de quesos aromatizados con aceites esenciales en almacenamiento

Tabla 16. Listeria monocytogenes de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia a diferentes concentraciones y días de almacenamiento.

		T1 Queso control	T2 0.01% AES	T3 0.02% AES	T4 0.03% AES
Listeria monocytogenes	0 días	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	5 días	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	10 días	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	15 días	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	20 días	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	25 días	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia

Estos resultados muestran que la muestra control (T1) a los 15 días y T2, T3 y T4 a los 25 días de almacenamiento tienen presencia de Listeria monocytogenes estando fuera de los valores límite establecidos.

Tabla 17. Coliformes totales de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia a diferentes concentraciones y días de almacenamiento.

		T1 Queso control	T2 0.01% AES	T3 0.02% AES	T4 0.03% AES
Coliformes totales	0 días				
	5 días	10 ufc/g	10 ufc/g	10 ufc/g	10 ufc/g
	10 días	10 ufc/g	10 ufc/g	10 ufc/g	10 ufc/g
	15 días	500 ufc/g	1000 ufc/g	20 ufc/g	18 ufc/g
	20 días	1200 ufc/g	1000 ufc/g	1000 ufc/g	910 ufc/g
	25 días	1200 ufc/g	1000 ufc/g	1000 ufc/g	950 ufc/g

Estos resultados muestran que la muestra control (T1) a los 15 días y T2, T3 y T4 a los 20 días de almacenamiento están fuera de los valores límite establecidos por la NTP 202.195:2004.

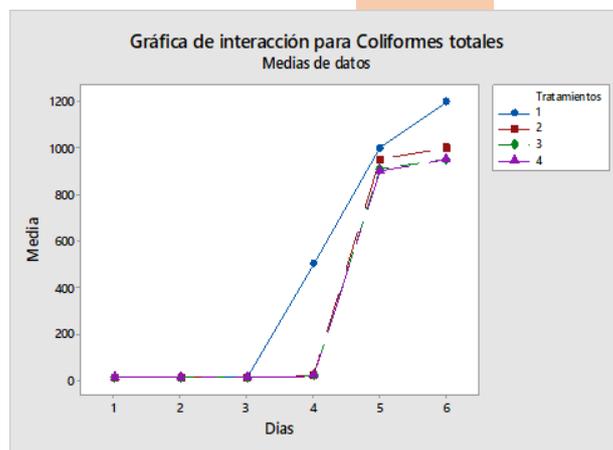


Figura 5. Medias para los tratamientos estimadas de los coliformes totales (UFC/gr), las líneas nos demuestran que a medida que pasa los días de almacenamiento este patógeno va aumentando.

Tabla 18. E.coli de los quesos aromatizados con aceite esencial de salvia a diferentes concentraciones y días de almacenamiento.

		T1 Queso control	T2 0.01% AES	T3 0.02% AES	T4 0.03% AES
E coli	0 días	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g
	5 días	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g
	10 días	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g
	15 días		40 ufc/g	<10 ufc/g	<10 ufc/g
	20 días		60 ufc/g	30 ufc/g	30 ufc/g
	25 días		60 ufc/g	35 ufc/g	33 ufc/g

Estos resultados muestran que la muestra control (T1) a los 15 días y T2, T3 y T4 a los 20 días de almacenamiento están fuera de los valores límite establecidos por la NTP 202.195:2004.

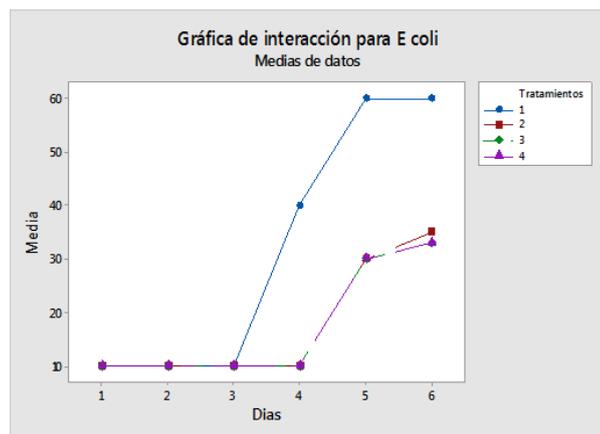


Figura 6. Medias de los tratamientos estimadas de la E. coli (UFC/g), las líneas nos demuestran que a medida que pasa los días de almacenamiento este patógeno va aumentando.

4. Discusiones

Referido a la caracterización química del aceite esencial por cromatografía de gases

En la tabla 1. se muestra los principales componentes del aceite de salvia (Saggittata Ruiz & Pav) desecada al medio ambiente, según los datos hallados en esta investigación se reporta 43.73% de Cariotileno, 6,50% de Alpha-terpinyt acetate, valor superior a lo hallado por (Alvarez Silguera, Ninahuana Jesús, & Sanchez Reyes, 2019), quienes reportan un valor de 10,79% de Cariotileno y 0,53% de Terpinen-4-ol, esto se debe a los parámetros aplicados

en el método de secado y la extracción del aceite esencial de la salvia. Así mismo en la tabla 1 muestra 10.51% de humelene en aceite esencial de salvia, compuesto que es mencionado por (Lopresti, 2017), y (Díaz, 2018) en sus investigaciones.

En la tabla 2, se muestra un índice de refracción de $1,495 \pm 0.06\%$, valor similar a lo reportado por (Alvarez Silguera, Ninahuana Jesús, & Sanchez Reyes, 2019) donde muestra un valor de 1.49 a 20°C , esto se debe a que la variable que afecta la medición del índice de refracción es la temperatura y este parametro es controlado en la experimentación, además ("Índice de Refracción", 2019) menciona que todas las sustancias grasas oscilan entre 1,460 y 1,500 a 15°C a 20°C .

El valor del pH del aceite esencial de salvia es $6,47 \pm 0.09$ este valor se podría comparar con el analisis de similares hojas de hierbas aromaticas como menciona (Valverde & Leonardo, 2019), donde reporta un valor de pH de 6,43 de aceite esencial de romero obtenidas de hojas secas por el método de arrastre de vapor.

El índice de acidez que tiene el aceite esencial de la salvia es de $0,058\% \pm 0.11$ en base al ácido predominante KOH. Valverde & Leonardo (2019) reporta un valor de 0,075% de acidez del aceite esencial de romero obtenida de hojas secas por el metodo de arrastre de vapor.

Referido al balance de materia y determinación del rendimiento del queso aromatizado con aceite esencial

En la tabla 3, se reporta un rendimiento del aceite esencial de salvia obtenida de hojas secas de de 0.124; este valor es similar a lo hallado por Cano (2007) donde afirma que rendimientos para aceites esenciales, tales como muña es de 0,19%. Sin embargo (Alvarez Silguera, Ninahuana Jesús, & Sanchez Reyes, 2019) obtienen un rendimiento de aceite esencial de 0.4039% en hojas secas de salvia, la diferencia del valor obtenido se debe a los factores tales como la especie, el clima, temperatura, tierra, fertilizantes, métodos aplicados en la extracción del aceite esencial y la forma del almacenamiento.

Referido a la caracterización fisicoquímico de los tratamientos de quesos aromatizados con aceites esenciales en almacenamiento

En la tabla 4, se muestra el comportamiento que tiene el pH, durante los 20 días de almacenamiento de acuerdo a

su concentración de aceite esencial que se adicionó dentro del envase al vacío, en la figura 2 se muestra como los valores del pH van disminuyendo a medida que pasa los días de almacenamiento ($p=0,00<0,05$), afirmando que existe al menos un tratamiento y los días de almacenamiento diferencia significativa. Se observa que los tratamientos con mayor adición de aceite esencial de salvia T3 (0,02% de aceite esencial de salvia), y T4 (0,03% de aceite esencial de salvia), presentan menor pH a los 25 días respectivamente. Los valores del pH de los quesos estuvieron en un rango de 4,89 a 6,73, durante los 20 días de almacenamiento, mostrando que en esos días el valor del pH no se encontraba dentro de las normas aceptadas según el Codex Alimentarius, ocasionando cambios fisicoquímicos y organolépticos. El pH es un factor importante para la determinación de la calidad del queso, (Ramírez & Vélez, 2019) menciona que un valor de pH cercano al punto isoelectrico provoca fuerzas iónicas e hidrofóbicas, formando una red de caseína más compacta, parecida a los quesos duros, y aun pH más alto las caseínas presentan carga negativa, generando un queso de mayor humedad, más elástico y menos compacto. Los aceites esenciales ayudan a mantener ese equilibrio del pH, evitando que su desenso sea más rápido.

La humedad es otro factor importante en la determinación de la calidad, como se muestra en la figura 3, el % de humedad va disminuyendo de acuerdo pasan los días del almacenamiento, pero se observa que el tratamiento control tiene más pérdida de humedad en comparación a los tratamientos que si contienen aceites esenciales, esto se debe a que el aceite presenta mayor retención de agua en comparación al tratamiento control (Del Cid ;2019).

La acidez es otro parametro de calidad que debe presentar el queso para que sus características organolépticas tengan aceptabilidad, en la figura 4 se muestra como el valor de la acidez se incrementa durante su almacenamiento, con más facilidad el tratamiento control a comparación de los tratamientos que si contienen aceite esencial de salvia. En la tabla 12 se muestra que los valores de la acidez son mayores en los tratamientos 1 y 2, correspondientes a los 20 y 25 días, esto debido al principio de actividad antimicrobiano que evita la presencia de microorganismos que alteran la acidez del queso, los valores de la acidez hallados a los 25 días de almacenamiento fueron de 0,33 a 0,47; valores que se encuentran en

similitud a lo reportado por (Mera, 2003), acidez de queso fresco aromatizado de 0,34%, 0,32% y 0,14%, Del mismo modo, INDECOPI (1999), indica 0,65% como máximo de acidez para el queso fresco.

Referido a la caracterización microbiológica de los tratamientos de quesos aromatizados con aceites esenciales en almacenamiento

En la tabla 16, se muestra el comportamiento que tiene la *Listeria monocytogenes* en los quesos aromatizados. Estos valores hallados muestran la presencia de esta bacteria a los 15 días en el tratamiento 1 (sin adición de aceite esencial) y en los tratamientos 2, 3 y 4 (con 0,01%, 0,02% y 0,03% de aceite esencial de salvia) tienen presencia de esta bacteria a partir de los 25 días de almacenamiento, encontrándose fuera de los valores límite establecidos por la NTP 202.195:2004, siendo un producto no apto para el consumo a estos días de almacenamiento. Por lo que se puede concluir que el tiempo de vida útil de los quesos fue mayor en los tres tratamientos con aceite de salvia, esto debido a su conservante natural del aceite esencial de salvia, principalmente al Cariofileno α - β -Cariofileno que es un sesquiterpeno bicíclico natural y sus otros componentes como Humelene, Trans- α -Bergamote, Alpha-terpinyl acetate, Alpha - Cubebene, que tiene propiedades como antiagregante, antioxidantes, bactericida, antifúngicas, antisépticas, antivirales, herbicidas, pesticidas, insecticidas y aromatizantes (Huerta 2007). Concluyendo que los quesos de estudio presentan mejores condiciones microbianas y mayor tiempo de vida útil cuando tiene el aceite esencial de la salvia como conservante. Espinoza et al. (2009) reporta que encontró *L. monocytogenes* en quesos frescos de producción artesanal, representando un riesgo potencial para la población consumidora. También indica que esta bacteria es un patógeno de origen alimentario, resiste diversas condiciones ambientales (pH bajo, altas concentraciones de sal y tiene la capacidad de sobrevivir a temperaturas de refrigeración 2-4 °C), su presencia es debido a tratamientos insatisfactorios de pasteurización, siendo una amenaza a la seguridad de la industria alimentaria.

En la tabla 17, se muestran el comportamiento que tiene los coliformes totales en los quesos aromatizados. Estos valores hallados indican que los coliformes están fuera de sus valores límite establecidos por la NTP 202.195:2004 a los 15 días en el tratamiento 1 (sin adición de aceite esencial) y en los tratamientos 2, 3 y 4 (con 0,01%, 0,02% y 0,03% de

aceite esencial de salvia) recién a partir de los 25 días de almacenamiento, encontrándose no apto para el consumo humano. Se concluye que el tiempo de vida útil de los quesos fue mayor en los tres tratamientos esto debido a la adición de aceite esencial como agente antimicrobiano.

En la tabla 18, se muestran el comportamiento que tiene la bacteria de *E. coli* en los quesos aromatizados. Estos valores hallados indican que esta bacteria está fuera de sus valores límite establecidos por la NTP 202.195:2004 a los 15 días en el tratamiento 1 (sin adición de aceite esencial) y en los tratamientos 2, 3 y 4 (con 0,01%, 0,02% y 0,03% de aceite esencial de salvia) recién a partir de los 25 días de almacenamiento, encontrándose no apto para el consumo humano. Se concluye que el tiempo de vida útil de los quesos fue mayor en los tres tratamientos esto debido a la adición de aceite esencial como agente antimicrobiano.

Agradecimientos: Se agradece a los Laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNCP.

Contribución de los autores: Carhuallaqui Avila realizó el diseño del proyecto y parte experimental. Flores Ricaldi y Terrel Rivas realizaron la parte experimental. Carhuallaqui y De la Cruz Calderón realizaron la redacción final del trabajo. Todos los autores revisaron el manuscrito.

Conflictos de interés: Los autores declaramos no tener conflictos de interés.

5. Referencias bibliográficas

- A.O.A.C. (1994). "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists", 15th ed., Ed. William Horwitz. Gaithersburg.
- A.O.A.C. (2000). "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists", "17th ed., Ed. William Horwitz. Gaithersburg".
- Alais Ch. (2003). Ciencia de la Leche. Principio de Técnica Lechera. Cuarta edición. Editorial Reverte. S.A. Barcelona, España.
- Chavarrías, M. (4 de Diciembre de 2014). CAFETA INFORMA. Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/cafetainforma/2014/12/12/carga-mundial-de-listeriosis-en-el-mundo/>
- Cano C. 2007. Actividad antimicótica in vitro y elucidación estructural del aceite esencial de las hojas de *Mintostachis mollis* "muña". Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. Págs. 20-60.
- Chapa, Vasquez, B. (2018). *Orégano (Origanum vulgare L.) sobre Listeria monocytogenes en queso fresco*, 51. Retrieved from http://200.121.170.218/bitstream/handle/UNTRM/1354/BRENDA_CHAPA_VÁSQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Cid, A. (2019). Retrieved 8 September 2019, from <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8274/1/TRABAJO%20GRADUACION.pdf>
- Duke, J. A. (2009). Handbook of Medicinal Herbs (2 ed.). USA: CRC Press. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=B_XLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+Handbook+of+Medicinal+Herbs&ots=iMyNFZ_49D&sig=Y9qtxdfQE7ZsjRPiUEAuPRbdS-k#v=onepage&q=Handbook%20of%20Medicinal%20Herbs&f=false
- Espinoza, A., De la Torre, M., Salinas, M., & Sánchez, V. (2009). *Determinación de Listeria monocytogenes en quesos frescos de producción artesanal que se expenden en los mercados del distrito de Ica, enero - marzo 2003*. Scielo, 21(2), 1-2. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342004000200003&script=sci_arttext&tlng=en#tab01
- Estibaliz, M., Y López, M. (2008). *Estimación de la incidencia de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en Colombia en la década 1996-2006*. Tesis de Pregrado En Microbiología Industrial. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá DC, 148 p.
- FAO/OMS. (2008). Normas alimentarias. Comité del Codex sobre aditivos alimentarios. Obtenido de: http://www.fao.org/tempref/codex/reports/alinorm08/al31_12s.pdf.
- Huerta, B. (2008). Aceites esenciales en el control de las patologías aviares http://www.wpsaaeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1177323612a.pdf
- INDECOPI. 1999. Norma técnica peruana. 202, 087. Lima-Perú. p 1- 5.

- Indice de Refracción. (2019). Retrieved 8 September 2019, from <http://docencia.udea.edu.co/qf/grasas/refraccion.html>
- Kopper, G., Calderón, G., Schneider, S., Domínguez, W., Gutiérrez, G., Rosell, C., Y Mejía, D. (2009). *Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico*. Estudio de Caso En Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras Y Nicaragua. Informe Técnico Sobre Ingeniería Agrícola Y Alimentaria, 13–39.
- Lawless, H. and Heymann, H. (2010) “*Sensory Evaluation of Food Science Principles and Practices*”. Chapter 1, 2nd Edition, Ithaca, New York.
- Mera, V. (2003). Retrieved 4 November 2019, from <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/218/FIA-139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Salud. (2015). Datos estadísticos del Perú. MINISTERIO DE SALUD. (23-29 de Agosto de 2015). 24(34). Obtenido de <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2015/34.pdf>
- Orberá, T. (2004). Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Cubana de Salud Pública*, 30(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662004000300016.
- Orberá, T. (Septiembre de 2009). Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Cubana de Salud Pública*, 30(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662004000300016
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de <http://www.who.int/foodsafety/es/>
- Padrón E. (2007). Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería: Trillas. Mexico.
- Ramírez, C., & Vélez, J. (2019). Retrieved 8 September 2019, from <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Ramirez-Lopez-et-al-2012.pdf>
- Ríos, J. L., & Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 80-84. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.025>.
- Ríos, J. L., & Recio, M. C. (2009). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 80-84. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.025>
- Ruiz, C., & Díaz, C., & Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81 (2), 81-94.
- Sánchez, F. (2006). *Extracción de aceites esenciales*. II Segundo Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. pp.4-7.
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (sf). SENA. Recuperado el 28 de Noviembre de 2016, de http://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/1144/1/ACEITES_ESENCIALES_EXTRAIDOS_DE_PLANTAS_MEDICINALES_Y_AROMATICAS.pdf.
- Valverde, Y., & Leonardo, J. (2019). Descripción: Extracción y caracterización del aceite esencial del romero (*rosmarinus officinalis*) por el método de arrastre de vapor obtenida en estado fresco y secado convencional. Retrieved 8 September 2019, from https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_afe6459679892a33156b5c471b8ad8ba/Description#abnav.
- ICMSF. (2000). Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos. Principios y aplicaciones específicas. University of Toronto Press.

Estudio de componentes bioactivos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en el secado asistido por infrarrojo

"Study of bioactive components of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) in infrared assisted drying"

Ramos Gómez, J⁽¹⁾, Peña Rivera, A⁽¹⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú

E-Mail: jramos@uncp.edu.pe. / aopenia@uncp.edu.pe.

Resumen: Los laboratorios de Ingeniería de Alimentos y Calidad total de la FAIA, fueron utilizados para la ejecución de la investigación donde se utilizó quinua variedad Amarillo Marangani. El experimento se condujo haciendo uso de un DCA con arreglo factorial 32. Los factores principales fueron temperatura de secado (30 °C, 40 °C y 50 °C), y potencia de los rayos infrarrojos (0; 250 y 500 Watts). Los datos recogidos fueron el contenido de fenólicos totales, de betalaínas y la capacidad antioxidante. Los resultados muestran que cuanto mayor es la temperatura de secado y la potencia de la radiación infrarroja, se genera un mayor deterioro del contenido de fenólicos totales, betalaínas y de capacidad antioxidante. El tratamiento de 500 Watts x 50 °C, genera un contenido de 78,84 mg AGE/100 g m.s. de compuestos fenólicos, mientras 500 Watts x 30 °C; 57,785 mg AGE/100 g m.s., en betalaínas los tratamientos con 500 Watts x 50 °C y 250 Watts x 30 °C, genera 0,18 mg/100 g m.s., y los tratamientos de 0 Watts x 40° C y 0 Watts x 50° C, alcanzar valores de 0,165 mg/100 g m.s. El tratamiento que mejor conserva la actividad antioxidante de los granos de quinua es de 500 Watts x 50 °C con 1052,67 µg Trólox/g m.s., y el peor utilizando 500 Watts x 30 °C con 925,98 µg Trólox/g m.s.

Palabras clave: Quinoa secado, secado infrarrojo, quinua fenólicos totales, quinua capacidad antioxidante, quinua betalainas

Abstract: The Food Engineering and Total Quality laboratories of FAIA were used for the execution of the research where the yellow Marangani variety was used. The experiment was conducted using a DCA with factorial arrangement 32. The main factors were drying temperature (30 °C, 40 °C and 50 °C), and power of the infrared rays (0, 250 and 500 Watts). The data collected were the content of total phenolics, betalains and antioxidant capacity. The results show that the higher the drying temperature and the power of the infrared radiation, the greater deterioration of the content of total phenolics, betalains and antioxidant capacity is generated. The treatment of 500 Watts x 50° C, generates a content of 78.84 mg AGE / 100 g m.s. of phenolic compounds, while 500 Watts x 30 °C; 57,785 mg AGE / 100 g ms, in betalains treatments with 500 Watts x 50° C and 250 Watts x 30° C, generates 0.18 mg / 100 g ms, and treatments of 0 Watts x 40° C and 0 Watts x 50° C, reach values of 0.165 mg / 100 g ms The treatment that best preserves the antioxidant activity of quinoa grains is 500 Watts x 50° C with 1052.67 µg Trólox / g m.s., and the worst using 500 Watts x 30° C with 925.98 µg Trólox / g m.s.

Key words: Quinoa drying, total phenolic quinoa, quinoa antioxidant capacity, quinoa betalains

1. Introducción

La quinua, a partir del año 2013, ha incrementado los volúmenes de exportación anual, especialmente en aquellas variedades que luego del tratamiento de lavado tornan a un color blanco. Ahora la quinua en el mundo es utilizado como un alimento base, utilizado para la preparación de ensaladas, panes, pasteles, batidos para el desayuno o para entremeses, cremas y sopas, donde el sello de alimento saludable es fundamental.

Sin embargo, las saponinas normalmente presentes en las semillas de quinua, es eliminado con lavados haciendo uso de agua hasta que la presencia de este sea imperceptible en el producto. El uso de secador con temperatura controlada de deshidratación, es el método más utilizado, sin embargo, dependiendo del nivel de temperatura utilizada, se requiere de tiempos prolongados, que se ve traducido en altos costos de producción por el uso de energía involucrado. El uso de rayos infrarrojos lejanos, en el secado de alimentos, fueron investigados con resultados satisfactorios. Esto nos motivó a desarrollar la presente investigación

En la práctica del secado, intervienen las temperaturas de bulbo seco (THS) y bulbo húmedo (TBH). La TBH es la temperatura de equilibrio dinámico obtenido por una superficie de agua cuando la velocidad de transferencia de calor por convección a la misma, es igual a la transferencia de masa que se aleja a la superficie. Otro de los factores vitales a considerar es la humedad relativa del aire (HR), a medida que se incrementa la temperatura del aire disminuye la HR, con lo que aumenta la capacidad de absorción de vapor de agua (Perry, 1984). En quinua lavada, la humedad al inicio del secado oscila entre 29 % a 34 %; y debe ser llevado a niveles menores al 13 % (Soria, Marcial y Peñaloza, 1990), con el fin de evitar fermentaciones, germinaciones y ataques microbianos que reduzcan la calidad. Miranda, *et al.* (2010), secaron quinua a diferentes temperaturas, los resultados fueron que la operación de secado conduce a reducciones de 10% en proteínas, 12% en grasa y 27% en fibras y cenizas. La pérdida de proteína podría deberse a desnaturalización o cambios en la solubilidad durante el secado, o a la liberación de aminoácidos de las proteínas después de la desnaturalización que podría reaccionar con otros compuestos químicos, como los azúcares, para producir melanoidinas a través de la reacción de Maillard. Cerrón

(2014), utilizando temperatura media de aire $17^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ en el secado (temperatura ambiente del aire), requirió en promedio de 7,25 h. Mientras que usando 30°C de temperatura del aire el tiempo de secado fue de 5,75 a 6,0 h, y con aire a 50°C solo utilizó 4,00 h.

Espinoza (2011), secó murtila haciendo uso de aire caliente asistido por infrarrojo. Con aire a 40°C ; 50°C y 60°C , los tiempos fueron de 700; 370 y 265 min; mientras que con 0; 400 y 800 W los tiempos fueron de 880; 315 y 140 min respectivamente. Para el tratamiento óptimo $800\text{ W} \times 60^{\circ}\text{C}$, el tiempo se redujo a 90 min. Pitchaporn, Siriamornpun y Meeso (2011), secaron hojas de té, sometiéndolo a dos métodos de secado diferentes, aire caliente y FIR-HA, en el segundo caso el tiempo de secado fue de 60min.

El contenido inicial de compuestos fenólicos totales (CFT) determinado por Vidaurre, Dias, Medoza y Solano (2017), fue de 142,3 mg AGE/100 g m.s. en la variedad Negra Collana y de 108,9 mg EAG/ 100 g m.s. para Pasankalla. Durante el lavado estos valores se redujeron a casi el 50 %, manteniéndose casi igual luego de secado, pero reduciéndose a un 30 % del contenido inicial una vez cocidos. Estos mismos investigadores para betalinas en Negra Collana determinan 0,14 mg betalina/100 g m.s. en el grano inicial, 0,145 en grano lavado, 0,17 luego de secado y 0,05 para grano cocido. Para Pasankalla, estos valores son 0,10; 0,11; 0,13 y 0,04 respectivamente. Repo y Encina. (2008), determinaron un contenido de 92,82 mg AGE/100 g m.s. de compuestos fenólicos para la variedad Klello, con un margen de 35 a 139 mg AGE/100 g m.s. para diversas variedades de quinua. También da cuenta de 1364,85 μg Trólox/g m.s. de capacidad antioxidante para la variedad Klello, con un rango de 91,45 a 2400 para diversas variedades de quinua. Padrón, Oropesa y Montes (2014), reportan que los contenidos de compuestos bioactivos como glucósidos de flavonoides fueron significativamente mayores en tierras altas; concluyendo que el contenido de estos compuestos puede ser regulado genotípicamente en la quinua.

2. Materiales y métodos

Lugar de ejecución

Las determinaciones analíticas requeridas se efectuaron en el laboratorio de Calidad, mientras la parte experimental de la investigación, se desarrolló, en el laboratorio de

Ingeniería de Alimentos, ambos pertenecientes a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. La ejecución de la investigación se efectuó a partir de junio 2018 a junio 2019.

Materia prima

Para la conducción del experimento se utilizó granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la variedad Amarilla de Maranganí, adquirida de INIA Los Andenes del Cusco.

Procedimiento

Para el desamargado de la semilla, se inició con un remojo previo de la quinua variedad Amarilla Maranganí, por tiempo de 20 minutos haciendo uso de 1 parte de quinua con 3 partes de agua, a temperatura ambiente ($17^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$). Esta es la temperatura usualmente usada por los empresarios dedicados al procesamiento de la quinua, porque no se necesita de energía adicional para el calentamiento del agua, procedimiento sugerido por Borda y Gamarra (2002). Diversos investigadores, como Cerrón (2013), indican que el desamargado de quinua más efectivo se realiza mediante el lavado de los granos. Basado en estos resultados, se realizó el lavado de la semilla de quinua, utilizando el equipo de desaponificación de quinua del Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Haciendo uso de 1 parte de quinua y 3 partes de agua para el lavado, con caudal de 30 L/min, y por un tiempo de 5 minutos. Seguido de dos enjuagues adicionales, con la misma relación quinua/agua, y los mismos tiempos y caudal de agua, esto debido a que esta variedad de quinua es considerada como amarga, posee un nivel de saponina que bordea el 1 %. Indica además que el desamargado de quinua más efectivo se realiza mediante el lavado de los granos. Basado en estos resultados, se realizó el lavado de la semilla de quinua, utilizando el equipo de desaponificación de quinua del Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Haciendo uso de 1 parte de quinua y 3 partes de agua para el lavado, con caudal de 30 L/min, y por un tiempo de 5 minutos. Seguido de dos enjuagues adicionales, con la misma relación quinua/agua, y los mismos tiempos y caudal de agua, esto debido a que esta variedad de quinua es considerada como amarga, posee un nivel de saponina que bordea el 1 %.

Finalizado las operaciones de lavado y enjuagado, se procedió con la verificación del contenido remanente de saponina en las semillas de quinua, para el que se utilizó el

método rápido. Para todos los tratamientos utilizados el contenido remanente de saponina fue cercano a cero.

El cargado de la quinua lavada (desamargada), se efectuó utilizando bandejas de secado de fondo perforado (malla inferior), acondicionada previamente haciendo uso de una tela porosa para evitar la salida de los granos por la malla de la bandeja que tiene un diámetro superior a 3 mm. Las bandejas fueron luego cargadas al secador, donde se procedió con la deshidratación respectiva, utilizando los parámetros determinados en el diseño experimental

Diseño estadístico

Para la ejecución del proceso experimental se usó el diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 3×3 , explicado por el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

- μ : Media general
- Y_{ijk} : Contenido de fenoles totales, betalainas y capacidad antioxidante después del secado.
- A_i : Temperatura de secado (30°C ; 40°C y 50°C)
- B_j : Potencia de rayos infrarrojos durante el secado (0; 250 y 500 Watts)
- $(AB)_{ij}$: Interacción de los diferentes niveles de los factores principales temperatura de secado (A) y potencia de rayos infrarrojos (B) utilizados en el experimento.
- e_{ijk} : Error experimental.

3. Resultados

El contenido inicial de compuestos fenólicos en los granos de quinua variedad Amarilla de Maranganí fue de 125,44 mg EGA/100 g m.s. Los resultados alcanzados, una vez secado aplicando los tratamientos son mostrados en la tabla 1.

Tabla 1: Contenido de fenólicos totales luego de las corridas experimentales (mg EGA/100 g m.s.)

Radiación infrarroja (Watts)	Temperatura de secado			Prom.
	30° C	40° C	50° C	
0,00	66,40	71,60	77,10	71,86
	67,10	72,08	76,89	
250	62,13	67,42	75,46	68,51
	62,45	67,58	76,03	
500	57,54	65,42	78,56	67,40
	58,03	65,71	79,12	
Promedio	62,28	68,30	77,19	

La figura 1, construida en base a los datos que aparecen en la tabla 1, muestra el efecto de la radiación infrarroja en el contenido final de fenólicos totales, mientras la figura 2 muestra el efecto de la temperatura del aire de secado en el contenido final de fenólicos totales.

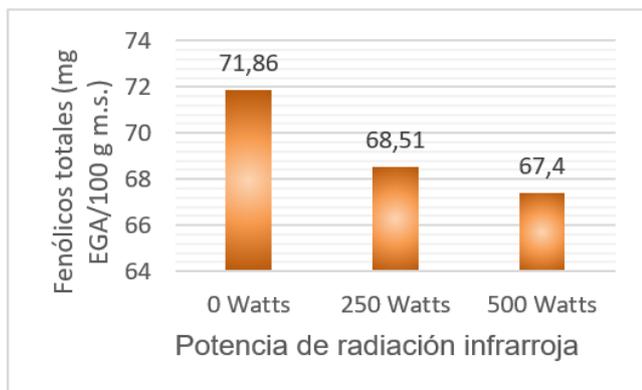


Figura 1: Contenido de compuestos fenólicos en función de la potencia de radiación infrarroja

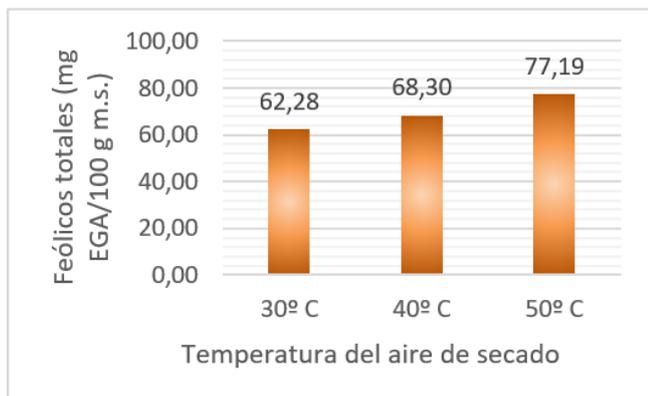


Figura 2: Contenido de compuestos fenólicos en función de la temperatura del aire de secado

La figura 3, evidencia de manera gráfica los efectos generados por cada uno de los tratamientos aplicados durante el secado de quinua.

La tabla 2 muestra que existe diferencia significativa entre los promedios generados por cada uno de los tres niveles del factor radiación infrarroja, este mismo resultado se tiene para los tres niveles del factor temperatura del aire de secado y para cada uno de los nueve tratamientos utilizados en la conducción de la investigación.



Figura 3: Compuestos fenólicos remanentes luego de aplicado cada tratamiento

Tabla 2: Análisis de varianza para el contenido de compuestos fenólicos

F.V.	SC	GL	C.M	F calc	Probabilidad	F tabular
R.						
Infrarroja	64,80	2	32,40	314,38	4.71 E-09	4,256
T. secado	675,88	2	337,94	3278,84	1.31 E-13	4,256
Interacción	66,57	4	16,64	161,47	2.27 E-08	3,633
Error	0,93	9	0,103			
Total	808,18	17				

La capacidad antioxidante mostrada por los granos de quinua variedad Amarilla de Maranganí antes de someterse a los tratamientos previstos es de 1567,95 µg Trólox /g m.s.

La tabla 3 muestra la capacidad antioxidante de los granos de quinua luego de cada corrida experimental ($\mu\text{g Trólox /g m.s.}$).

La figura 4 muestra la capacidad antioxidante en función de la potencia de radiación infrarroja, mientras la figura 5 la capacidad antioxidante en función de la temperatura del aire de secado.

En la tabla 4 se resume los resultados del análisis de varianza para capacidad antioxidante.

La figura 6 muestra la capacidad antioxidante de la quinua luego que se aplicó los tratamientos de diseño.

Tabla 3: Capacidad antioxidante de los granos de quinua luego de cada corrida experimental ($\mu\text{g Trólox /g m.s.}$)

Radiación infrarroja (Watts)	Temperatura de secado			Prom
	30° C	40° C	50° C	
0,00	985,42	998,46	1012,14	998,86
	985,66	999,21	1012,25	
250	954,60	1014,60	1035,67	1001,86
	955,10	1015,12	1036,08	
500	925,89	1026,42	1052,48	1001,87
	926,08	1027,51	1052,86	
Promedio	955,46	1013,55	1033,58	

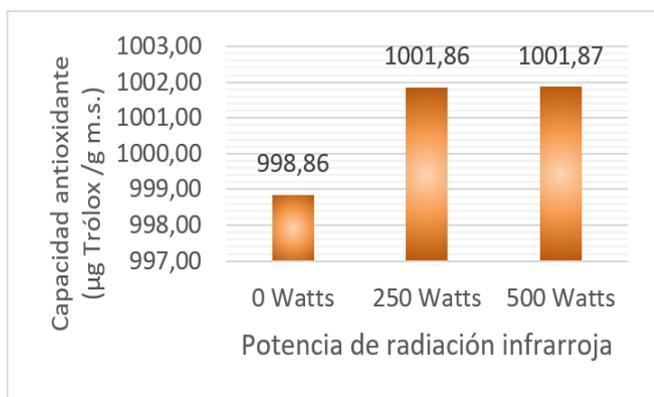


Figura 4: Capacidad antioxidante en función de la potencia de radiación infrarroja

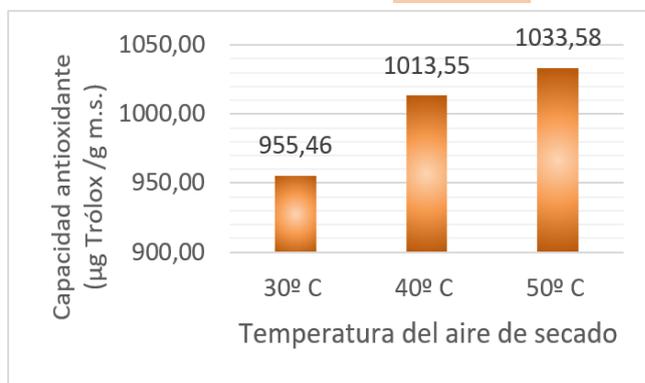


Figura 5: Capacidad antioxidante en función de la temperatura del aire de secado

Tabla 4: Análisis de varianza para capacidad antioxidante

F.V.	SC	GL	C.M	F calc	Probabilidad	F tabular
R. Infrarroja	36,26	2	18,13	121,35	3,09 E-07	4,26
T. secado	19758,18	2	9879,1	66122,7	1,77 E-19	4,26
Interacc	5962,10	4	1490,5	9976,36	2,13 E-16	3,63
Error	1,34	9	0,15			
Total	25757,88	17				



Figura 6: Capacidad antioxidante de quinua luego de aplicado cada tratamiento

El contenido de betalainas, compuesto principalmente por betaxantinas y betacianidinas, en los granos de quinua variedad Amarilla de Maranganí es de 0,16 mg/100 g m.s. La tabla 5 muestra el contenido de betalainas de los granos de quinua luego de cada experimento (mg betalainas/100 g

m.s.). La figura 7 el contenido de betalainas en función de la potencia de radiación infrarroja y la figura 8 en función de la temperatura del aire de secado. Mientras la tabla 6 el análisis de varianza para contenido de betalainas.

Tabla 5: Contenido de betalainas de los granos de quinua luego de cada corrida experimental (mg betalainas/100 g m.s.)

Radiación infrarroja (Watts)	Temperatura de secado			Prom.
	30° C	40° C	50° C	
0,00	0,17	0,16	0,17	0,167
	0,17	0,17	0,16	
250	0,18	0,18	0,17	0,175
	0,18	0,17	0,17	
500	0,18	0,17	0,18	0,177
	0,17	0,18	0,18	
Promedio	0,175	0,172	0,172	

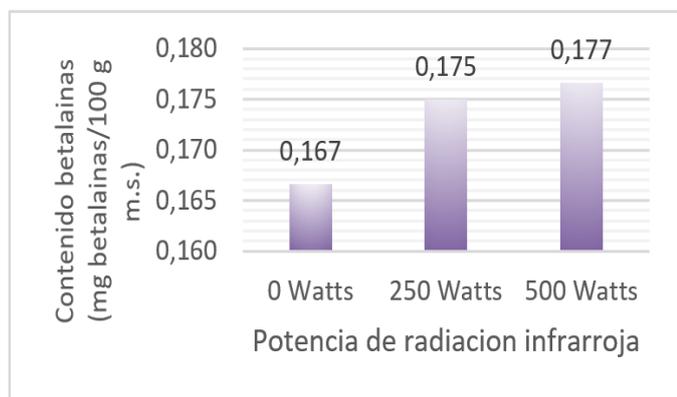


Figura 7: Contenido de betalainas en función de la potencia de radiación infrarroja

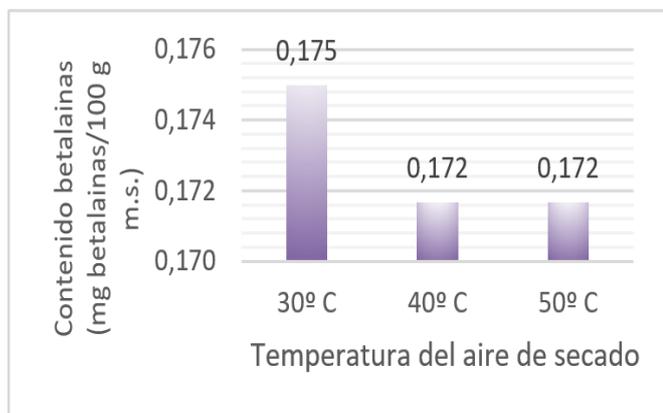


Figura 8: Contenido de betalainas en función de la temperatura del aire de secado



Figura 9: Contenido de betalainas en los granos de quinua luego de aplicado cada tratamiento

4. Discusión

El contenido inicial de compuestos fenólicos en los granos de quinua variedad Amarilla de Maranganí es de 125,44 mg EGA/100 g m.s., ligeramente menor al reportado por Vidaurre et al. (2017), de 142,3 mg AGE/100 g m.s. para Negra Collana y mayor al reportado por este mismo investigador para la variedad Pasankalla 108,9 mg AGE/100 g m.s., el valor determinado se encuentra dentro de lo reportado por Repo y Encina (2008), 35 a 139,3 mg AGE/100 g m.s. y ligeramente mayor al determinado por estos investigadores para la variedad Klello 92,82 mg AGE/100 g m.s. El mayor contenido de compuestos fenólicos 125,44 mg EGA/100 g m.s. en los granos de amarilla de Maranganí, en relación a las variedades Negra Collana y Pasankalla, podría deberse a las condiciones genéticas de esta y a las condiciones de estreses que las plantas podrían haber soportado en la etapa de siembra, tal como lo sostiene Padrón et al. (2014), que referencia mayores contenidos de compuestos bioactivos para quinua sembrada en zonas más altas.

Tabla 6: Análisis de varianza para contenido de betalaínas

F.V.	SC	GL	C.M	F calc	Probabilidad	F tabular
R. Infrarr	0,0004	2	0,00027	6,2	0,020	4,26
T. secado	4,4 E-5	2	2,22 E-05	0,8	0,479	4,26
Interacc	0,0001	4	3,06 E-05	1,1	0,413	3,63
Error	0,0003	9	2,78 E-05			
Total	0,00076	17				

Por otra parte, en función de la información resumida en la tabla 1, luego del secado de quinua variedad Amarilla de Maranganí con aire a 50° C sin intervención de radiación infrarroja se alcanzó el contenido promedio de 77,19 mg AGE/100 g m.s., que representa el 61,53 % del contenido inicial. Cuando fueron secados con aire caliente de 30° C y 40° C, los valores promedio determinados fueron de 62,28 y 68,30, que representan el 49,64 y el 54,45 % del contenido inicial de compuestos fenólicos.

De la tabla 1, se evidencia también que un incremento en la potencia de la radiación infrarroja, presenta un ligero decremento en el contenido final de compuestos fenólicos 71,86 mg AGE/100 g m.s, para 0 Watts, 68,51 mg AGE/100 g m.s para 250 Watts y finalmente 67,40 mg AGE/100 g m.s. para 500 Watts. La figura 1 evidencia este hecho de forma más clara. La figura 2 evidencia como a mayor temperatura del aire de secado el contenido final de compuestos fenólicos se conserva mejor (62,28 mg AGE/100 g m.s para 30° C; 68,30 mg AGE/100 g m.s. para 40° C y 77,19 mg AGE/100 g m.s., para 50° C. Esta tendencia es debida fundamentalmente al hecho que a mayor temperatura del aire de secado el tiempo para alcanzar la humedad de equilibrio es menor, este menor tiempo de exposición de los granos de quinua permiten conservar un mayor contenido de compuestos fenólicos al final de la operación.

La figura 1, construida en base a los datos que aparecen en la tabla 1, muestra el efecto de la radiación infrarroja en el contenido final de fenólicos totales. En ella se verifica que mientras mayor es la potencia de la radiación infrarroja, menor es el contenido final de fenólicos totales. Claramente indica que una mayor potencia de los rayos infrarrojos genera un mayor daño en el contenido de este componente. La figura 2 muestra el efecto de la temperatura del aire de secado en el contenido final de fenólicos totales. Se evidencia que a mayor temperatura de secado una mayor proporción de este componente se conserva.

La figura 3, evidencia de manera gráfica que el tratamiento con la combinación de 500 Watts de potencia de rayos infrarrojos con 50° C de temperatura en el aire de secado, conservan mejor los compuestos fenólicos (78,84 mg AGE/100 g m.s) y que el menor contenido de fenólicos se alcanza al utilizar 500 Watts con 30° C.

La tabla 2 muestra que existe diferencia significativa entre los promedios generados por cada uno de los tres niveles del factor radiación infrarroja, este mismo resultado se tiene para los tres niveles del factor temperatura del aire de secado y para cada uno de los nueve tratamientos utilizados en la conducción de la investigación.

La capacidad antioxidante mostrada por los granos de quinua variedad Amarilla de Maranganí antes de someterse a los tratamientos previstos es de 1567,95 µg Trólox /g m.s. valor superior al encontrado por Repo y Encina (2008), para la variedad Klello: 1364,85 µg Trólox/g m.s. y dentro del rango reportado por estos investigadores para este compuesto contenido en diversas variedades de quinua (91,45 a 2400 µg Trólox/g m.s.).

Los datos de la tabla 3 indican que secando la quinua con aire caliente, a 50° C se tiene una actividad antioxidante de 1033,58 µg Trólox/g m.s., que representa el 65,91 % de la actividad inicial. Cuando es secado a 30 y 40° C, estos valores son de 955,46 y 1013,55 µg Trólox/g m.s., que representa el 60,9 % y el 64,60 % de la actividad inicial respectivamente.

La figura 4, evidencia que una mayor potencia conserva una mayor actividad antioxidante de los granos de quinua, es así que con 500 Watts, este valor es de 1001,87 µg Trólox/g m.s. (63,84 % del valor inicial), con 250 Watts 1001,86 µg Trólox/g m.s., muy cercano al caso anterior y cuando 0 Watts 998,86 µg Trólox/g m.s. (que representa el 63,70 %).

Algo parecido se presenta con la temperatura del aire de secado. Al ser mayor la temperatura de secado conserva mejor la actividad antioxidante en los granos de quinua tratados. Con 50° C se alcanza 1033,58 µg Trólox/g m.s. (65,9 % del inicial), con 40° C 1013,55 µg Trólox/g m.s. (64,6 % del inicial), con 30° C 955,46 µg Trólox/g m.s. (60,9 % del inicial). Los datos se muestran en la tabla 3 y puede ser visualizado en la figura 7.

Del análisis de varianza mostrado en la tabla 4, se deduce que la incidencia de la radiación infrarroja de diversas potencias: 0; 250 y 500 Watts, genera efectos diferentes en la capacidad antioxidante final de los granos

de quinua, existiendo diferencias significativas en las medias finales obtenidas, con nivel de significación de 0,05. Esta misma situación se presenta para cuando se compara las medias generadas por aplicación de los diferentes niveles de temperatura del factor temperatura del aire de secado, estos afectan de manera diferente a la capacidad antioxidante remanente de los granos de quinua. Este mismo comportamiento se tiene para los nueve tratamientos aplicados.

De la figura 6, se desprende que el tratamiento que mejor conserva la actividad antioxidante de los granos de quinua es de 500 Watts con 50° C (1052,67 µg Trólox/g m.s., que representa el 61,13 % del contenido inicial) y el peor con 500 Watts y 30° C (925,98 µg Trólox/g m.s., 59,0 % del inicial).

El contenido de betalainas, compuesto principalmente por betaxantinas y betacianidinas, en los granos de quinua variedad Amarilla de Marangani es de 0,16 mg/100 g m.s. Los datos de la tabla 5 muestran los resultados de este componente una vez aplicado cada uno de los tratamientos experimentales.

Para granos de quinua lavadas y luego secadas, los investigadores Vidaurre et al. (2017), determinaron un contenido de 0,17 mg/100 g m.s., para Negra Collana y 0,13 mg/100 g m.s. para Pasankalla. En la investigación para la variedad Amarilla de Marangani después de haber sido secada, el valor determinado fue de 0,165 mg/100 g m.s., ligeramente superior al determinado de estos investigadores y superior también al valor inicial mostrado para esta variedad (0,16 mg/100 g m.s.). El valor de 0,165 mg/100 g m.s., representa el 103 % del contenido inicial. Cuando es secado a 30 y 40° C, estos valores son de 0,17 y 0,165 mg betalainas /100 g m.s., que representa el 106 % y el 103 % de la cantidad inicial respectivamente.

La figura 7, muestra que con radiación infrarroja de mayor potencia 500 Watts, se logra tener un mayor contenido de betalainas 0,177 mg/100 g m.s. mientras que con 0 Watts de potencia el promedio alcanzo los 0,167 mg betalainas/100 g m.s., con 110 % y 104 % del contenido inicial respectivamente. Para la temperatura del aire de secado, el comportamiento es mostrado por la figura 8 es completamente inverso, es así que con 50° C se alcanzó 0,172 mg/100 g m.s. y con 30° C 0,175 mg/100 g m.s., que representan el 107,5 % y el 109,4 % del contenido inicial respectivamente.

De la figura 9 se puede desprender que los tratamientos que mejor contenido de betalainas presentan una vez que los granos fueron sometidos a secado son 500 Watts x 50° C y 250 Watts x 30° C, con valores de 0,18 mg/100 g m.s., que representa el 112,5 % del contenido inicial. El peor tratamiento en este caso se presenta para 0 Watts x 40° C y para 0 Watts x 50° C, con valores de 0,165 mg/100 g m.s., que representan el 103 % del contenido inicial. En todos los casos sin embargo, luego de secada la quinua el contenido de betalainas fue superior al contenido inicial en los granos de quinua.

De la tabla 5 se desprende que el único factor que tiene importancia y afecta de manera considerable en el contenido final de betalainas son cada uno de los niveles de radiación infrarroja 0, 250 y 500 Watts. Que generaron promedios que difieren significativamente unos de otros. Tanto la temperatura del aire de secado como los diversos tratamientos como combinación de los diferentes niveles de los dos factores principales no generan diferencias significativas entre los promedios finales obtenidos.

5. Conclusiones

- Los resultados obtenidos, en el desarrollo de esta investigación, nos permite construir las siguientes conclusiones.
- El tratamiento 500 Watts x 50° C, conserva mejor el contenido de compuestos fenólicos 78,84 mg AGE/100 g m.s., y que el menor contenido de fenólicos se alcanza al utilizar 500 Watts x con 30° C, con 57,785 mg AGE/100 g m.s.
- El tratamiento que mejor conserva la actividad antioxidante de los granos de quinua es de 500 Watts con 50° C (1052,67 µg Trólox/g m.s., que representa el 61,13 % del contenido inicial) y el peor con 500 Watts y 30° C (925,98 µg Trólox/g m.s., 59,0 % del inicial).
- El mayor contenido de betalainas se da al utilizar 500 Watts x 50° C y 250 Watts x 30° C, con valores de 0,18 mg/100 g m.s., que representa el 112,5 % del contenido inicial, mientras el peor tratamiento es 0 Watts x 40° C y 0 Watts x 50° C, con valores de 0,165 mg/100 g m.s., que representan el 103 % del contenido inicial.
- El secado con aire a 50° C genero el contenido promedio fenólicos totales fue de 77,19 mg AGE/100 g m.s., que representa el 62,01 % del contenido mientras que con 30° C y 40° C, los valores promedio determinados fueron

de 66,75 y 71,84, que representan el 53,21 y el 57,27 % del contenido inicial de compuestos fenólicos.

- Luego de secar quinua variedad Negra Collana con aire caliente a 50° C se alcanzó una actividad antioxidante de 1033,58 µg Trólox/g m.s., que representa el 65,9 % de la actividad inicial y al ser secado a 30 y 40° C, estos valores son de 955,46 y 1013,55 µg Trólox/g m.s., que representa el 60,9 % y el 64,64 % de la actividad antioxidante inicial.
- Al ser secados con 50° C de temperatura el valor alcanzado para contenido de betalainas fue de 0,172 mg/100 g m.s., que representa el 107,5 % del contenido inicial, y con 30 y 40° C, los contenidos alcanzados fueron de 0,17 y 0,165 mg betalainas /100 g m.s., que representa el 106,3 % y el 103,0 % de la cantidad inicial.
- La potencia de radiación infrarroja de 500 Watts generó un contenido final de fenólicos totales de 67,40 mg AGE/100 g m.s., mientras que 0 Watts, 68,51 mg AGE/100 g m.s para 250 Watts y finalmente para 500 Watts.
- Una mayor potencia de radiación infrarroja conserva una mayor actividad antioxidante de los granos de quinua, con 500 Watts, este valor es de 1001,87 µg Trólox/g m.s. (63,89 % del valor inicial), con 250 Watts 1001,86 µg Trólox/g m.s., y cuando 0 Watts 998,86 µg Trólox/g m.s. (que representa el 63,70 %).
- Con mayor potencia 500 Watts de radiación infrarroja, se obtiene un mayor contenido de betalainas 0,177 mg/100 g m.s. mientras que con 0 Watts de potencia el promedio alcanza los 0,167 mg betalainas/100 g m.s., con 110,6 % y 104,3 % del contenido inicial respectivamente.

6. Referencias bibliográficas

- Borda, W. y Gamarra, W. (2003) Diseño y Construcción de un equipo mejorado para el desaponificado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Investigaciones Agroindustriales (*Chenopodium quinoa* Willd.) y Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) en Puno Perú. Perú.
- Cerrón Mercado, F. (2014). Efectos de temperatura y tiempo en el desamargado y secado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis de pre grado

sustentado en la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNCP.

- Espinoza, J. (2011). Aplicación de un proceso de secado asistido infrarrojo para la deshidratación del fruto de murtila (*Ugni molinae* Turcz.). Memoria para obtener el título de Ingeniero de Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago.
- Miranda, M., Vega, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., Uribe, K., y Di Scala, K. (2010). Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products* 32, 258-263.
- Padrón, C., Oropesa, R., y Montes, A. (2014). Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2) 166-218.
- Perry, C. (1984). *Chemical Engineers. Handbook*, 5ta edición New York., McGraw- Hill.
- Pitchaporn, W., Siriamornpuna, S., Meeso, N. (2011). Improvement of quality and antioxidant properties of dried mulberry leaves with combined far-infrared radiation and air convection in Thai tea process. *Food and Bioproducts processing*, 89, 22-30.
- Repo, R. y Encina, CH. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev. Soc. Quím. Perú* vol 74 nº 2. Lima.
- Soria, Marcial y Peñaloza. (1990). Lavado de Quinua. Procesos y Prototipos. Seminario Taller sobre Investigación de Producción de Quinua en Ecuador. Proyecto Procesamiento de Quinua en Ecuador. INIAP, UTA CIID. Quito.
- Vidaurre, Dias, Medoza y Solano. (2017). Variación del contenido de Betalainas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante durante el procesamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.). *Rev. Soc. Quím. Perú*, vol.83 no.3, Lima.

Estado actual y tendencias en las exigencias de calidad e inocuidad alimentaria en la producción de quinua de la Asociación de Productores Heroínas Toledo – Orcotuna

Current status and trends in quality and food safety requirements in quinoa production of the Association of Heroínas Toledo- Orcotuna Producers

Zárate Malpica, A⁽¹⁾, Carrasco Nuñez, Y⁽²⁾, Arrieta Jerí, M⁽³⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

⁽²⁾Instituto de Investigación de la Facultad de Ing. en Industrias Alimentarias.

⁽³⁾Investigadora independiente.

E-Mail: azarate@uncp.edu.pe

Resumen: En un contexto de mayor información por parte del consumidor de los alimentos que adquiere, se desarrolló el trabajo de investigación. Los integrantes de la Asociación manifestaron sembrar la variedad Quinoa Blanca Hualhuas, que es la que más se adapta a las tierras agrícolas del distrito; tienen varios años de experiencia en el cultivo, y generalmente rotan las tierras de cultivo con el sembrío de Maíz, cebada, trigo y algunas hortalizas y verduras. El trabajo nos permite apreciar a productores cada vez más preocupados por la calidad e inocuidad del producto que ofrecen, sin embargo por razones de competitividad dejan de lado las exigencias de los organismos de control y regulación existentes y es la sensibilidad a los precios y a los ingresos los determinantes a la hora de comercializar la quinua. Si bien, se tiene la normatividad y las instituciones encargadas de velar por la calidad e inocuidad del producto; es la decisión del consumidor y de los productores los que determinan las condiciones de comercialización, sobre todo en un contexto de estructura de mercado oligopsonico a las que se encuentran sometidos los pequeños y medianos productores agrícolas en el país.

Palabras clave: Calidad, inocuidad, producción, quinua, Heroínas Toledo.

Abstract: In a context of more information on the part of the consumer of the food that he acquires, the research work was carried out. The members of the Association said they sow the Quinoa Blanca Hualhuas variety, which is the one that best suits the agricultural land of the district; they have several years of experience in cultivation, and they generally rotate farmland with corn, barley, wheat and some vegetables and vegetables. The work allows us to appreciate more and more producers concerned about the quality and safety of the product they offer, however for reasons of competitiveness they ignore the demands of the existing control and regulation bodies, it is the sensitivity to prices and income the determinants when marketing quinoa. Although, it has the regulations and institutions responsible for ensuring the quality and safety of the product; It is the decision of the consumer and the producers that determine the conditions of commercialization, especially in a context of oligopsonic market structure to which small and medium agricultural producers in the country are subject.

Key words: Quality, safety, production, quinoa, Heroínas Toledo.

1. Introducción

La comercialización mundial de alimentos, así como el de los insumos para la industria alimentaria, es una de las actividades que mayor se ha dinamizado en los últimos tiempos con el uso intensivo de la tecnología y los medios de comunicación. Es en este contexto que los actores y agentes comerciales los que de alguna manera definen los sistemas de control que deben aplicarse a los productos a comercializar y de esta manera poder garantizar la "calidad" del producto, con la finalidad de satisfacer las exigencias cada vez mayores de los consumidores a su vez más informados.

De esta manera, se han establecido diversos sistemas de control de calidad e inocuidad de los productos, sobre la base de normas, protocolos, y otras herramientas que permiten, a través de procesos de certificación, ejercer mayor control desde el origen del alimento, hasta que llega al consumidor final.

Actualmente, los granos andinos como la quinua, tienen una importancia fundamental en las diversas regiones del país y países vecinos. No solo forman parte de la dieta ancestral, sino que han alcanzado mucho valor a nivel internacional. Sus aportes nutricionales son extraordinarios y tienen una creciente demanda. En el mercado interno, al consumo tradicional en las comunidades campesinas y poblaciones locales, se ha sumado una mayor demanda asociada al boom gastronómico y la cocina «Novo-andina».

Según la OMS y la FAO, la quinua es el alimento ideal para el ser humano porque su proteína contiene el mejor balance de aminoácidos, incluyendo los ocho aminoácidos esenciales. La Asamblea General de la Naciones Unidas declaró el año 2013 «Año internacional de la quinua» (FAO 2012).

En este contexto, los productores de la Asociación Heroínas Toledo manifiestan un aporte considerable de tierras para el cultivo de quinua. Los miembros de esta Asociación siembran de manera alternada diversos cultivos como quinua; arveja; maíz choclo y maíz amiláceo; papa; verduras, entre otros.

El presente trabajo, constituye un aporte significativo de la integración entre el ente académico como es la Universidad Nacional del Centro del Perú y los productores de la Asociación Heroínas Toledo para desarrollar la investigación de manera conjunta.

Inocuidad

La inocuidad es definida por la Real Academia de la Lengua Española como "el carácter de ser inocuo," e inocuo es definido como "que no causa daño". Con excepción de alimentos específicos que poseen componentes que pueden causar una reacción alérgica en personas sensibles, los alimentos por sí solos no causan daño. El daño a la salud puede ser causado por agentes que pueden estar presentes en el producto. Estos agentes pueden ser físicos, biológicos y químicos; que al ser ingeridos por la población consumidora puede dar lugar a los denominados ETAS.

Por consiguiente, la "Inocuidad" es la condición de los alimentos que garantiza que no causaran daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso al que se destinan.

Calidad

Según Engo *et al.* (2015) la calidad podría definirse como "la combinación de características que establecen la aceptabilidad de un producto". En el caso particular de los alimentos es necesario considerar, dentro del concepto de calidad, a distintos factores críticos como la conformidad con estándares regulatorios de mercado aspectos de inocuidad, y la satisfacción de las expectativas del consumidor.

Aspectos del Distrito de Orcotuna y de la Asociación

El distrito de Orcotuna está situado a 15 kilómetros de la ciudad de Huancayo, capital del departamento de Junín. El acceso a los mercados principales como Lima, Huancayo y la Selva Central está dado mediante vías asfaltadas. Tiene una superficie de 42,563 Km², está ubicado a una altura de 3 250 metros sobre el nivel del mar.

La Asociación de Productores Heroínas Toledo, está legalmente constituida en Registros Públicos, cuenta con RUC para sus transacciones comerciales; está conformada por 25 socios que participan con relativa frecuencia en las actividades de la organización. El 60% de sus tierras cuenta con riego donde se obtiene doble campaña y siendo la quinua un cultivo rotativo en los campos de papa, haba, arveja. El restante de sus tierras es en seco y solo se cultiva en campaña grande, a expensas de las lluvias de temporada.

2. Materiales y Métodos

En el desarrollo del trabajo se ha utilizado el método descriptivo explicativo, con la finalidad de: primeramente hacer un diagnóstico de la situación en el que la Asociación de productores viene trabajando en el cultivo y comercialización de la quinua. Posteriormente se ha realizado trabajos de campo con los integrantes para identificar el estado de desarrollo de las exigencias de calidad e inocuidad en la producción de quinua.

Para la recolección de la información se ha realizado una encuesta a un total de diecisiete de los veinticinco socios de la organización. También se ha utilizado la técnica de entrevista semi estructurada, que consiste en utilizar una guía con temas previamente establecidos con el objeto de ir formulando las preguntas y guiando la entrevista (Sampieri, Fernández y Baptista, 1995). En base a esta técnica se ha obtenido la información primaria de los directivos de la asociación de productores.

3. Resultados

Se De las exigencias de calidad e inocuidad alimentaria El avance vertiginoso del comercio nacional e internacional en las últimas décadas y en un contexto de mayor globalización, ha devenido en una creciente preocupación por la calidad e inocuidad de los alimentos por parte del consumidor cada vez más informado, hecho favorecido por el uso del internet y las redes sociales durante los últimos tiempos.

En tal sentido en la Tabla 1 se aprecia los diversos peligros más comunes posibles de ser encontrados a lo largo de la cadena agroalimentaria de varios productos entre los que se encuentra la quinua. Estas forman parte del estado actual y tendencias en cuanto a inocuidad de los alimentos se refiere.

Tabla 1. Peligros en la Cadena Agroalimentaria

Peligro	Descripción/características/ejemplos
Biológicos	Son agentes de origen biológico que pueden contaminar a los alimentos y causar las denominadas ETAS. Entre ellas
Patógenos bacterianos	tenemos: Salmonella spp, Campylobacter spp, Escherichia coli, Listeria
Virus	monocitogenes, etc.
Parásitos	Como el Coronavirus SARS, Virus de la

	influenza aviar (zoonosis animal), Norovirus, Virus de hepatitis A. etc. Organismos que viven sobre o en el interior de un huésped y se desarrollan a sus expensas. Tenemos: La Trichilella spp. Echinococcus multilocularis.
Químicos Residuos farmacológicos y fitosanitarios Micotoxinas	Son sustancias producto del uso en el cultivo y manipuleo de la cadena agroalimentaria. Tenemos: Antibióticos en general: Productos clorados como el cloranfenicol, cloroformo. Otros como el Dimetrida6zol, Metr6onidazol, Nitrofuranos, etc.
Metales pesados	Plaguicidas: Captafol, Clordano, DDT, Dieldrín, Heptacloro, Fosfamidón, Parathion, etc. Son toxinas producidas por ciertos hongos: Aflatoxinas, Ocratoxina A, etc.
Disruptores Endocrinos	Generalmente se encuentran en forma química y ampliamente distribuidas. Tenemos: Arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb) y aluminio (Al). Son persistentes y bioacumulables. Son sustancias exógenas que de alguna manera altera la función del sistema endocrino y ocasiona daños al consumidor. Tenemos: Los micoestrógenos producidos por hongos del género Fusarium. Contaminantes ambientales como dioxinas, benzopireno, metales pesados. Residuos de plaguicidas y algunos contaminantes de proceso como el bisfenol A, ftalatos. Son sustancias presentes en algunos alimentos que por su naturaleza son potencialmente alergénicos: Leche, huevo, pescado, mariscos, maní, soja, trigo, etc. También algunos compuestos químicos utilizados como conservantes: Ácido sórbico, ácido benzoico, propionato sódico, dióxido de azufre, sulfitos y bisulfitos, etc.
Alérgenos alimentarios	

Fuente: Elaborado sobre la base de: Actualización en Nutrición VOL 14 - Nº 4-Dic.2013 y Engo et al. (2015)

Tabla 2. Organizaciones vinculadas a la Calidad Alimentaria en el Perú

Organización	Descripción/participación/propósito
INACAL	Organismo público técnico especializado dependiente del Ministerio de la Producción. Ente rector y máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional para la Calidad, responsable de su funcionamiento en el marco de la Ley N.º 30224.
INDECOPI	Organismo Público Especializado adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros. Tiene como propósito la promoción de normas de leal y honesta competencia entre los agentes de la economía peruana.
INIA	Organismo técnico especializado del Ministerio de Agricultura y Riego y ente rector del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA). Tiene como propósito, realizar investigaciones y ejecutar diversas actividades que facilitan el desarrollo y fortalecimiento de la innovación tecnológica agraria nacional.
PROMPERU	Organismo Público técnico especializado con personería jurídica de derecho público interno; adscrita al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
SENASA	Organismo Público Técnico Especializado dependiente del Ministerio de Agricultura. Tiene Autoridad Oficial en materia de Sanidad Agraria. Brinda servicios de inspección, verificación y certificación fitosanitaria. Capacita a profesionales y técnicos para que presten mejor servicio.
SANIPEZ	Es el organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio de la Producción. Es la encargada de normar, supervisar y fiscalizar la sanidad e inocuidad en toda la cadena productiva de los recursos y productos pesqueros y acuícolas.
DIGESA	Es el órgano técnico normativo nacional que tiene el propósito de orientar sus acciones a proteger la salud de la población, a través de certificación, prevención, vigilancia, fiscalización y control de los riesgos sanitarios en materia de salud ambiental, inocuidad alimentaria y salud ocupacional.

Fuente: Elaborado sobre la base de la información del portal de las organizaciones indicadas.

La Tabla 2 muestra las diversas organizaciones a nivel nacional que de alguna manera participan en el establecimiento de la normatividad y legislación nacional relacionadas a la inocuidad de los alimentos, todos ellos orientados a velar por la salud del consumidor, al mismo tiempo con el propósito de garantizar el suministro suficiente y oportuno de los alimentos y a su vez tratar que esta legislación y normatividad no constituya obstáculo alguno al libre comercio de alimentos a nivel local y mundial.

Del cultivo de la quinua en la Asociación

Las labores de siembra de la quinua lo realizan durante los meses de octubre y noviembre principalmente, ello en los terrenos bajo riego. Algunos manifiestan hacerlo en el mes de diciembre cuando se hacen presentes las lluvias que marcan el inicio del invierno y la temporada agrícola en la sierra de nuestro país.

Para la fertilización, algunos señalan hacerlo durante la preparación del terreno para lo cual adquieren abonos sintéticos en casas comerciales agropecuarias. Utilizan principalmente fosfato de amonio y calcio. En otros casos siembran haciendo uso del denominado guano de corral, que proviene de los animales que crían como parte de sus actividades agropecuarias, tales como: vacuno, ovino. Animales menores como cuyes, conejos, aves, entre otros.

En cuanto al manejo sanitario, no realizan planificación alguna, lo efectúan ya cuando aprecian la presencia de plagas y/o enfermedades. Este hecho se da cuando generalmente hay exceso de lluvias y da lugar a la presencia de ciertos hongos en el cultivo de la quinua. Hacen uso de fungicidas comerciales para combatir al mildiú y a los pulgones principalmente.

Los integrantes de la Asociación manifestaron sembrar la variedad de quinua: Quinua Blanca Huahuas, que es la variedad que más se adapta a las tierras agrícolas del distrito, indican que tienen ya varios años de experiencia en el cultivo de este seudocereal y que generalmente rotan las tierras de cultivo con el sembrío de Maíz, cebada, trigo y algunas hortalizas y verduras respectivamente.

En cuanto a las labores culturales, indican que la preparación del terreno es importante y en esta labor, incorporan abundante guano de corral para mejorar las

condiciones de la tierra de cultivo, sin embargo manifiestan que no hacen ningún análisis de suelo, debido principalmente a la falta de infraestructura y apoyo técnico para ello y también porque de alguna manera significa un costo adicional en la producción. Manifiestan también la presencia de mucha maleza en el cultivo, de manera que hacen uso de herbicidas comerciales (glifosato) hasta en tres ocasiones durante el periodo vegetativo de la quinua que en promedio dura alrededor de 5 a 6 meses para la variedad que cultivan.

Para las labores de cosecha, la mayoría alquila una maquina trilladora estacional que permite separar el grano de quinua de las panojas. Algunos que tienen mayor extensión de tierras hacen uso de una segadora trilladora, la misma que permite obtener mejores resultados a la hora de cosechar los granos de quinua. Para estas labores no cuentan con capacitación y asesoramiento alguno; sucede que en ocasiones hay mucha humedad y da lugar a pérdidas por deterioro del grano de quinua.

De la encuesta realizada: El 100% de los encuestados manifiesta no llevar un registro permanente de los agroquímicos que utiliza en el cultivo de la quinua. Referente a estos últimos manifiestan utilizar principalmente superfosfato triple; guano de isla; guano de corral, proveniente de sus animales que crían; urea y nitrato de amonio principalmente. También fungicidas y herbicidas comerciales.

Las plagas o enfermedades más comunes indicadas son: los hongos como el mildiú, cuando hay mucha lluvia; la gusanera y los pulgones. También la presencia de mucha maleza, sobre todo en terrenos bajo riego. Ante estos problemas recurren principalmente a las tiendas agropecuarias para hacer la consulta de que producto utilizar, tal como observamos en la Tabla 3 donde el 76,47% de los encuestados acude a estos establecimientos para ser asesorados en cuanto a los productos a utilizar frente a las plagas y enfermedades del cultivo de quinua.

Tabla 3. Alternativas de consulta a plagas y enfermedades

Alternativa	Nro.	%
Ing. Agrónomo	1	5,88
Tienda		
Agropecuaria	13	76,47
SENASA	1	5,88
Técnico	2	11,76

Agropecuario

	17	100,00
--	----	--------

En cuanto a la comercialización, la mayor proporción es a nivel local en los mercados de Huancayo y Chupaca. Asimismo es la mayor sensibilidad a los precios los determinantes de la comercialización, tal como se aprecia en las Tablas 4 y 5 respectivamente.

Tabla 4. Lugar de comercialización de quinua

Alternativa	Nro.	%
Mercado local	12	70,59
Acopiador		
Mayorista	4	23,53
Lima	1	5,88
Mercado externo	0	0,00
	17	100,00

Tabla 5. Factores determinantes de la comercialización

	Nro.	%
El precio	12	70,59
La cantidad	3	17,65
Fidelidad del		
Cliente	1	5,88
Continuidad	1	5,88
	17	100,00

El 100% de encuestados conoce los tipos de peligros existentes: Físicos, biológicos y químicos que se pueden encontrar en el cultivo y comercialización de la quinua y lo manejan con relativa facilidad; sin embargo, es la mayor sensibilidad a los ingresos y precios del producto los determinantes durante el proceso de comercialización del grano de quinua. Asimismo, muestran preocupación por la gestión de la calidad del producto, pero dado las limitaciones de infraestructura y equipamiento (laboratorios) no hacen análisis alguno. Muestran también preocupación por las fluctuaciones en los precios, exigiendo de alguna manera la presencia del estado con algunas medidas de regulación así como precios de refugio al productor por parte del estado.

4. Discusión

De las tendencias para la certificación

En este aspecto se puede indicar que las exigencias en cuanto a la calidad e inocuidad de la quinua está en aumento, dada la mayor información que tiene el consumidor. En nuestro país contamos con algunas normas y estándares de calidad para la comercialización de la quinua: Entre estos, podemos citar a la Norma Técnica Peruana NTP 205.062 2009/INDECOPI-CNB, la misma que fue publicada en julio del año 2009. Esta Norma regula los estándares de calidad de la quinua en grano. Fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Productos Agroindustriales de Exportación con el aporte de PROMPERÚ, SENASA, Sierra Exportadora, Universidad Nacional del Altiplano, Universidad Peruana Unión, entre otras. Esta Norma tiene el propósito de establecer las características que deben cumplir los granos de quinua para ser comercializada.

También tenemos al documento elaborado por la Dirección de insumos agropecuarios e inocuidad agroalimentaria del SENASA, referido al PROCEDIMIENTO: CERTIFICACIÓN SANITARIA Y FITOSANITARIA DE QUINUA GRANO (*Chenopodium quinoa*) PARA EXPORTACIÓN. PRO-SCV/SCB/SIAG/SPO-01.

Asimismo, el documento: Especificaciones Técnicas de los Alimentos que forman parte de la prestación del servicio Alimentario del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma. ESP-003PNAEQW-UOP aprobado por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 420-2018-MIDIS/PNAEQW para la comercialización de diversos alimentos entre los cuales se encuentra la quinua y sus derivados en hojuelas, extruidos y harinas precocidas para el Programa indicado.

También podemos señalar a la Resolución Ministerial N° 1006-2016-MINSA publicada en el Diario Oficial El Peruano el 30 de diciembre del año 2016, en el que "Aprueban Norma Sanitaria que establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas de uso agrícola en alimentos de consumo humano, aprobado el día 29 de diciembre del año 2016, con la finalidad de proteger la salud de la población; en conformidad con el Decreto Legislativo N°1062, Ley de Inocuidad de los Alimentos.

Dentro de todos los alimentos considerados por grupos o matrices vegetales se considera a la quinua dentro de la matriz de cereales juntamente con el maíz y el arroz respectivamente.

Pese a contar con mayores exigencias en cuanto a calidad e inocuidad de los alimentos y contar también con la participación de numerosas instituciones como. INACAL, INDECOPI, INIA, PROMPERÚ, SENASA, SANIPEZ, DIGESA, entre otras, la preocupación por la calidad e inocuidad de los productores de quinua de la asociación Heroínas Toledo de Orcotuna, en muchos casos, deja paso a la mayor sensibilidad a los precios durante el proceso de comercialización del producto.

Si bien se tiene la normatividad y las instituciones encargadas de velar por la calidad e inocuidad del producto; es la decisión del consumidor y de los productores los que determinan las condiciones de comercialización, sobre todo en un contexto de estructura de mercado oligopsonico a las que se encuentran sometidos sobre todo los pequeños y medianos productores agrícolas en el país, como señala Cannock y Gonzales (1994).

Finalmente podemos señalar que si bien la preocupación por la calidad e inocuidad de los productos a ofertar por parte de los productores está siempre presente, es la sensibilidad a los precios y a los ingresos los determinantes a la hora de la comercialización. Asimismo, toda iniciativa y apoyo por parte de instituciones estatales y no gubernamentales están orientadas al incremento de la productividad como alternativa de competitividad; sin embargo, para aumentar la productividad recurren al uso indiscriminado de agroquímicos en el cultivo y paradójicamente este aumento de la producción se traduce en menores precios en el mercado a la hora de comercializar el producto. Por consiguiente, parafraseando a Standage et al. (2008) podríamos decir que es necesario resolver de manera más equitativa y solidaria las ambigüedades presentes en la normatividad actual referida a la calidad e inocuidad de los alimentos.

5. Conclusiones

- Las exigencias en cuanto a calidad e inocuidad alimentaria en la producción de quinua de la asociación estudiada es muy incipiente debido a la falta de infraestructura, equipamiento y apoyo en la gestión de calidad a la organización y a sus integrantes.
- En cuanto a las tendencias para la certificación de la quinua y sus procesos; se cuenta con la normatividad y las instituciones especializadas para el caso; sin

embargo, es la sensibilidad a los precios y a los ingresos los determinantes a la hora de comercializar el producto.

- La realización del presente trabajo ha permitido de alguna manera, sensibilizar a los productores de la Asociación a la aplicación y cumplimiento de la normatividad nacional e internacional para garantizar la calidad e inocuidad en la producción de quinua.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

6. Referencias bibliográficas

- Cannock, G. y Gonzales, A. (1994) *Economía Agraria*. Universidad del Pacífico. Primera edición. Lima-Perú.
- Dirección General de Epidemiología DGE del Ministerio de Salud MINSA, 2012; Boletín Epidemiológico N°50, vol 21,. Disponible en: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2012/50.pdf> El Peruano, Diario Oficial (2016) Lima- Perú.
- Engo, N. Fuxman, A. González, C. Negri, L. Polenta, G. y Vaudagna, S. (2015). *Desarrollo de las exigencias sobre calidad e inocuidad de alimentos en el mundo, 2025*; 1a ed. Compendiada; - Buenos Aires, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- FAO (2012) Año 2013 será el año internacional de la quinua. Organización Mundial de la Salud OMS, 2015; 10 facts on food safety. Disponible en: http://www.who.int/features/factfiles/food_safety/en/index.html
- Organización panamericana de la Salud OPS, 2015; *Los alimentos insalubres causan más de 200 enfermedades*. Disponible en: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10639%3A2015-los-alimentos-insalubres-causan-mas-de-200enfermedades
- Sampieri, R. Fernández, C. y Baptista, L. (1995) *Metodología de la Investigación*. Ediciones McGraw-Hill. Impreso por Panamericana Formas e Impresos S.A. Colombia.
- Standage, T. Booth, T. Carr, G. Edwards, B. Kluth, A. Loder, N. Siegele, L. y Vaitheeswaran, V. (2008) *El Futuro de la Tecnología*. Empresa Editora El Comercio S.A. Lima 1-Perú. *de fiabilidad y seguridad*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6269-8>

Evaluación de la extracción de alcaloides de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*), por microondas, ultrasonido y convencional

Evaluation of the extraction of alkaloids from the tarwi seed (*Lupinus mutabilis*), by microwave, ultrasound and conventional

Seguil Mirones, C⁽¹⁾, Egas Peña, E⁽²⁾, Avilez Hinostroza, J⁽¹⁾, Blas Buendía, C⁽¹⁾, Huamanlazo Zurita, M⁽¹⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú

⁽²⁾Investigadora independiente

E- Mail: cseguil@uncp.edu.pe.

Resumen: El trabajo de investigación, evaluó tres métodos de extracción de alcaloides quinolizidínicos del tarwi (*Lupinus mutabilis*), relacionando: la potencia de microondas, la potencia ultrasónica a una frecuencia de 40 kHz y la agitación con la cantidad de alcaloides residuales en la torta de tarwi. Los parámetros de extracción fueron: 600, 700 y 800 watts para la extracción asistida por microondas; 20 %, 50 % y 80 % de potencia ultrasónica para la extracción asistida por ultrasonido; 60, 90 y 120 R.P.M. para la extracción convencional, para las extracciones se utilizó agua como solvente. Se aplicó el diseño de bloques completamente al azar con un nivel de significancia del 5 %; se realizó la superficie de respuesta para cada evaluación. Los resultados muestran que existen diferencias significativas para todas las extracciones respecto a los parámetros en estudio y por la prueba según Tukey al 5 %, se tiene que: la menor potencia (600 watts) se obtiene la mayor extracción 0,909 % (alcaloide residual); con la potencia ultrasónica intermedia (50 %) la mayor extracción 1,643 % residual; a mayor agitación (120 R.P.M.) mayor extracción 0,85 % (alcaloide residual).

Frases claves: Alcaloides quinolizidínicos, extracción asistida por microondas, extracción asistida por ultrasonido.

Abstract: The research work evaluated three methods of extracting quinolizidine alkaloids from tarwi (*Lupinus mutabilis*), relating: microwave power, ultrasonic power at a frequency of 40 kHz and agitation with the amount of residual alkaloids in tarwi cake. The extraction parameters were: 600, 700 and 800 watts for microwave assisted extraction; 20 %, 50 % and 80 % ultrasonic power for ultrasonic assisted extraction; 60, 90 and 120 R.P.M. For conventional extraction, water was used as a solvent for extractions. The completely randomized block design with a significance level of 5 % was applied; the response surface was made for each evaluation. The results show that there are significant differences for all the extractions with respect to the parameters under study and for the test according to Tukey at 5 %, it is necessary that: the lower power (600 watts) the greater extraction 0,909 % (residual alkaloids); with the intermediate ultrasonic power (50 %) the highest extraction 1,643 % (residual alkaloids); the greater the agitation (120 R.P.M.) the greater extraction 0,85% (residual alkaloids).

Key phrases: Quinolizidine alkaloids, microwave-assisted extraction, ultrasound-assisted extraction.

1. Introducción

Las extracciones de diferentes componentes de las matrices naturales que la contienen, ha sido una de las preocupaciones de la humanidad, para ello se han utilizado diferentes métodos tradicionales como la percolación, digestión entre otros, en el siglo XX estas técnicas han sido reemplazadas por otras que han aumentado la eficiencia, la selectividad y son más amigables con el medio ambiente, entre las cuales se pueden mencionar las que utilizan fluidos supercríticos, ondas de ultrasonido, microondas, etc. (Khoddami, Wilkes y Roberts 2013), se fundamentan en la transferencia selectiva del bioactivo a través de un solvente orgánico desde una mezcla sólida. Se obtendrá una mayor transferencia cuando existe diferencia de solubilidad entre disolvente de extracción, bioactivo de interés y los otros compuestos existentes en la mezcla inicial (Angurel *et al.*, s.f.).

En la extracción asistida por microondas (EAM), se calienta el solvente (extractor) que se encuentra en contacto con la muestra con energía de microondas, los solventes más utilizados para la extracción de bioactivos son: agua, etanol, acetona, metanol, isopropanol y acetonitrilo (Khoddami, Wilkes y Roberts; 2013). La EAM utiliza la capacidad de algunos líquidos y sólidos para transformar la energía electromagnética en calor, lo que lleva a un calentamiento efectivo que puede incrementar la velocidad de reacción o extracción en condiciones hidrotermales y, en ocasiones, mejorar la selectividad de los compuestos objetivo. El principio de calentamiento se da por conducción iónica y rotación de dipolo que genera un efecto directo de las microondas en las moléculas. Estos dos mecanismos tienen lugar simultáneamente. Al aplicar un campo magnético genera la migración electroforética de iones produciéndose la conducción iónica. La solución genera resistencia a este flujo de iones, produciéndose la fricción y, por lo tanto, el aumento de temperatura de la solución. La rotación del dipolo significa la realineación de los dipolos con el campo aplicado. A 2 450 MHz, que es la frecuencia utilizada en los sistemas comerciales, los dipolos se alinean y aleatorizan $4,9 \times 10^9$ veces por segundo, y este movimiento molecular forzado resulta en calentamiento (Quitain, Ozturk, Mission y Sasaki; 2017). Este fenómeno de calentamiento como consecuencia a la rotación del dipolo y la conducción producida por los iones que pueden estar presentes en el solvente y soluto, son los responsables del

aumento del rendimiento de extracción asistida por microondas (EAM) (Lovrić *et al.*, 2017), por una mayor extracción de los biocomponentes, debido a un incremento del ingreso del solvente en la matriz, generado por la ruptura de los enlaces de hidrógeno (Zhu, Su, Cai y Yang; 2006). Las ventajas que presenta este tipo de extracción si se compara con otros métodos convencionales, tendría que mencionar: tiempos cortos de extracción, altos rendimientos, poco uso de reactivos y manipulación mínima de la muestra (Elez, Dragović-Uzelac, Režek, y Jukić, 2013).

En la extracción asistida por ultrasonido (EAU), se aprovecha las ondas de presión que se transmiten a través de un medio como ciclos de compresión y expansión (rarefacción), puede representarse como una serie de líneas verticales (la intensidad se relaciona con la separación entre líneas) o como una forma de onda sinusoidal (la intensidad se relaciona con la amplitud). Cuando un medio líquido se somete a sonicación, se produce una presión acústica, que se agrega a la presión hidrostática, en el medio. La fase de compresión ejerce una presión positiva, lo que hace que las moléculas del medio se acerquen y la fase de rarefacción ejerce una presión negativa que las separa (Mason y Lorimer, 2002 en Lavilla y Bendicho, 2017).

Considerando la energía para inducir el movimiento vibratorio de las moléculas medias, este rango se divide en ultrasonido de baja potencia (alta frecuencia) (LPU, con frecuencias superiores a 100 kHz) y ultrasonido de alta potencia (baja frecuencia) (HPU, con frecuencias entre 16/20 y 100 kHz).

Los efectos de la HPU se basan en el fenómeno de cavitación, ésta se genera bajo la irradiación con ultrasonido, con la formación de microburbujas de vapor, causando la ruptura de las paredes celulares biológicas que facilita la penetración del disolvente, incrementando la extracción de componentes bioactivos (Lavilla y Bendicho, 2017), lo que genera los efectos químicos del ultrasonido, por lo tanto, la concentración de energía es la causa de la interacción indirecta del ultrasonido con la materia (Mason y Peters, 2011 en Lavilla y Bendicho, 2017); una microburbuja de cavitación se puede considerar como un microrreactor con alta temperatura (4 500 – 5 000 °K) y presión (superiores a 1 000 atmósferas), lo que produce la formación de especies altamente reactivas y estados excitados (Chen, Sharma y Mudhoo; 2011 en Lavilla y Bendicho; 2017). Existen dos fenómenos de cavitación transitoria y estable; la estable tiene lugar a bajas

intensidades y los efectos químicos que se pueden lograr son deficientes; en cambio en la cavitación transitoria que tiene lugar a altas intensidades y producen efectos químicos (Lavilla y Bendicho, 2017). La aplicación de ultrasonido de alta potencia, se fundamenta al fenómeno de cavitación acústica, que genera ondas acústicas de alta intensidad en el fluido, produciendo incrementos en las extracciones. Existen dos fenómenos físicos, el primero la difusión por las paredes celulares y el segundo el lavado y arrastre del contenido celular, una vez liberados por el primer fenómeno (Vinaturi, 2001). Ambos fenómenos están significativamente afectados por la radiación ultrasónica. El incremento de la transferencia de masa se produce por los efectos de la cavitación inducida por ultrasonidos, que aumenta la permeabilidad de los tejidos de las plantas (Gaete-Garretón, Vargas-Hernández, Cares-Pacheco, Sainz y Alarcón; 2011).

Los alcaloides se localizan en los tejidos periféricos en los diferentes órganos de la planta, es decir las capas externas de los frutos, semillas, raíces, epidermis de las hojas y corteza del tallo; debido al sabor astringente y amargo, los alcaloides cumplen diferentes funciones en la planta, la más importante posiblemente sea la de protección del ataque de microorganismos e insectos (Lara, 1999).

El tarwi es una leguminosa, que se utiliza para la alimentación humana y animal, en América del Sur la especie *Lupinus mutabilis* contiene nutrientes en cantidad interesante; alto contenido en grasa hasta 25 % en las

semillas (Torres-Tello, 1976), aceite comestible que podría extraerse; proteínas alrededor de 41 % muy semejante a la soya entre otros componentes nutritivos (Baer, Reimerdes & Feldheim, 1979); sin embargo la semilla almacena un alto contenido de alcaloides quinolizidínicos tóxicos, entre 3 a 5 % dependiendo del origen, que es necesario extraerlo, para aprovechar estas semillas (Hatzold, *et al.*; 1983).

El objetivo general fue: Evaluar el efecto de la extracción asistida por microondas, ultrasonido y convencional en la cantidad de alcaloides quinolizidínicos extraídos de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y los objetivos específicos: Relacionar la potencia en la extracción asistida por microondas, con la cantidad de alcaloides quinolizidínicos extraídos de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*). Determinar la relación de la potencia ultrasónica en la extracción asistida por ultrasonido, con la cantidad de alcaloides quinolizidínicos extraídos de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*). Establecer la relación que existe entre la agitación en la extracción convencional, con la cantidad de alcaloides quinolizidínicos extraídos de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*).

La investigación, se justifica porque establecerá los parámetros para obtener mayores extracciones de alcaloides quinolizidínicos en harina de tarwi, utilizando agua, utilizando dos métodos limpios de extracción: por microondas, ultrasonido y la otra convencional utilizando un biorreactor.

12,25 cm, con rotor FASTEX de 24 viales de vidrio descartable de 100 mL. Equipo ultrasonido tipo baño, marca: Wisd de 40 kHz, modelo WUC-DO6H, potencia de salida 253 W. Biorreactor marca Eppendorf modelo bioflo 120. Balanza analítica Adventurer OHAUS, modelo AR3130, capacidad 300 g., legibilidad 0,001 g, linealidad $\pm 0,002$ g. Agitador, marca New Brunswick Scientific. Espectrofotómetro marca Genesys, modelo G10S UV-Vis. Secador de cabina por convección de aire caliente. Destilador de agua. Materiales de vidrio. Micropipetas (50 – 100 μ L), (500 – 1 000 μ L). Tamizador MS TYLER con tamices (mallas: 20 y 18).

Reactivos

Hidróxido de potasio q.p., púrpura de bromocresol, óxido de aluminio (Al_2O_3), alcohol isopropílico q.p., cloroformo.

2. Materiales y métodos

Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de química de alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Materia prima

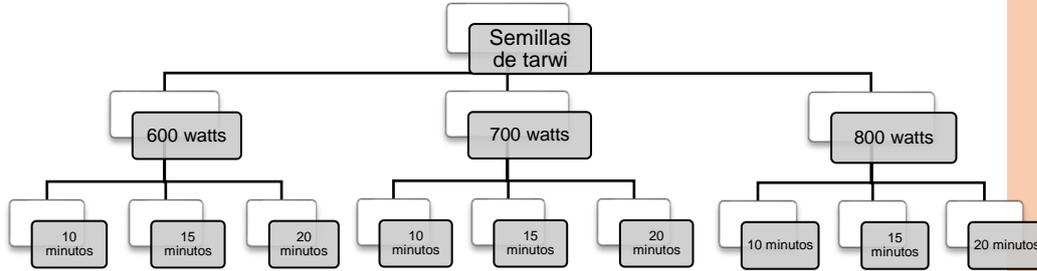
Se utilizó tarwi (*Lupinus mutabilis*) sembrado y cosechado en la provincia de Jauja, distrito de Acolla, cosecha 2017.

Material y equipos

Sistema extractor por microondas ETHOS UP, potencia de microondas 2 x 950 W, frecuencia de microondas 2,45 GHz

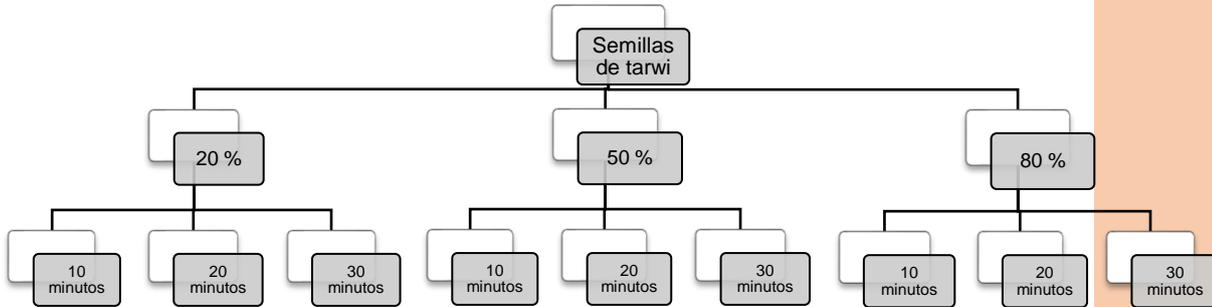
Diseño de la investigación

a. Extracción asistido por microondas



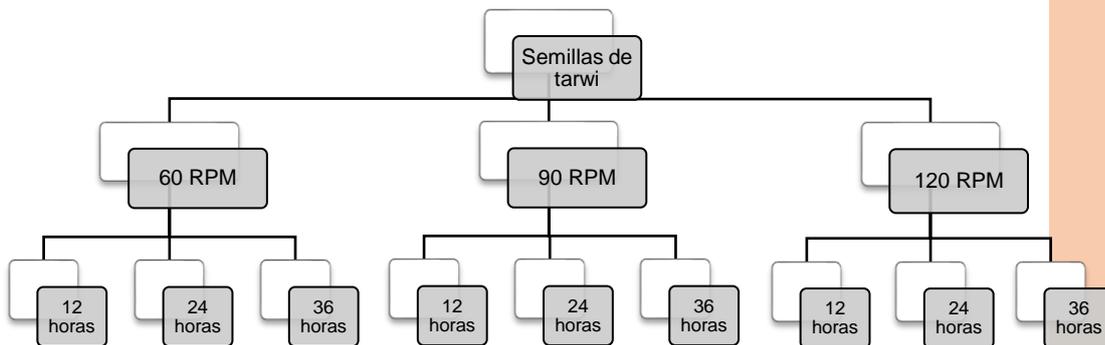
Potencia de operación: 600 watts, 700 watts y 800 watts
 Tiempo de extracción: 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos

b. Extracción asistido por ultrasonido



Frecuencia de operación: 40 kHz: Energía ultrasónica 20 %, 50 % y 80 %.
 Tiempo de extracción: 10 minutos, 20 minutos y 30 minutos.

c. Extracción convencional (biorreactor)



Agitación de operación: 60 RPM, 90 RPM y 120 RPM
 Tiempo de extracción: 12 horas, 24 horas y 36 horas

Métodos analíticos

- a. Preparación de la muestra,** las semillas de tarwi se sometieron a una molienda, luego se tamizó para obtener un tamaño de partícula ($0,85 \text{ mm} < \phi < 1,00 \text{ mm}$).
- b. Pretratamiento antes de la extracción,** 1,5 g semillas molidas se someterán a un pretratamiento, para la extracción asistida por microondas con 20 mL de agua destilada en el vaso de extracción a 700 watts - 85 °C por 20 minutos; para el caso de la extracción asistida por ultrasonido con 20 mL de agua destilada en el vaso de extracción a 40 kHz – energía ultrasónica 50 % - 45 °C por 20 minutos y para la extracción en el biorreactor 20 g de muestra con 500 mL de agua destilada a 120 RPM - 60 °C por 75 minutos; se cambia el agua del pretratamiento y se procede a los tratamientos de

extracción controlando las variables para cada tipo de extracción.

- c. Determinación de alcaloides por el método espectrofotométrico,** la determinación se realizó a la a la torta de tarwi después de cada extracción. Método de púrpura de bromocresol (BKP) planteado por Von Baer (1978) en Sosa (2000) y Castillo (1979).
- d. Técnicas y procesamiento de datos,** se aplicó un diseño de bloques completo aleatorio (DBCA) cuyos tratamientos son: tres potencias de microondas para la extracción asistida por microondas, tres energías ultrasónicas para la extracción asistida por ultrasonido y tres velocidades de agitación para la extracción con el biorreactor, con tres bloques (tiempos de extracción), con nivel de significancia de 5 %. Se utilizó el paquete estadístico Minitab 17

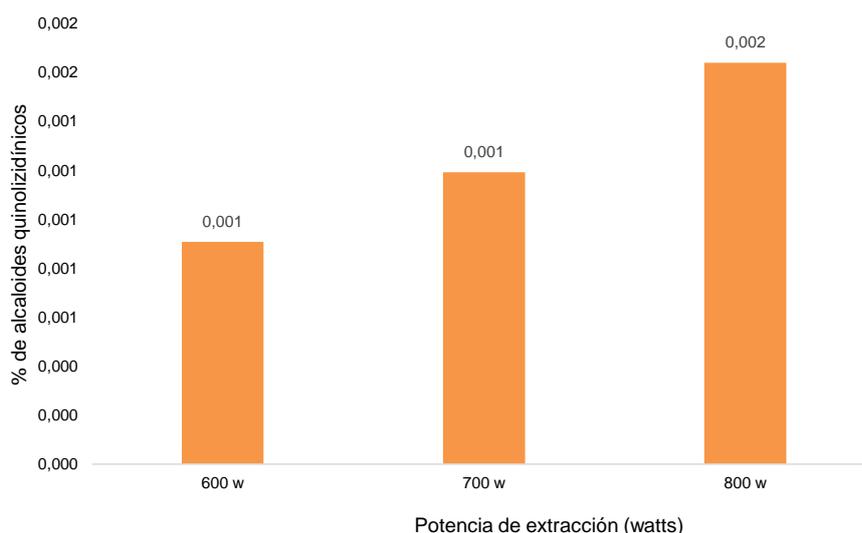
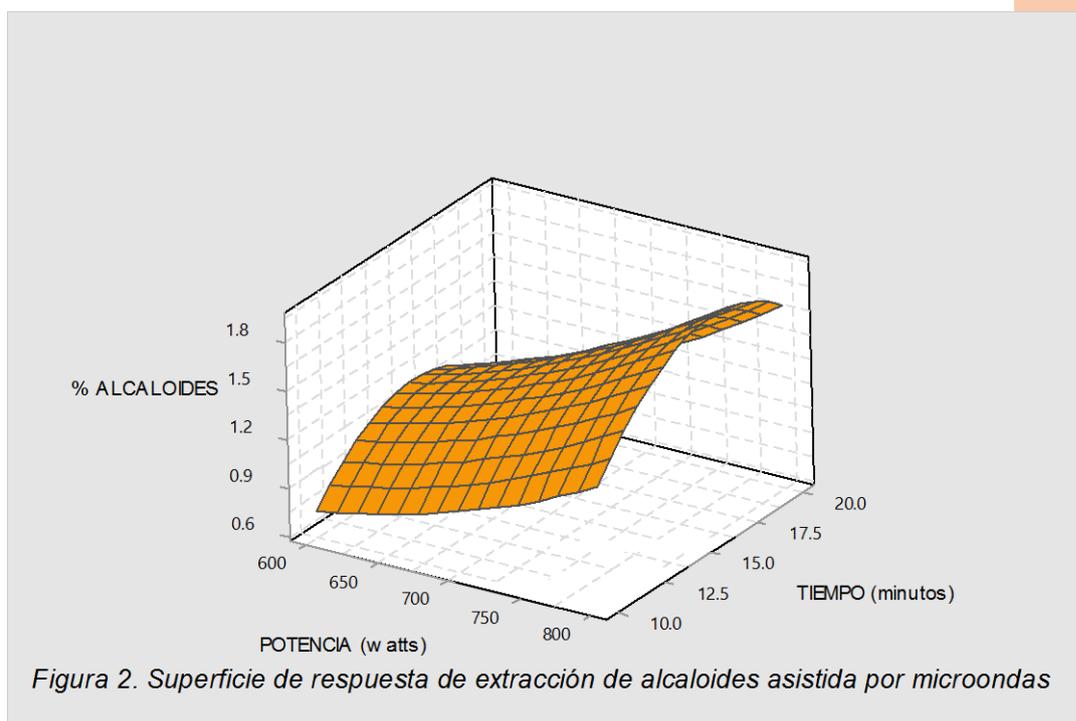
3. Resultados**a. Contenido de alcaloides residuales después de las extracciones****a.1 Extracción asistida por microondas**

Figura 1. Alcaloides residuales después de la extracción asistida por microondas

Evaluación estadística de la extracción asistida por microondas, con un nivel de significancia del 5 %; existe diferencia significativa en la cantidad residual de alcaloides quinolizidínicos, entre las diferentes potencias utilizadas. Aplicando la prueba de diferencias significativas según Tukey con un nivel de significancia del 5 %, se obtiene:

Factor	N	Mean	Grouping
T ₃ (800 w)	3	1,640	A
T ₂ (700 w)	3	1,1931	A B
T ₁ (600 w)	3	0,9088	B



La ecuación de regresión es:

$$\% \text{ Alcaloides} = 0,70 - 0,0099 \text{ potencia (watts)} + 0,371 \text{ tiempo (minutos)} + 0,000008 [\text{potencia (watts)}]^2 - 0,01507 [\text{tiempo (minutos)}]^2 + 0,000149 \text{ potencia (watts)} * \text{tiempo (minutos)}$$

a.2 Extracción asistida por biorreactor (convencional)

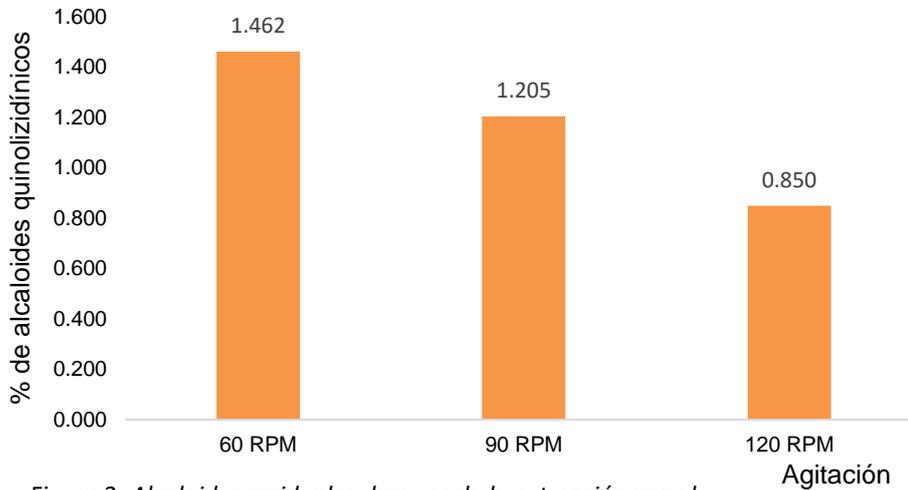


Figura 3. Alcaloides residuales despues de la extracción con el biorreactor (tradicional)

Evaluación estadística de la extracción convencional con biorreactor, con un nivel de significancia del 5 %; existe diferencia significativa en la cantidad residual de alcaloides quinolizidínicos, entre las diferentes agitaciones utilizadas. Aplicando la prueba de diferencias significativas según Tukey con un nivel de significancia del 5 %, se obtiene:

Factor	N	Mean	Grouping
C ₁ (60 RPM)	3	1,462	A
C ₂ (90 RPM)	3	1,2053	A B
C ₃ (120 RPM)	3	0,8500	B

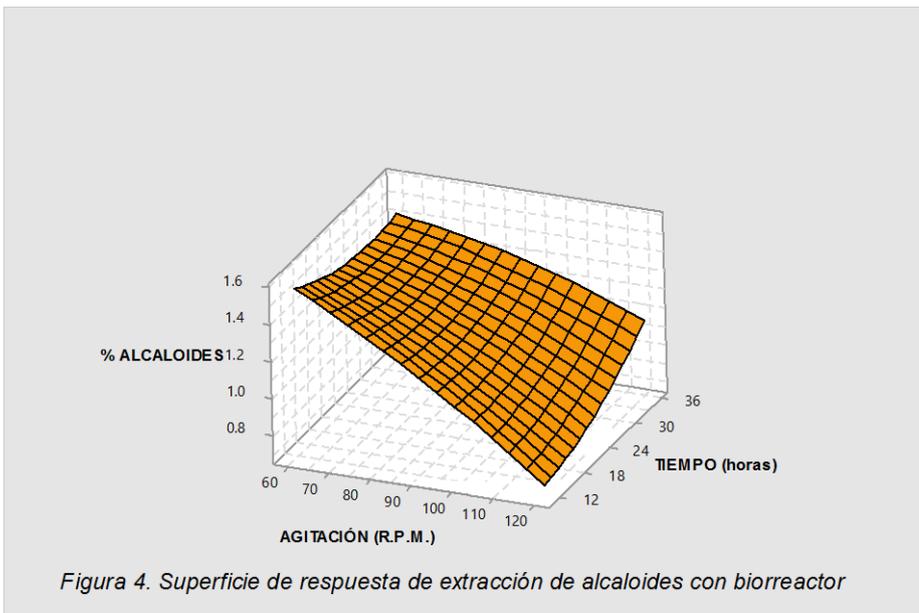


Figura 4. Superficie de respuesta de extracción de alcaloides con biorreactor

La ecuación de regresión es:

$$\% \text{ Alcaloides} = 2,528 - 0,0084 \text{ agitación (R.P.M.)} - 0,0487 \text{ tiempo (horas)} - 0,000055 [\text{agitación (R.P.M.)}]^2 + 0,000478 [\text{tiempo (horas)}]^2 + 0,000336 \text{ agitación (R.P.M.)} * \text{tiempo (horas)}$$

a.3 Extracción asistida por ultrasonido a 40 kHz

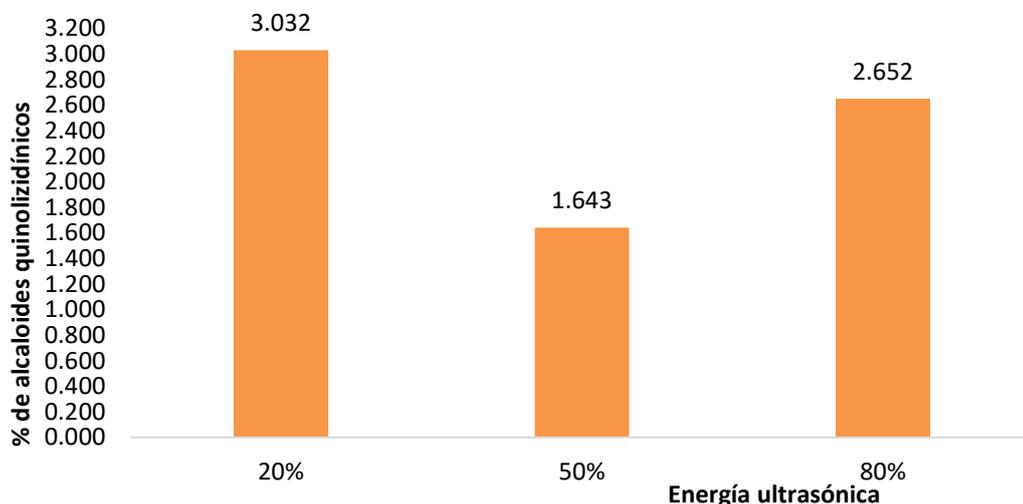
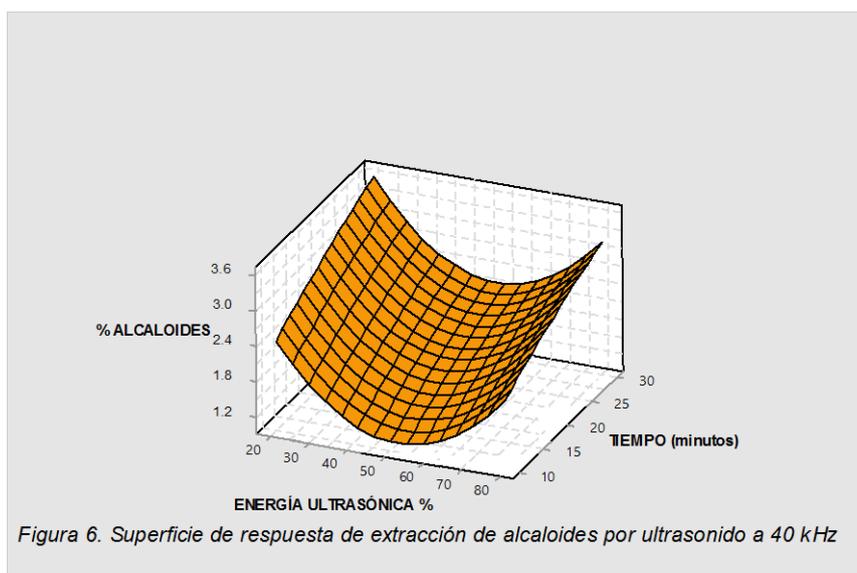


Figura 5. Alcaloides residuales despues de la extracción asistida por ultrasonido a 40 kHz

Evaluación estadística de la extracción asistida por ultrasonido a 40 kHz , con un nivel de significancia del 5 %; existe diferencia significativa en la cantidad residual de alcaloides quinolizidínicos, entre los diferentes porcentajes de energía ultrasónica utilizadas. Aplicando la prueba de

diferencias significativas según Tukey con un nivel de significancia del 5 %, se obtiene:

Factor	N	Mean	Grouping
U ₁ (20 %)	3	3,032	A
U ₃ (80 %)	3	2,652	A B
U ₂ (50 %)	3	1,643	B



$$\% \text{Alcaloides} = 3,891 - 0,13829 \text{ energía ultrasónica } \% + 0,0859 \text{ tiempo (minutos)} + 0,001332 (\text{energía ultrasónica } \%)^2 - 0,000683 \text{ tiempo (minutos)}^2 - 0,000062 \text{ energía ultrasónica } \% * \text{tiempo (minutos)}$$

4. Discusiones

a. Extracción asistida por microondas

De la figura 1, se puede apreciar que cuando aumenta la potencia de extracción, los alcaloides residuales son mayores, por lo que a 600 watts se obtiene una extracción mayor de los alcaloides logrando tener 0,909 % de alcaloides en la torta de tarwi, estadísticamente existe diferencias entre las potencias de extracción, por lo que a 600 watts es el parámetro de extracción por microondas. Analizando la figura 2, se puede apreciar que la condición óptima de extracción asistida por microondas es a 600 watts por 10 minutos, esto se debe que altas temperaturas que están relacionados con las altas potencias, pueden causar la degradación en la composición de los alcaloides lo que disminuye la capacidad de extracción (Wang y Weller, 2006). También

queda de manifiesto que existe significancia en la extracción, tanto por la potencia y tiempo de extracción, respecto al tiempo se puede apreciar que a 10 minutos se tienen la mayor extracción, luego le sigue a 20 minutos y la menor extracción a 15 minutos, estos resultados son coherentes con los hallados por (Quitain, Ozturk, Mission y Sasaki, 2017), quienes extrajeron alcaloides específicamente oximatrina de *Sophora flavescens* logrando mayor extracción a 15 minutos, siendo una de las condiciones óptimas.

b. Extracción asistida por biorreactor (convencional)

La figura 3, pone de manifiesto que, cuando hay mayor agitación, se logra una mayor extracción de los alcaloides, es así que a 120 RPM se tiene 0,850 % de alcaloides quinolizidínicos residuales, este resultado tiene coherencia ya que en esta condición hay mayor interacción entre el agua y las partículas de tarwi, favoreciendo la transferencia de masa de alcaloides hacia el agua; estadísticamente existe diferencias entre los niveles de agitación, por lo que a 120 RPM es el parámetro de extracción por el método convencional con el biorreactor. Analizando la figura 4, se puede apreciar que la condición óptima de extracción por el método convencional con el biorreactor es a 120 RPM por 12 horas, se puede observar la relación inversa entre la agitación y la cantidad de alcaloides residuales, también existe un comportamiento particular entre tiempo y potencia, como se puede estimar que a la mayor agitación se tiene una mayor extracción en los menores tiempos, sin

embargo conforme la agitación disminuye, se logra mayores extracciones a mayores tiempos. Se puede afirmar para el modelo que solamente el que genera diferencia significativa es la agitación.

c. Extracción asistida por ultrasonido a 40 kHz

La figura 5, visualiza una mayor extracción de alcaloides a la energía ultrasónica de extracción intermedia que para el trabajo corresponde 50 % con 1,643 % de alcaloides residuales, estadísticamente existe diferencias entre los niveles de energía ultrasónica, por lo que a 50 % de energía ultrasónica a 40 kHz, es el parámetro de extracción asistida por microondas; esto se puede explicar en la medida que cuando aumenta la temperatura aumenta la cavitación, hasta un límite aproximado de 50 °C que se logra al 50 % de la energía ultrasónica, pero cuando se supera ese umbral hay una caída de presión dentro de la matriz lo que genera una disminución de los efectos sonoquímicos (Lavilla y Bendicho, 2017). Analizando la figura 6, se puede apreciar que la condición óptima de extracción es a 50 % de energía ultrasónica a 40 kHz por 10 minutos, se puede ver que existe una tendencia de mayor extracción a la potencia ultrasónica intermedia a los diferentes tiempos y menores extracciones a las potencias menores y mayores a los diferentes tiempos. Si se realiza una comparación entre la extracción de alcaloides asistida por microondas y ultrasonido, se puede apreciar que el microondas tiene mayor capacidad de extracción, lo que concuerda con los hallazgos realizados por (Gao & Liu, 2005).

5. Conclusiones

- La relación que existe entre la potencia de extracción asistida por microondas y el contenido de alcaloides quinolizidínicos, es inversa, teniendo la mayor extracción de 0,909 % residual a 600 watts.
- Con la potencia ultrasónica intermedia evaluada, se obtiene la mayor extracción de alcaloides quinolizidínicos 1,643 % residual, a 50 % de potencia ultrasónica con frecuencia de 40 kHz.
- Existe relación directa entre la agitación y la extracción de alcaloides quinolizidínicos, se obtiene 0,85 % con 120 R.P.M.

Contribución de los autores: Autor 1 realizó los experimentos y procesamiento de los datos. Autor 2 la redacción del artículo y búsqueda de artículos científicos relacionados al trabajo. Autor 3 realizó la extracción asistida por microondas y la toma de datos. Autor 4 realizó la extracción con el biorreactor y la toma de datos. Autor 5 realizó la extracción asistida por ultrasonido y la toma de datos. Todos los autores realizaron la determinación de alcaloides.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

6. Referencias bibliográficas

- Angurel I., Casamitjana N., Caubet A., Dinares I., Llor N., Muñoz-Torrero D.,..., Velasco D. (s.f.). *Operaciones básicas en el laboratorio de química*. Universat de Barcelona.
- Baer D., Reimerdes E. H. & Feldheim W. (1979). Methoden zur Bestimmung der Chinolizidinalkaloide in *Lupinus mutabilis*. Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung, 169(1), 27–31. doi:10.1007/bf01353410
- Castillo R. (1979). *Extracción y caracterización de extracto etéreo de tarwi*. Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Elez G. I., Dragović-Uzelac V., Režek J. A., y Jukić, M. (2013). The effect of microwave assisted extraction on the isolation of anthocyanins and phenolic acids from sour cherry Marasca (*Prunus cerasus* var. Marasca). *Journal of Food Engineering*, (117) 4: 437–442. doi: 10.1016 / j. jfoodeng.2012.12.043
- Gaete-Garretón L., Vargas-Hernández Y., Cares-Pacheco M. G., Sainz J., y Alarcón J. (2011). Ultrasonically enhanced extraction of bioactive principles from *Quillaja saponaria* Molina. *Ultrasonics*, (51) 5: 581–585. doi: 10.1016 / j. ultras.2010.12.012
- Gao M. & Liu C.-Z. (2005). Comparison of techniques for the extraction of flavonoids from cultured cells of *Saussurea medusa* Maxim. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, (21) 8-9: 1461–1463, doi:10.1007/s11274-005-6809-1
- Hatzold T., Elmadfa I., Gross R., Wink M., Hartmann T. y Witte L. (1983). Quinolizidine alkaloids in sedes of *Lupinus mutabilis*. *J. Agric. Food Chem.* (31) 5: 934–938. doi: 10.1021 / jf00119a003
- Khoddami A., Wilkes M., y Roberts T. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18 (2), 2328–2375. doi: 10.3390 / molecules18022328
- Lara K. (1999). *Estudio de alternativas para el desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)*. Tesis de doctorado en química. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Ecuador.
- Lavilla I., y Bendicho C. (2017). Fundamentals of ultrasound-assisted extraction. *Water Extraction of Bioactive Compounds – from Plants to Drug Development*, Chapter 11. Editores: Herminia Dominguez Gonzáles y María Jesús Gonzáles Muñoz 291–316. doi: 10.1016 / b978-0-12-809380-1.00011-5
- Lovrić V., Putnik P., Bursać K. D., Jukić M., ..., Dragović-Uzelac V. (2017). Effect of microwave-assisted extraction on the phenolic compounds and antioxidant capacity of blackthorn flowers. *Food Technol. Biotechnol.*, (55) 2: 243-250. doi: 10.17113 / ftb.55.02.17.4687
- Quitain A.T., Ozturk B., Mission E.G. y Sasaki M. (2017). Microwave-assisted pressurized hot water Extraction of Alkaloids. *Water Extraction of Bioactive Compounds – from Plants to Drug Development*, Chapter 10. Editores: Herminia Dominguez Gonzáles y María Jesús Gonzáles Muñoz 269–289. doi: 10.1016 / b978-0-12-809380-1.00010-3
- Sosa C. (2000). *Influencia de dos métodos de extracción de un aislado proteico de lupino (*L. mutabilis*) en sus propiedades funcionales*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Torres-Tello F. (1976). *Lupinus mutabilis* Sweet -a potent food source from the Andean region. *Journal of Clinical Nutrition* 29:933.
- Vinatari M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry* 8: 303-313.
- Wang L. y Weller C.L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17 (6), 300–312. doi: 10.1016 / j.tifs.2005.12.004
- Zhu X., Su Q., Cai J. y Yang J. (2006). Optimization of microwave-assisted solvent extraction for volatile organic acids in tobacco and its comparison with conventional extraction methods. *Analytica Chimica Acta*, 579 (1), 88–94. doi: 10.1016 / j.aca.2006.07.005

**Evaluación de la actividad antioxidante y antibacteriana del tocosh de papa
(*Solanum tuberosum*)****Evaluation of antioxidant and antibacterial activity of potato (*Solanum tuberosum*) tocosh**Yábar Villanueva, E⁽¹⁾, Reyes De la Cruz, V⁽¹⁾, Casas Vásquez, J⁽¹⁾⁽¹⁾ Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú
E- Mail: eyabar@uncp.edu.pe

Resumen: Se ha evaluado la actividad antioxidante y antimicrobiana del tocosh y de suero de tocosh durante su fermentación. Se utilizó Tocosh fermentado en laboratorio y tocosh elaborado artesanalmente, también se utilizó suero de tocosh (agua de la papa fermentada concentrada hasta 10, 20 y 30%). Se determinó la actividad antioxidante método DPPH^{••}. Se determinó la actividad antibacteriana mediante el porcentaje de inhibición (difusión en disco Kirby y Bauer) con discos de ampicilina 20 µg como referencia para *E. coli* y oxacilina 1 µg para *S. aureus* y la concentración mínima inhibitoria de los extractos frente a *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 mediante micro dilución en caldo. El incremento de la actividad antioxidante y del porcentaje de inhibición frente a *E. coli* y *S. aureus* tienen una tendencia logarítmica, con valores más altos a los 30 días de fermentación. *E. coli* es resistente a los sueros del tocosh, intermedio al tocosh artesanal y sensible al tocosh de laboratorio, indicando que el tocosh de laboratorio presenta mayor porcentaje de inhibición, mientras que *S. aureus* es sensible a los dos tipos de tocosh, indicando que el tocosh como extracto tiene mayor actividad antibacteriana comparada al suero de tocosh. La actividad mínima inhibitoria del tocosh frente a *E. coli* es 25% y frente a *S. aureus* es 0.781%, demostrando que el tocosh inhibe a *S. aureus* significativamente más que a *E. coli*.

Palabras clave: porcentaje de inhibición, Actividad mínima inhibitoria, extracto de tocosh, suero de tocosh

Abstract: The antioxidant and antibacterial activity of tocosh and tocosh serum has been evaluated during fermentation. Tocosh fermented in laboratory and traditional tocosh were used, and tocosh serum (fermented potato water concentrated up to 10, 20 and 30%) was used. Antioxidant activity (DPPH^{••} method) was determined. The antibacterial activity was determined by inhibition percentage (Kirby and Bauer disc diffusion) with 20 µg ampicillin discs as a reference for *E. coli* and oxacillin 1 µg for *S. aureus* and the minimum inhibitory concentration of the extracts against *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Staphylococcus aureus* subsp. aureus ATCC 25923 by micro dilution in broth. The increase in antioxidant activity and inhibition percentage against *E. coli* and *S. aureus* have a logarithmic tendency, with higher values at 30 days of fermentation. *E. coli* is resistant to tocosh serum, intermediate to traditional tocosh and sensitive to laboratory tocosh, indicating that laboratory tocosh has a higher inhibition percentage, while *S. aureus* is sensitive to both types of tocosh, indicating that Tocosh as an extract has a higher antibacterial activity compared to tocosh serum. The minimum inhibitory concentration of tocosh against *E. coli* is 25% and against *S. aureus* is 0.781%, by demonstrating that tocosh inhibits *S. aureus* significantly more than *E. coli*.

Key words: inhibition percentage, minimum inhibitory concentration, tocosh extract, tocosh serum

1. Introducción

El tocosh, resultado de la fermentación-putrefacción bacteriana de la papa, almacenada en pozos construidos en la tierra, envueltos en paja y presionados mecánicamente con piedras bajo una corriente de agua de manantial, es tradicionalmente considerado como antibiótico natural y muy apreciado por los consumidores a pesar de su olor muy desagradable, fortalece el sistema inmunológico, posee actividad antioxidante y citoprotectora sobre la mucosa gástrica. Debido a la escasa información científica realizada sobre las propiedades medicinales del tocosh, el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antioxidante y antimicrobiana del tocosh y del suero de tocosh durante su procesamiento.

La fermentación mejora la actividad antioxidante debido a un aumento en la cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides resultado de una hidrólisis microbiana, induce la descomposición estructural de las paredes celulares de las plantas, que lleva a la liberación o síntesis de varios compuestos antioxidantes (Hur et al., 2014). La fermentación láctica produce ácido láctico como producto principal, bacteriocinas, exopolisacáridos (EPS), compuestos aromáticos, enzimas, vitaminas B (principalmente folato, riboflavina, cobalamina), mejor conservación del ácido ascórbico, glutatión, polioles bajos en calorías (manitol, sorbitol), que mejoran la seguridad, la calidad nutricional, propiedades sensoriales y actividad antioxidante, el aumento de la actividad antioxidante durante la fermentación se atribuye principalmente a la liberación de compuestos bioactivos por parte de las bacterias ácido lácticas (Fessard et al., 2017). Por lo tanto el tocosh al ser un producto fermentado puede presentar gran actividad antioxidante y así alta actividad antibacteriana.

2. Materiales y Métodos

Se utilizó tocosh fermentado en laboratorio y tocosh elaborado artesanalmente, también se utilizó suero de tocosh (agua de la papa fermentada) concentrada hasta 10, 20 y 30%.

Se utilizaron los siguientes Métodos

- i. Actividad antioxidante: Método DPPH^{•+} propuesto por Brand-Williams et al. (1995).
- ii. Análisis químico mediante cromatografía de gas-MS (servicio Universidad Nacional de Ingeniería)
- iii. Determinación de la actividad antibacteriana

Se determinó el porcentaje de inhibición y la concentración mínima inhibitoria de los extractos frente a *Escherichia coli* ATCC 25922 Código: R4607050 Marca: REMEL procedencia:USA y *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* ATCC 25923 Código: R4607010 Marca: REMEL Procedencia: USA.

Método difusión en disco (Método de Kirby y Bauer). Se usó Discos de sensibilidad en blanco cartucho por 50 unidades Marca: REMEL y como antibióticos de referencia se usó Disco de sensibilidad de ampicilina 20 µg x 50 discos lote 2217951 para *E. coli* y Disco de sensibilidad de oxacilina 1 µg x 50 discos lote 2248254 para *S. aureus*. Cada ensayo se repitió tres veces (CLSI MO2–A12 ,2015)

- Para *E. coli*: Pasterán F, Galas M. (2008)
- Para *S aureus*: **Sacsaquispe** RE, Velásquez J. (2002)

Lectura de las placas e interpretación de los resultados

Se midieron los diámetros de las zonas de inhibición completa (incluyendo el diámetro del disco), usando vernier con pantalla digital. Una vez obtenido el diámetro de inhibición de los discos se procedió a calcular el porcentaje de inhibición respecto al antibiótico de referencia:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Diámetro inhibición de muestra} \times 100}{\text{Diámetro inhibición antibiotico referencia}}$$

Se interpretó los resultados según estándares interpretativos de zona de diámetro y actividad mínima inhibitoria para las bacterias estudiadas (CLSI M100-S22, 2012)

iv. Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI). Método de micro dilución en caldo. Pasterán F, Galas M. (2008).

Se realizaron diluciones seriadas a la mitad en caldo Mueller Hinton (MH) – OXOID como sigue 0.500, 0.250, 0.125, 0.0625, 0.03125, 0.000156, 0.000078, 0.000039 de extracto concentrado de tocosh/mL. Se emplearon dos controles: el primero fue el control positivo (caldo MH al que se añadió la suspensión bacteriana) y el segundo fue el control negativo (caldo MH sin antimicrobiano y sin suspensión bacteriana). Las diluciones en serie de los extractos crudos en caldo y las suspensiones bacterianas se añadieron a las Microplacas en blanco de 96 micropocillos la concentración de 5×10^8 organismos/mL (McFarland Equivalence Turbidity

Standard 0.5 Código: R20410: REMEL Presentación: UNIDAD Procedencia: USA) Los valores de MIC se determinaron como las concentraciones más bajas que impiden el crecimiento visible. La lectura se realizó a 620 nm en el lector de microplacas Biotek ELX808.

3. Resultados

3.1. Actividad antioxidante

Se diferenció la actividad antioxidante del extracto de tocosh y del suero (fig 1), además se evaluó la actividad antioxidante durante su fermentación (fig 2)

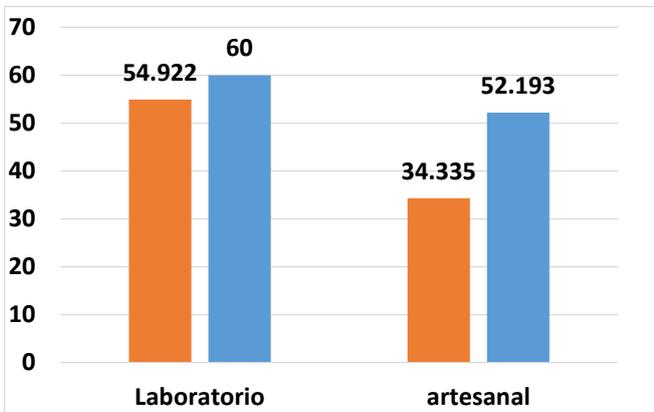


Figura 1. Capacidad antioxidante del tocosh fermentado artesanal y en laboratorio

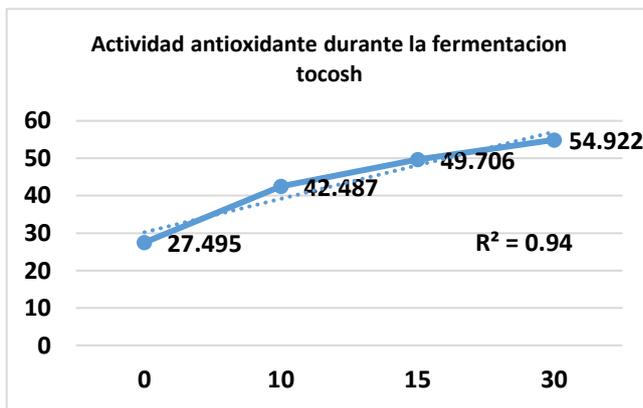


Figura 2. Actividad antioxidante durante la fermentación del tocosh

3.2 Actividad antibacteriana

3.2.1 Porcentaje de inhibición

Se determinó el porcentaje de inhibición de diferentes sueros (100% =suero sin concentrar) y sueros concentrados hasta 10, 20 y 30 % de su volumen y se comparó con el tocosh artesanal y de laboratorio (fig. 3) además se evaluó el porcentaje de

inhibición frente a las dos bacterias durante la fermentación (fig.4).

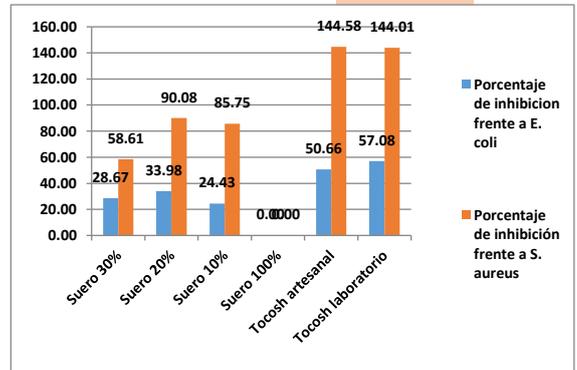


Figura 3. Porcentaje de inhibición de tocosh frente a E. coli y S. aureus

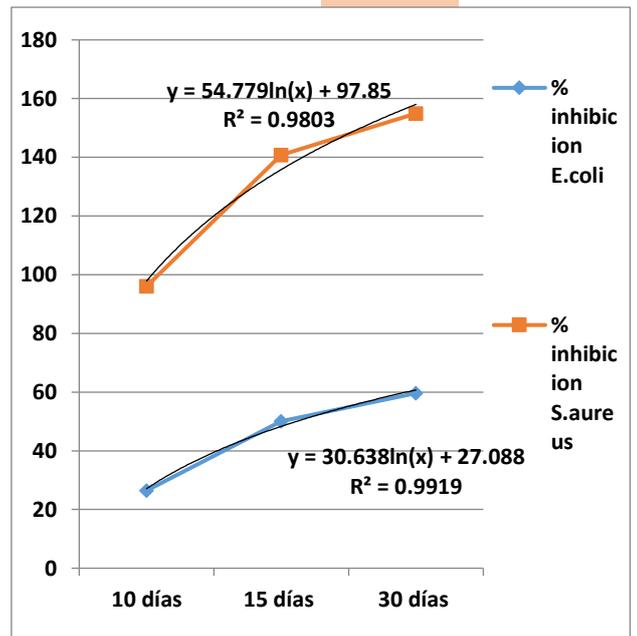


Figura 4. Porcentaje de inhibición del tocosh durante fermentación frente a E. coli y S. aureus

3.2.2 Actividad mínima inhibitoria (MIC)

Se determinó la dilución que no presenta crecimiento bacteriano frente a *E. coli* (fig. 5) y frente a *S. aureus* (fig. 6).

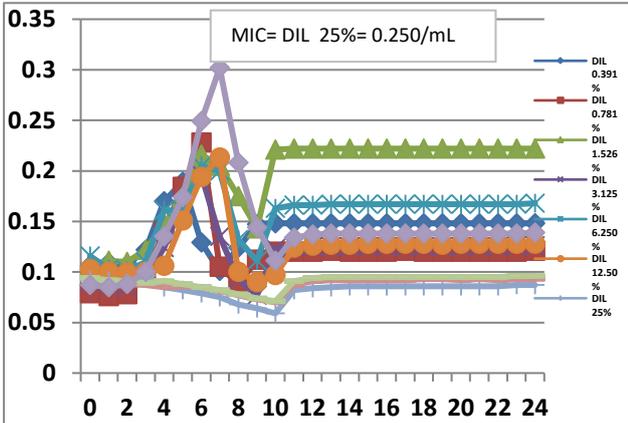


Figura 5. Actividad mínima inhibitoria del tocosh frente a *E.coli*

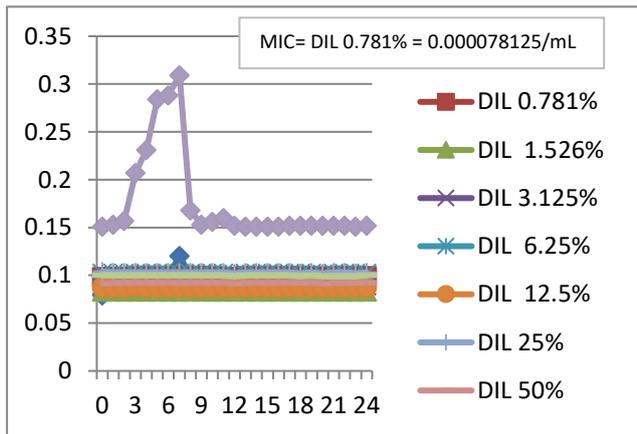


Figura 6. Actividad mínima inhibitoria del tocosh frente a *S. aureus*

b. Análisis químico.

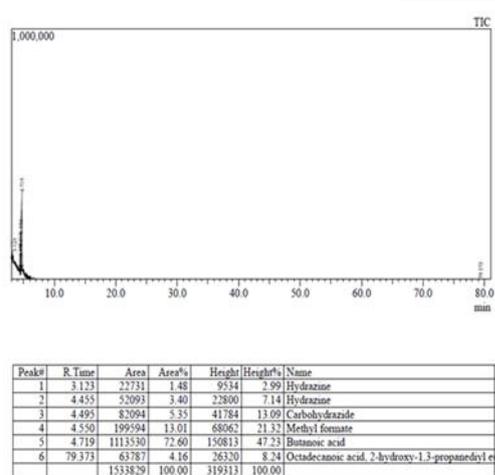


Figura 7. Compuestos químicos detectados en extracto de tocosh cromatografía de gas-MS

4. Discusion

El suero y el tocosh concentrado obtenido por fermentación en laboratorio presentaron mayor actividad antioxidante comparado al suero y tocosh fermentado artesanalmente, esto podría deberse a las condiciones de fermentación controladas en laboratorio. Con este resultado se confirma la actividad antioxidante y el efecto citoprotector del tocosh (Sandoval MH y col 2015). Por otro lado, el incremento de la actividad antioxidante durante la fermentación tiene una tendencia logarítmica con $R^2=0,94$ lográndose la mayor concentración 926.276 ± 59.19 (μ mol trolox g^{-1}) ó $54.922\% \pm 3.51$ a 30 días de fermentación.

En la figura 3 se puede observar que tocosh y suero inhiben al *S.aureus* significativamente más que a *E. coli*, sin embargo el tocosh inhibe a las bacterias mucho más que el suero, también se puede observar que no hay diferencia significativa entre el tocosh artesanal y de laboratorio frente a las dos bacterias estudiadas. La concentración del suero hasta 20% presenta mayor porcentaje de inhibición.

Según el estándar interpretativo de ampicilina ≥ 17 ; $I=14-16$; $R\leq 13$, el *E.coli* ATCC 25922 es resistente a los sueros, intermedio al tocosh artesanal y sensible al tocosh de laboratorio.

Según el estándar interpretativo de oxacilina $S\geq 13$; $I=11-12$; $R\leq 10$, el *S. aureus* ATCC 25923 es resistente al suero no concentrado y al suero concentrado hasta 30% , Intermedio a los sueros concentrados a 20 y 10 % y Sensible al tocosh tanto artesanal y de laboratorio.

En un estudio se determinó el efecto antibacteriano in vitro de *Solanum tuberosum* (papa fermentada) en cepas de

Escherichia coli con gentamicina el cual superó en sensibilidad comparado con ceftriaxona que fue en gran medida Moderadamente Sensible o Intermedio (Pesantes, 2015).

El incremento del porcentaje de inhibición durante la fermentación tiene tendencia logarítmica con $R^2=0.9803$ para *E. coli* y $R^2=0.9919$ para *S. aureus*, lográndose el mayor porcentaje de inhibición a los 30 días de fermentación con halos de 18.41 mm en promedio y 59.64% de inhibición para *E.coli* y 21.86 mm en promedio y 154.92% de inhibición para *S. aureus*, indicando el tocosh inhibe *S. aureus* significativamente más que *E. coli*.

Las condiciones particulares en las cuales se da el proceso de fermentación permiten el crecimiento de bacterias ácido lácticas. El perfil microbiano del tocosh reveló *Lactobacillus sakei* y *Leuconostoc mesenteroides* como las principales especies de LAB presentes durante la fermentación, los cuales mostraron actividades antibacterianas, así como la capacidad de producción de aminos biogénicas. (Jimenez y col 2018)

Según el análisis químico en cromatografía de gas se determinó un componente principal que es el ácido octadecanoico o ácido esteárico que podría contribuir con la actividad antimicrobiana y que según Quillana E. y col (2012) muchos de los productos metabólicos como ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno, reuterina y bacteriocinas, contribuyen con la actividad antibacteriana, por ello realizó la búsqueda de cepas lácticas productoras de sustancias antimicrobianas y cepas sensibles a los compuestos en mención, mediante las técnicas de bicapa y difusión en agar, enfrentándolas unas contra otras en grupos de 10 y concluyó que *Lactobacillus plantarum Tsh.pa* y *Tsh.IIIa* son las mejores cepas, que muestran mayor capacidad antagonista frente a cepas taxonómicamente afines y con posibilidades de ser utilizadas como bioconservantes de alimentos.

Según las figuras 5 y 6, la actividad mínima inhibitoria del tocosh es la dilución en la cual no existe crecimiento bacteriano y cuya curva se asemeja al control (-). El MIC frente a *E.coli* se observa en la dilución 2 es decir no existe crecimiento bacteriano hasta 25% de extracto de tocosh (0.250 ml de extracto de tocosh/mL de solución) y se observa crecimiento de *E.coli* a concentraciones más bajas. El MIC frente a *S. aureus* es la dilución 0.781% es decir no existe crecimiento de *S. aureus* hasta la dilución 0.781% (0.000078125mL de extracto de tocosh /mL solución).

5. Conclusiones

- El incremento de la actividad antioxidante y del porcentaje de inhibición frente a *E. coli* y *S. aureus* tienen una tendencia logarítmica durante la fermentación.
- *E.coli* ATCC 25922 es resistente a los sueros del tocosh, intermedio al tocosh artesanal y sensible al tocosh de laboratorio, indicando que el tocosh fermentado en condiciones de laboratorio presenta mayor porcentaje de inhibición, mientras que *S. aureus* ATCC 25923 es resistente al suero no concentrado, Intermedio a los sueros concentrados 20 y 10 % y Sensible al tocosh tanto artesanal y de laboratorio.
- La actividad mínima inhibitoria del tocosh frente a *E.coli* es 25% y frente a *S. aureus* es 0.781%, demostrando que el tocosh inhibe a *S.aureus* significativamente más que a *E. coli*.

Agradecimientos: Los autores pueden reconocer a las personas o instituciones que han contribuido de alguna manera con la investigación.

Contribución de los autores: Emilio Yábar, realizó los análisis e interpretación de la actividad antioxidante. Vilma Reyes realizó el análisis y la interpretación de la actividad antimicrobiana. José Casas realizó el análisis e interpretación estadística. Todos los autores revisaron el manuscrito.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier y C. Berset, Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LebensmittelWissenschaft und Technologie*: 28(1), 25-30 (1995).
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2012). M100-S22 Vol 32-No 3 Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Twenty second informational supplement 22nd edition
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2015). MO2 –A12 Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests, approved standards 12th edition

- Clinical and Laboratory Standards Institute CLSI (2012) M07-A9 Vol. 32 No. 2 Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard—Ninth Edition.
- Fessard, A., Kapoor, A., Patche, J., Assemat, S., Hoarau, M., Bourdon, E., Bahorun, T., & Remize, F. (2017). Lactic Fermentation as an Efficient Tool to Enhance the Antioxidant Activity of Tropical Fruit Juices and Teas. *Microorganisms*, 5 (23),
- Hur, S.J., Lee, S.Y., Kim, Y-C., Inwook Choi, I., & Kim, G-B. (2014). Review Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods, *Food Chemistry*, 160:1, 346-356.
- Jimenez E, Yepez A, Perez-Cataluña A, Ramos E, Zúñiga D, Vignolo G, Aznar R. Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh - traditional Peruvian fermented potatoes – by high throughput sequencing (HTS) and culturing LWT - Food Science and Technology 87(2018) 567-574
- Pasterán F, Galas M. (2008) Manual de Dto. Bacteriología Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas A.N.L.I.S. “Dr. Carlos G. Malbrán” Centro Regional Procedimientos Sensibilidad a los antimicrobianos en Salmonella, Shigella y E. coli de Referencia WHO-Global Salm Surv para América del Sur.
- Pesantes, P.P. (2015). Efecto antibacteriano in vitro de *Solanum tuberosum* (papa fermentada) en cepas de *Escherichia coli* comparado con gentamicina y ceftriaxona. Tesis para optar el título de médico cirujano. Facultad de medicina humana. Universidad Privada Antenor Orrego
- Quillama, E., Dávila, S., Medina, A., Avalos C. & Paredes D. (2012). Selección de cepas nativas de bacterias lácticas con capacidad antagonista para su uso en la fermentación de «tocosh». XXI RC ICBAR. Resúmenes – Biotecnología. Laboratorio de Microbiología Industrial y Biotecnología Alimentaria. Facultad de Ciencias Biológicas – UNMSM, Lima–Perú
- Sacsquispe RE, Velásquez J. (2002) Manual de procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de disco difusión. Serie de Normas Técnicas N° 30. Instituto Nacional de Salud
- Sandoval, M., Tenorio, J., Tinco, A., Loli, R., & Calderón, S. (2015). Efecto antioxidante y citoprotector del tocosh de *Solanum tuberosum* ‘papa’ en la mucosa gástrica de animales de experimentación. *Anales de la Facultad de Medicina*; 76(1):15-20.

Microencapsulación por atomización de extracto de orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*)

Microencapsulation by atomization of oregano extract (*Origanum vulgare*) and huacatay (*Tagetes minuta*)

Hinostroza Quiñonez, G⁽¹⁾, Saavedra Mallma, N⁽¹⁾, Corilla Flores, D⁽¹⁾, Mamani Flores, E⁽¹⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.
E-mail: ghinostroza@uncp.edu.pe

Resumen: El orégano (*Origanum vulgare*) y el huacatay (*Tagetes minuta*) son usados para la gastronomía en nuestro Valle del Mantaro, es así que el trabajo de investigación tuvo como objetivo microencapsular los compuesto polifenólicos de estas hierbas y evaluar sus características físico químicas las cuales pueden ser usadas como aromatizantes, antimicrobianos, antioxidantes, compuestos importantes para la salud. Para lo cual se utilizó la materia prima de la zona, con un acondicionamiento previo (secado, molido), luego se extrajo los componentes polifenolicos con metanol y etanol; a través de ultrasonido, y posteriormente se microencapsulo con maltodextrina y goma arábica; se realizó un DCA con arreglo factorial, en el cual se determina que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en la extracción de polifenoles. Se caracterizó los microencapsulados: Solubilidad, higroscopicidad, densidad aparente, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante a través de método de DPPH. Los resultados de la capacidad antioxidante DPPH del orégano extraído con metanol alcanzando 321.56 uM trolox eq/100 ml extracto y el de menor contenido el de huacatay extraído con metanol con un valor de 231 uM trolox eq/100 ml extracto. Y los poli fenoles de mayor valor el del orégano extraído con metanol con un valor de 87, 557 mg GAE / 100 mL. Estos extractos y microencapsulados serán utilizados en films para envasado.

Palabras clave: Microencapsulación, compuestos fenólicos, atomización, *Tagetes minuta*, *Origanum vulgare*.

Abstract: for the gastronomy in our Valley of the Mantaro, it is so that the work of investigation had as objective microencapsular the polyphenolic compounds of these grasses and to evaluate their physical chemical characteristics which can be used as aromatizantes, antimicrobianos, antioxidants, important compounds for the health. For which the raw material of the zone was used, with a previous conditioning (drying, milling), then the polyphenolic components were extracted with methanol and ethanol; through ultrasound, and later microencapsulum with maltodextrine and gum arabic; a DCA was made with factorial arrangement, in which it is determined that there is significant difference ($p < 0,05$) in the extraction of polyphenols. The microencapsulates were characterized: solubility, hygroscopicity, apparent density, polyphenol content and antioxidant capacity through DPPH method. The results of the antioxidant capacity DPPH of oregano extracted with methanol reaching 321.56 uM trolox eq/100 ml extract and the lowest content huacatay extracted with methanol with a value of 231 uM trolox eq/100 ml extract. And the polyphenols of greater value the one of the oregano extracted with methanol with a value of 87, 557 mg GAE / 100 mL. These extracts and microencapsulates with a high content of polyphenols and antioxidant capacity will be used in packaging films.

Key word: Microencapsulation, phenolic compounds, atomization, *Tagetes minuta*, *Origanum vulgare*.

1. Introducción:

La industria alimentaria está en la búsqueda de productos cada vez más naturales tales como la obtención de aditivos naturales como conservante, tal es el caso que para la elaboración de films con funcionalidad de conservar el alimento a base de biopolímeros con incorporación de polifenoles, u otros antioxidantes o como ingrediente en suplementos para una dieta balanceada. Las propiedades benéficas de los polifenoles extraídos pueden ser afectadas y reducidas por la presencia de oxígeno, humedad, calor o las condiciones almacenadas de almacenamiento (Fang & Bhandari, 2010). Por tanto se busca optimizar en la extracción de polifenoles de tejidos vegetales teniendo en cuenta los factores como tipo de disolvente, relación de disolventes, temperatura, tiempo; para obtener polifenoles de alta calidad.

En la actualidad, la industria de alimentos está en la búsqueda de productos cada vez más naturales, puesto que los consumidores están exigiendo productos orgánicos o con la menor cantidad de aditivos sintéticos que a la larga están generando problemas en la salud.

(Giles & Kristy, 2017) en su investigación obtuvo un preservante microencapsulado a partir de hierbas aromáticas (acedera, chincho y orégano) por el método de extracción asistida por ultrasonido y microencapsulación por atomización, indican su valor en su capacidad antioxidante demostraron que las hierbas y sus respectivos extractos atomizados pueden ser considerados como ingredientes o aditivos alimentarios con propiedades funcionales.

Se menciona que el spray drying es un proceso que se utiliza desde tiempos antiguos el cual sirve para encapsular compuestos de interés, siendo capaz de transformar una sustancia líquida, emulsiones, suspensiones en un producto seco y estable. (Largo Ávila, Cortés Rodríguez, & Ciro Velásquez, 2015)

Para mejorar la extracción el método basado en ultrasonido señala que este método está establecido en la propagación de ondas mecánicas mediante un conjunto de ciclos cuyas características de la onda son la longitud, amplitud, frecuencia, velocidad, potencia e intensidad. (Quiroz-Reyes et al., 2013) adicionan que el espectro de ondas en el ultrasonido se les denomina ondas ultrasónicas. Cuyas frecuencias se encuentran por encima del intervalo audible (>20 kHz) y por debajo de las frecuencias de microondas (hasta 10 MHz) (Muñoz, María, & Ana, 2015)

La microencapsulación es una técnica relevante en la actualidad para la industria alimentaria, farmacología entre otras cuyo propósito es de conservar biomoléculas como polifenoles, aromas, sabores, aceites esenciales. El orégano posee el carvacrol y el timol, responsables de las actividades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas y analgésicas micrororganismos. etc, manteniendo la estabilidad de estos ya que los protege de la luz, la humedad, oxidación, y, permite una liberación controlada de los compuestos funcionales, genera ventajas en cuanto al transporte, almacenamiento y es un mecanismo para enmascarar sabores y olores indeseables. El secado por aspersión es un proceso en el que el ingrediente activo es recubierto o atrapado dentro de un agente de transporte adecuado. Esta tecnología se utiliza comúnmente en la industria alimentaria para el aislamiento de ingredientes alimentarios como las especias. (Baranauskaite et al., 2017)

La *Tagetes minuta* por su diversidad y su alto valor en bioactivos, como: los flavonoides, los tiofenos y otros, los cuales son usados en la industria farmacéutica, la nutrición, alimentos, la agronomía y las industrias de medicinal. (Rezaei, Jamei, & Heidari, 2018) . Así mismo posee una actividad antioxidante en la eliminación de radicales de los compuestos se debe principalmente a sus componentes bioactivos dihidrotagetona, ocimeno, tagetona y limoneno el cual tiene un potencial de oxidación-reducción. Esta actividad antioxidante es alrededor de un IC50 entre 35-344 µg/mL. (Fang & Bhandari, 2010)

La investigación pretende utilizar estos microencapsulados en posteriores investigaciones para envasar alimentos y evaluar su efecto sobre la conservación de alimentos. Sustituir microencapsulados de polifenoles por aditivos químicos en alimentos.

Objetivos:

- Evaluar las características físico químicas del extracto de orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*).
- Determinar los parámetros óptimos de la microencapsulación por atomización del orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*).
- Caracterizar los microencapsulados óptimos de orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*).

2. Materiales y Métodos

Las pruebas experimentales se realizaron en los laboratorios de investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias: El Mantaro-UNCP.

El tipo de investigación es aplicado debido a que utiliza conocimientos científicos para la obtención de microencapsulados de orégano y huacatay, que enfoca la atención sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías, (Largo Ávila et al., 2015).

El nivel de investigación es experimental, explicativo. (Ávila, 2001).

Población: orégano y huacatay del Valle del Mantaro

Muestra: 15 Kg de orégano y huacatay de la zona de Pucará.

Análisis fisicoquímico del extracto del orégano y huacatay

- Determinación de capacidad antioxidante.
- Determinación de pH: Método potencio métrico recomendado por la AOAC (1998).
- Análisis de sólidos solubles (°Brix): método recomendado AOAC (1998).
- Análisis del contenido de polifenoles método recomendado por Stojanovic et al., 2011

Procesamiento y análisis de datos

De acuerdo a los tratamientos se realizó la evaluación con SPSS v. 21 de los microencapsulados. El procedimiento en general :

- Selección de la materia prima.
- Secado, molienda y empacado.
- Extracción de polifenoles con solventes.
- Microencapsulación de polifenoles.
- Evaluación físico química de extracto y microencapsulados

Equipos

- Espectrofotómetro
- Atomizador Buchii- B-290
- Ultrasonido UP 100
- Rotavapor
- Centrifuga
- Estándares: DPPH, ácido gálico, trolox

Características funcionales del microencapsulado de extracto de orégano y huacatay:

Características físicas:

- Análisis de solubilidad: método descrito por (Cano-Chauca, Stringheta, Ramos, & Cal-Vidal, 2005)

- Análisis higroscopicidad: método descrito por (Corke & H., 2000)

- Índice de Insolubilidad: método descrito por COVENIN 1115. (1996).

Análisis fisicoquímico del extracto del orégano y huacatay

- Determinación de pH: Método potencio métrico recomendado por la AOAC (1998).
- Análisis de sólidos solubles (°Brix): método recomendado AOAC (1998).
- Análisis del contenido de polifenoles método recomendado por Stojanovic et al., 2011

Características funcionales del microencapsulado de extracto de orégano y huacatay:

Características físicas:

- Análisis de solubilidad: método descrito por Cano-Chauca et al. (2005). (Cano-Chauca et al., 2005)
- Análisis higroscopicidad: método descrito por Cai y Corke (2000). (Corke & H., 2000)
- Índice de Insolubilidad: método descrito por COVENIN 1115. (1996).
- Densidad aparente: método descrito por Bhandari (2008).
- El rendimiento: método recomendado por AOAC (1998).

Características fisicoquímicas del microencapsulados

- Humedad: Método propuesto por la AOAC (1996)
- pH: Método potencio métrico recomendado por la AOAC (1998).
- Acidez: método recomendado por la AOAC (1998).
- Sólidos solubles (°Brix): método recomendado por la AOAC (1998).
- Determinación del contenido de polifenoles: Método propuesto por Stojanovic et al., 2011

En la investigación se consideró el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, siendo los factores solvente (metanol y etanol) encapsulante (maltodextrina y goma arábica) para los microencapsulados de extractos de orégano y huacatay.

El Modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

i: 1,2,3,4...pj:1,2,3,4...qk:1,2,..3,4 ...rij

Dónde: Y_{ijk} = Es el valor de polifenoles y rendimiento el atomizado del extracto de orégano y huacatay.

μ = Efecto de la media general.

A_i = Efecto de i-ésima nivel del factor solvente

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor encapsulante

3. Resultados

Se obtuvo el extracto de polifenoles extraídos con dos solventes: etanol y metanol, asistido por ultrasonido por 10 min, a una amplitud de 100 con 1.5 ciclo a partir del huacatay y el orégano acondicionado. A estos extractos con mezcla de encapsulante se le realizó análisis de sólidos solubles y pH. Y a los extractos se analizó el contenido de polifenoles. Luego se analizó el contenido de polifenoles y actividad antioxidante a los micro encapsulados con maltodextrina, debido a que se obtuvo mayor rendimiento. Finalmente los microencapsulados se caracterizaron respecto a sus propiedades funcionales siendo: higroscopicidad, humedad, densidad aparente y solubilidad.

Tabla 1:

Características físico químicas de los extractos de huacatay y orégano con disolución de microencapsulado (12% para malto dextrina y 20% para goma arábica)

Tratamiento	N	Sólidos solubles (°Bx) (X)	pH (X ± DS)	Polifenoles (mg GAE / 100 mL) (X ± DS)
H-M-1	3	13	6,3 ± 0.040	240,79 ± 11,74
H-E-1	3	12	5,89 ± 0.028	188,617 ± 3,503
H-M-2	3	22	5,62 ± 0.042	175,630 ± 3,62
H-E-2	3	21	5,57 ± 0.030	177,46 ± 1,54
O-M-1	3	12	6,12 ± 0.01	260,358 ± 9,61
O-E-1	3	12	6,32 ± 0.02	231,305 ± 6,433
O-M-2	3	22	6,20 ± 0.04	186,125 ± 15,95
O-E-2	3	23	6,23 ± 0.01	170,38 ± 4,23

H-M-1 = Extracto metanólico de huacatay maltodextrina
 H-E-1 = Extracto etanólico de huacatay maltodextrina
 H-M-2 = Extracto metanólico de huacatay goma arábica
 H-E-2 = Extracto etanólico de huacatay goma arábica
 O-M-1 = Extracto metanólico de huacatay maltodextrina
 O-E-1 = Extracto etanólico de huacatay maltodextrina
 O-M-2 = Extracto metanólico de huacatay goma arábica
 O-E-2 = Extracto etanólico de huacatay goma arábica

Las características físico químicas de los extractos que se obtuvieron; nos muestran que las muestras H-M-1, H-E-1, O-M-1, O-E-1 presentaron un bajo contenido de sólidos solubles. Respecto al pH las muestras tuvieron valores de 5,62 a 6,23. El contenido de polifenoles en la muestra H-M-2 presenta el menor contenido de polifenoles, en contraste con la muestra O-M-1, que presenta mayor contenido (260,358 mg GAE/ 100 mL)

Tabla 2:

Caracterización de los microencapsulados óptimos de orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*).

Tratamiento	N	Actividad antioxidante DPPH (uM trolox eq/100 ml extracto)	Polifenoles (mg GAE / 100 mL)
H-M	3	231.43 ± 1.436	80.085 ± 2,16
H-E	3	257.57 ± 7.344	77,452 ± 4,22
O-M	3	321.56 ± 2.940	87,556 ± 4,41
O-E	3	304.05 ± 5.558	85,56 ± 1,45

H-M = Extracto metanólico de huacatay maltodextrina
 H-E = Extracto etanólico de huacatay maltodextrina
 O-M = Extracto metanólico de huacatay maltodextrina
 O-E = Extracto etanólico de huacatay maltodextrina

Ecuación para la curva de contenido de polifenoles:

$$Y=14.055X-0.0412$$

Donde:

Y = absorbancia

X = concentración de polifenoles expresados en mg ácido gálico equivalente/ ml

Ecuación para actividad antioxidante por método de DPPH

$$Y = 0.0931 X + 1.7319$$

Donde:

Y = % de inhibición según las absorbancias en 1 hr

X = capacidad antioxidante en uM trolox eq/100 ml extracto)

Tabla 1:

Características físico químicas de los extractos de huacatay y orégano con disolución de microencapsulado (12% para malto dextrina y 20% para goma arábica)

Tratamiento	N	Sólidos solubles (°Bx) (X)	pH (X ± DS)	Polifenoles (mg GAE / 100 mL) (X ± DS)
H-M-1	3	13	6,3 ± 0.040	240,79 ± 11,74
H-E-1	3	12	5,89 ± 0.028	188,617 ± 3,503
H-M-2	3	22	5,62 ± 0.042	175,630 ± 3,62
H-E-2	3	21	5,57 ± 0.030	177,46 ± 1,54
O-M-1	3	12	6,12 ± 0.01	260,358 ± 9,61
O-E-1	3	12	6,32 ± 0.02	231,305 ± 6,433
O-M-2	3	22	6,20 ± 0.04	186,125 ± 15,95
O-E-2	3	23	6,23 ± 0.01	170,38 ± 4,23

H-M-1 = Extracto metanólico de huacatay maltodextrina

H-E-1 = Extracto etanólico de huacatay maltodextrina

H-M-2 = Extracto metanólico de huacatay goma arábica

H-E-2 = Extracto etanólico de huacatay goma arábica

O-M-1 = Extracto metanólico de huacatay maltodextrina

O-E-1 = Extracto etanólico de huacatay maltodextrina

O-M-2 = Extracto metanólico de huacatay goma arábica

O-E-2 = Extracto etanólico de huacatay goma arábica

Se trabajó con una temperatura de entrada de 180°C en el atomizador Buchhi B-90, el incremento de la temperatura del aire de secado nos da una mayor velocidad de deshidratación y por tanto mayor rendimiento de producto. (Corke & H., 2000)

Se analizó las características de humedad, que está alrededor de 2,47 a 2,89 %, el cual se trabajó con una temperatura de 180°C. Para (Corke & H., 2000) la humedad de su producto se encontró alrededor de 6.80 % con una temperatura de trabajo de 150°C, y 2,88 % con 180°C y de 2,13 % con 210°C. El microencapsulado de orégano tuvo una higroscopicidad entre 23,96 y 26,06 g humedad/ 100 g sólidos secos en el cual no existe diferencia significativa. La densidad alcanzada es de 0,28 al 0,31 g/mL.

Se realizó un análisis estadístico en función a la materia prima (huacatay y orégano), solvente y encapsulante. Existiendo diferencias significativas para en el encapsulante. La diferencia de medias en el encapsulante (maltodextrina, goma arábica) es significativa en el nivel 0.05.

Respecto a los polifenoles existe diferencia en cuanto al encapsulante. P = 0.117

Luego de obtenido los microencapsulados, se realizó una prueba de significancia, en la cual se indica que los microencapsulados con mayor contenido en polifenoles fueron aquellas que con encapsulante de maltodextrina y en las que se utilizó la goma arábica, mostraron aquellas en las que se utilizó un se obtuvieron mejores resultados con la maltodextrina, menos bajo rendimiento y fueron muy higroscópicas. Por tanto, la tabla 2, nos muestra que los microencapsulados del orégano microencapsuladas con malto dextrina.

4. Discusion

Características de los extractos de orégano y huacatay:

Se deshidrató las hojas de huacatay y orégano, molido y tamizado para luego extraer los compuestos fenólicos con etanol y metanol, a través de ultrasónido. Luego se concentró y se evaluó el contenido de polifenoles, según la tabla 1.

A la mezcla de extractos y encapsulante se les evaluó el pH y sólidos solubles.

Contenido de polifenoles y actividad antioxidante en microencapsulados:

Los microencapsulados con maltodextrina al 12%, tuvieron mayor rendimiento al ser atomizados (14%), los microencapsulados con goma arábica se descartó por el rendimiento que fue alrededor de 8%. A los microencapsulados con maltodextrina, se les evaluó el contenido de polifenoles y actividad antioxidante.

Caracterización de los microencapsulados óptimos de orégano (*Origanum vulgare*) y huacatay (*Tagetes minuta*).

Los microencapsulados óptimos de orégano y huacatay, se caracterizaron en cuanto a su higroscopicidad, humedad, densidad aparente y solubilidad, obteniéndose valores similares, no existiendo diferencias significativas.

Características de los extractos de orégano y huacatay:

Se obtuvo las características físico químicas de los extractos de huacatay y orégano en disolución de microencapsulado (12% para malto dextrina y 20% para goma arábica); en los extractos con solventes: metanol y etanol, se analizó el contenido de polifenoles, siendo el mayor contenido de 1046,51 ± 5,071 mg GAE/ 100 g muestra en el caso de huacatay extraído con metanol y ultrasonido por 10 min con amplitud de 100. (Guntero et al., 2015), en su investigación sobre la extracción de polifenoles de residuos vitivinícolas menciona que la mayor concentración de polifenoles totales fue con metanol, seguido por el etanol por su polaridad, y con la ayuda de ultrasonido a temperaturas de 40 °C a 60°C, por tiempo de 20 min, para el caso de la investigación se usó ambos solventes, existiendo una diferencia significativa.

(Escobar et al., 2014) menciona que el incremento del volumen molecular de los compuestos volátiles tiene influencia directa durante la microencapsulación mediante secado por atomización, es así que en la concentración de extractos etanólicos y metanólicos se obtuvo el 50%.

Contenido de polifenoles y actividad antioxidante en microencapsulados:

Natividad et al. (2009), con la finalidad de conocer sobre las propiedades funcionales del chincho se obtuvo los siguientes resultados de los componentes antioxidantes: vitamina C y flavonoides, obteniendo vitamina C igual a 14,49 mg de ácido ascórbico/100g de muestra húmeda; flavonoides 3-hidroxilo igual 39,72 mg de ácido gálico/g de muestra y flavonoides en términos de catequinas igual a 396,665 µg/ml de extracto.

Caracterización de microencapsulados:

(Cano-Chauca et al., 2005) mencionan que la maltodextrina como encapsulante en extractos y jugos atomizados tiene una alta solubilidad en agua, alrededor de 90%, en los microencapsulados obtenidos se tuvo como máximo un 93.24 %.

Respecto a la densidad aparente no hubo diferencia significativa, según (Arrazola & Herazo, 2014) (Corke & H., 2000)(Corke & H., 2000)(Escobar et al., 2014) indica que existe diferencia cuando se usó maltodextrina a un porcentaje de 30% , asu mismo indican a mayor proporción

de maltodextrina la densidad aparente disminuía en microencapsulado de antocianinas, también se indica que con un incremento de temperatura no existe diferencia significativa.

La maltodextrina como encapsulante da mejores resultados que la goma arábica, esto se puede referendar con la investigación de Corke y H. (2000) quien observo que este encapsulante otorga mejores propiedades de solubilidad y dispersión, y reduce la higroscopicidad del producto deshidratado.(Corke & H., 2000)

(Giles & Kristy, 2017), reporto valores de 1,53 y 82,7 µM trolox/ g para el caso de hojas secas y frescas de orégano, se observa que mayor capacidad antioxidante existe en las hojas frescas debido al deterioro que existe durante el secado. En esta sección explica los resultados, no los repitas. Compáralos con los fundamentos teóricos, antecedentes y con los argumentos a favor y en contra que pudieran surgir. Evita citas extensas y la discusión de literatura ya publicada, lo que si debes hacer es interpretar y comentar los resultados y sus implicaciones. Evalúa el alcance y limitaciones de los resultados. Debe contener las citas utilizadas.

Contribución de los autores: Autor 1 y 2, realizó los experimentos y tratamientos de datos.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

5. Conclusiones:

- La caracterización de las microcápsulas del huacatay y orégano tuvieron una humedad entre 2.47 % y 2.89%; higroscopicidad medida en g humedad /100 g solidos secos vario de 23.96 a 26.06, y también se obtuvo una densidad aparente de 0,28 g /mL, y la solubilidad estuvo alrededor de 88,40 a 93.54 %.
- La mayor capacidad antioxidante por DPPH, fue del orégano extraído con metanol alcanzando 321.56 µM trolox eq/100 ml extracto y el de menor contenido el de huacatay extraído con metanol con un valor de 231 µM trolox eq/100 ml extracto .

- Respecto a los poli fenoles se redujo en función al extracto, siendo el de mayor valor el del orégano extraído con metanol con un valor de 87, 557 mg GAE / 100 mL.

Recomendaciones:

- Se recomienda realizar extracción de polifenoles de oregano y de huacatay fresco, ya que según la bibliografía no se deteriora los biocomponentes.
- Realizar trabajos de investigaciones con diferentes mezclas de encapsulantes, ya que genera mayor protección de los biocomponenes.

Referencias bibliográfica

- Arrazola, G., & Herazo, I. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (Solanum melongena L .) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante Anthocyanins Microencapsulation of Eggplant (Solanum melongena L .) and Evaluation. 25(3), 31–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>
- Baranauskaite, J., Ivanauskas, L., Masteikova, R., Kopustinskiene, D., Baranauskas, A., & Bernatoniene, J. (2017). Formulation and characterization of Turkish oregano microcapsules prepared by spray-drying technology. *Pharmaceutical Development and Technology*, 22(6), 792–803. <https://doi.org/10.1080/10837450.2016.1189934>
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(4), 420–428. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
- Corke, Y. Z. C. and Al and, & H. (2000). Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. 65(3600), 1248–1252.
- Escobar, D., Arcia, P., Curutchet, A., Pelaggio, R., Urrestarazu, P., & Márquez Romero, R. (2014). Influencia de la transglutaminasa en el rendimiento de la producción de queso Dambo uruguayo. *Innotec*, 9, 24–30.
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 510–523. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>
- Giles, L., & Kristy, Y. (2017). Caracterización y obtención de preservantes microencapsulados a partir de Extractos Acuoso de Orégano (Origanum vulgare), Chincho (Tagetes elliptica) y Acedera (Rumex crispus).
- Guntero, V. A., Longo, M. B., Ciparicci, S. A., Martini, R. E., Andreatta, A. E., & Francisco, S. (n.d.). Comparación de métodos de extracción de polifenoles a partir de residuos de la industria vitivinícola. (1).
- Largo Ávila, E., Cortés Rodríguez, M., & Ciro Velásquez, H. J. (2015). Influence of Maltodextrin and Spray Drying Process Conditions on Sugarcane Juice Powder Quality. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7509–7520. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47839>
- Muñoz, María, & Ana. (2015). Efecto de los ultrasonidos de potencia en la despolimerización de taninos procedentes de semillas de uva Vitis vinifera.
- Quiroz-Reyes, C. N., Aguilar-Mendez, M. A., & Jesus, M. E. R.-O. y E. R.-D. J. (2013). COMPARATIVE STUDY OF ULTRASOUND AND MACERATION TECHNIQUES FOR THE EXTRACTION OF POLYPHENOLS FROM COCOA BEANS (Theobroma cacao L.). Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v12n1/v12n1a2.pdf>
- Rezaei, F., Jamei, R., & Heidari, R. (2018). Evaluation of Volatile Profile , Fatty Acids Composition and in vitro Bioactivity of Tagetes minuta Growing Wild in Northern Iran. *Tabriz University of Medical Sciences*, 8(1), 115–121. <https://doi.org/10.15171/apb.2018.014>

“Formulación y elaboración de una bebida probiótica fermentada a partir de lactosuero”**“Formulation and preparation of a fermented probiotic drink from whey”**Gutiérrez Gonzales M⁽¹⁾, Balvín Calderón E⁽¹⁾, Ugarte Meléndez⁽¹⁾⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.
E-mail: mgutiérrez@uncp.edu.pe

Resumen: En Junín uno de los productos de mayor producción y demanda es el queso fresco en cuya producción se desecha gran cantidad de lactosuero que no es aprovechado causando contaminaciones diversas. Las investigaciones realizadas con lactosuero han permitido revalorar este desecho rico en proteínas de calidad en bebidas y otros productos que justifican también su utilización por lo que el trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la formulación óptima en la elaboración de una bebida fermentada a partir del lactosuero con adición de *Lactobacillus acidophilus* que presente la mejores características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas. La investigación utilizó el método científico y experimental, se usó el diseño estadístico de bloques completamente al azar. Se formularon cuatro tratamientos: Lactosuero (75%, 85%, 95% y 100%); leche (25%, 15%, 5% y 0%) que se sometieron a evaluación sensorial por un panel de 15 jueces semi-entrenados para determinar la mejor formulación. Los resultados mostraron que el suero tuvo una acidez de 0,21% y pH 4,95. El tratamiento con 95% lactosuero y 5% leche fue el más aceptable por el panel de jueces y presentó los siguientes resultados físico-químico: pH (4,25), acidez (0,6%), sólidos solubles (18°Brix) y densidad (1,17 g/ml), el análisis químico proximal presentó grasa (1,2%), proteína (4,2%), ceniza (0,51%), humedad (87%), carbohidratos (7,09%) y no contiene fibra, los microbiológicos fueron: mohos (menor de 100), aerobios mesófilos viables ($2,1 \times 10$) y coliformes totales (≤ 10) encontrándose dentro de los límites permitidos por la norma, llegando a la conclusión que la bebida mejor aceptada tuvo buenas características sensoriales, físico químicas y microbiológicas para su consumo.

Palabras claves: *Lactobacillus acidophilus*, fermentada, lactosuero, bebida, análisis organoléptico, característica

Abstract . In Junín, one of the products with the highest production and demand is fresh cheese, in whose production a large amount of whey is discarded, which is not used, causing various contamination. The investigations carried out with whey have allowed to revalue this waste rich in quality proteins in beverages and other products that justify its use so the research work aimed to determine the optimal formulation in the preparation of a fermented beverage from the whey with the addition of *Lactobacillus acidophilus* that presents the best sensory, physicochemical and microbiological characteristics. The research used the scientific and experimental method, the statistical design of completely randomized blocks was used. Four treatments were formulated: Lactoserum (75%, 85%, 95% and 100%); milk (25%, 15%, 5% and 0%) that underwent sensory evaluation by a panel of 15 semi-trained judges to determine the best formulation. The results showed that the serum had an acidity of 0,21% and pH 4,95. The treatment with 95% whey and 5% milk was the most acceptable by the panel of judges and presented the following physical-chemical results: pH (4,25), acidity (0,6%), soluble solids (18 ° Brix) and density (1,17 g / ml), the proximal chemical analysis presented fat (1,2%), protein (4,2%), ash (0,51%), humidity (87%), carbohydrates (7,09 %) and does not contain fiber, the microbiological ones were: molds (less than 100), viable mesophilic aerobes ($2,1 \times 10$) and total coliforms (≤ 10) being within the limits allowed by the standard, concluding that the best accepted drink had good sensory, physical chemical and microbiological characteristics for its consumption.

Key words: *Lactobacillus acidophilus*, fermented, whey, drink, organoleptic analysis, characteristic

1. Introducción

La investigación permitió utilizar el lactosuero como subproducto proteico que se elimina y provoca gran contaminación por que es un vehículo excelente para el desarrollo microbiano o también se utiliza como alimento para animales, no aprovechando sus propiedades más importantes para el ser humano como el de ser un gran estimulante del peristaltismo intestinal, el de favorecer el desarrollo de los microorganismos del intestino; así como, el de estimular y desintoxicar el hígado. Por lo que se tuvo como objetivo determinar la formulación óptima en la elaboración de una bebida fermentada a partir del lactosuero con adición de un probiótico que tuvo como antecedentes investigaciones en la que se formularon y elaboraron bebidas refrescantes teniendo como base el suero dulce de queso fresco con sabores a fruta, otras investigaciones fueron obtener bebidas fermentadas de suero de queso fresco inoculadas con diferentes *Lactobacillus* como el *Lactobacillus casei*. Por lo que fue justificable aprovechar el lactosuero en la elaboración de este producto que traerá como beneficios el de disminuir la contaminación, además de incluir proteínas de calidad en los productos que se elaboren. El hecho de agregar cultivos de lactobacillus hace también a la bebida fermentada un producto probiótico que son suplementos alimentarios microbianos vivos que mejoran el equilibrio microbiano intestinal, además son microorganismos que favorecen las funciones protectoras del tracto digestivo y también son conocidos como bioterapéuticos, bioprotectores o bioprolifáticos por que se usan para evitar las infecciones gastrointestinales. Por lo que el objetivo de este estudio fue la elaboración de un producto fermentado probiótico a partir del lactosuero de queso que cumpla con las características de calidad cuando se somete a análisis fisicoquímicos, químico proximal, microbiológicos y a las evaluaciones organolépticas para su aceptación.

2. Materiales y Métodos

La parte experimental se llevó a cabo en el laboratorios de Instrumentación y Análisis de Alimentos y de Microbiología de Alimentos de la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú. La población estuvo conformada por el

suero dulce y la leche que se obtuvo del Centro de Capacitación Producción y Servicios de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNCP y el cultivo fue *L. acidophilus*. Para cumplir con el objetivo principal se aplicó la investigación de tipo experimental siendo la muestra en función a las cantidades necesarias para realizar los ensayos, se aplicó 4 tratamientos: T1= 75% lactosuero y 25% de leche, T2 =85% lactosuero y 15% leche, T3 = 95% lactosuero y 05% de leche y T4 =100 % lactosuero y 0% de leche). El flujograma utilizado fue el siguiente: Materia prima (lactosuero); Filtrado del lactosuero con malla; Pasteurización del lactosuero a 80°C por 15 min.; Enfriado del lactosuero a temperatura ambiente; Pasteurización de la leche a 85°C por 30 min.; Estandarización que consistió en mezclar el lactosuero con la leche de acuerdo a la formulaciones planteadas más el azúcar blanca refinada y el estabilizante CMC a 50°C; Homogenizado que consistió en uniformizar la mezcla hasta la completa uniformización de todos los ingredientes por un espacio de 15 min.; Pasteurización se realizó a temperatura de 85°C por 15 min. para todas las muestras, con la finalidad de reducir la carga microbiana que pudiera incluirse por la adición del azúcar blanca y el estabilizante.

Para el análisis sensorial del producto se utilizó un panel de 15 jueces semi-entrenados necesarios para la evaluación de las 60 muestras de acuerdo a un formato donde se utilizó una escala hedónica de 1 a 5 donde se dio un valor más bajo a "Me desagradó mucho" hasta el valor más alto a "Me agrada mucho". La unidad experimental fue la evaluación sensorial de la bebida fermentada de lactosuero. Las variables del estudio fue la bebida fermentada del lactosuero como variable dependiente y las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas como variables independientes.

El análisis estadístico aplicado en la investigación para el trabajo experimental se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, se utilizó el análisis de varianza con ajuste de significación de Duncan de 5%. Para el análisis sensorial del producto se utilizó un Diseño en Bloques Completo al Azar con 15 repeticiones que correspondieron al número de jueces. En la separación de medias se aplicó el test de rangos múltiples de Duncan con $p < 0.05$.

Para el diseño el modelo lineal estuvo dado por :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, t \text{ (t= tratamientos)} \\ j = 1, 2, \dots, b \text{ (r= bloques)} \end{cases}$$

Y= Valor esperado

μ = Media

τ = Tratamientos (formulaciones)

β = Bloques

ϵ = Error

3. Resultados

Los resultados de la evaluación físico química de Materia prima lactosuero y leche se muestran en la Tabla 1

Tabla 1:Resultados de los análisis físico químicos de la leche y lactosuero

Análisis	Lactosuero	Leche
pH	4,95	6,6
Acidez (% ác. Láctico)	0,21	0,14
Densidad (g/mL.)	1,023	1,03

Estos análisis se realizaron previo a la elaboración del producto. Los resultados de la evaluación organoléptica del suero dulce se dan a continuación:

Características Organolépticas del suero dulce

COLOR : Amarillo verdoso

SABOR : Agridulce.

APARIENCIA : Liquido turbio.

Características Organolépticas de la leche

ASPECTO : Líquido opaco

COLOR : Blanco marfil.

SABOR : Propio de la leche sin tratar

La Evaluación Sensorial de las 60 muestras siendo 15 por cada tratamiento (T1,T2,T3 y T4) y de acuerdo a la apreciación de los jueces , los resultados se aprecian en la Figura 1 y en las Tabla 2 y 3 para el atributo Olor

Figura 1: Resultados de la evaluación para el atributo Olor

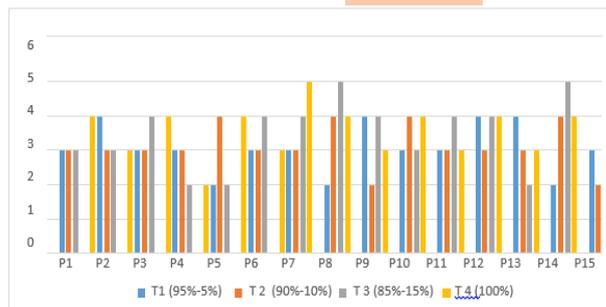


Tabla 2. Análisis de varianza para el atributo Olor

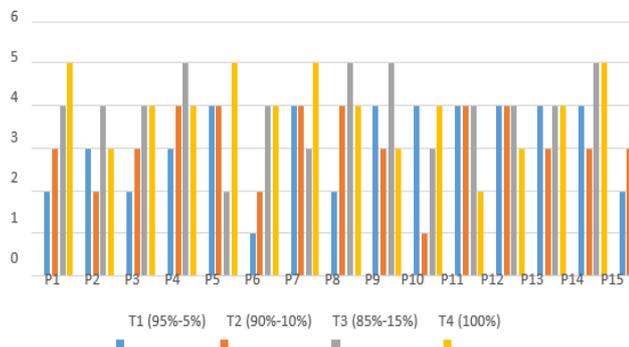
Fuente de Variación	G.L.	S.C	C.M.	F.C	F.T. (0,05)	Significancia
Tratamiento	3	3,33	1,11	2,1	2,5	N.S
Panelista	14	6,83	0,49	0,65	1,5	N.S
Error	42	27,2	0,60			
Total	59	37,3				

Tabla 3. Rango Mínimos de Duncan (RMD) y Rangos Mínimos Significativos (RMS)-Atributo Olor

Rango Mínimos de Duncan (0,05)				
Tratamiento	T4	T3	T2	T1
Promedio	3,59	3,51	3,12	3,05
Factor calculado	0,05			
Valores P	2	3	4	
AES (D)	2,82	2,91	3,01	
Error estándar	0,208	0,208	0,208	
ALS (D)	0,59221	0,621	0,642	

A continuación se observan los resultados de la evaluación sensorial para el atributo Sabor que se observan en la Figura 2 y en la Tabla 4

Figura 2: Resultados de la evaluación de cada panelista para el atributo Sabor



En la Tabla 4 se observa los resultados del Análisis de Varianza

Tabla 4. Resultados del Análisis de Varianza para el atributo Sabor

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M.	F.C.	F.T.	Signific
Tratamiento	3	11,400	3,8	5,4	2,8	**
Panelista	14	9,733	0,7	0,7	1,9	N.S
Error	42	39,6	0,9			
Total	59	60,7				

En la siguiente Tabla 5, se observa el rango mínimo de Duncan y rangos mínimos significativos

Tabla 5. Rango Mínimos de Duncan (RMD) y Rangos Mínimos Significativos (RMS)-Atributo Sabor

Rango Mínimos de Duncan (0,05)				
Tratamientos	T3	T4	T1	T2
Promedios	4,0	3,9	3,1	3,1
Factor calculado	0,05			
Valores P	2	3	4	
AES (D)	2,85	2,99	3,09	
Error estándar	0,251	0,25	0,25	
ALS (D)	0,71	0,7	0,77	

En la Figura 3, se observa los resultados de la apreciación de los jueces para el atributo textura

Figura 3. Resultados de la apreciación de los jueces para el atributo textura

Figura 3. Resultados de la evaluación de cada panelista para el atributo textura

En la Tabla 6, se observa los resultados del análisis de



varianza para el atributo textura

Tabla 6. Resultados del análisis de varianza para el atributo textura

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M.	F.C.	F.T.	Significan
Tratamiento	3	5,733	1,91	1,7	2,8	N.S
Panelista	14	15,733	1,12	1,75	1,99	N. S
Error	42	26,3	0,63			
Total	59	47,7				

En la Tabla 7, se observa el rango mínimo de Duncan y rangos mínimos significativos

Tabla 7. Rango Mínimos de Duncan (RMD) y Rangos Mínimos Significativos (RMS)-Atributo Textura

Rango Mínimos de Duncan (0,05)				
Tratamiento	T3	T2	T4	T1
Promedios	3,40	3,33	2,87	2,67
Factor Calculado	0,05			
Valores P	2	3	4	
AES (D)	2,85	2,99	3,09	

Error estándar	0,204	0,204	0,204	
ALS (D)	0,58	0,61	0,63	

De acuerdo a la evaluación sensorial realizada, se obtuvo el tratamiento T3 (95% Lactosuero y 05% Leche) fue la que tuvo la mejor aceptación. En la Tabla 8 se muestran los resultados del análisis físicos químicos realizados al producto terminado.

Tabla 8. Resultados de la evaluación físico- química de la bebida fermentada con lactosuero con mejor aceptabilidad

Análisis	Bebida fermentada
pH	4,25
Acidez (% ácido láctico)	0,60
°Brix	18,00
Densidad (g/mL.)	1,17

En la Tabla 9, se observan los resultados del análisis químico proximal para la muestra con mejor aceptabilidad

Tabla 9. Resultados del análisis químico proximal para la bebida fermentada con mejor aceptabilidad (T3: 95% suero y 5% leche)

ANÁLISIS(%)	RESULTADO
Grasa	1,20
Proteína	4,20
Cenizas	0,51
Humedad	87,00
Fibra	0,00
Carbohidratos	7,09

En la **Tabla 10**, se observa los resultados del análisis microbiológico de la muestra que tuvo la mejor aceptabilidad es decir 95% suero y 5% leche (T3).

Tabla 10. Análisis microbiológico de la bebida fermentada probiótica de lactosuero (T3:95% lactosuero y 5% leche).

ANÁLISIS	RESULTADO
Numeración de mohos (UFC/g)	< 100
Numeración de Aerobios Mesofilos Viables (UFC/g)	2,1, x 10
Numeración de Coliformes (UFC/g)	< 10

En la Tabla 11, se observan los resultados de la evolución del pH y acidez a través del tiempo

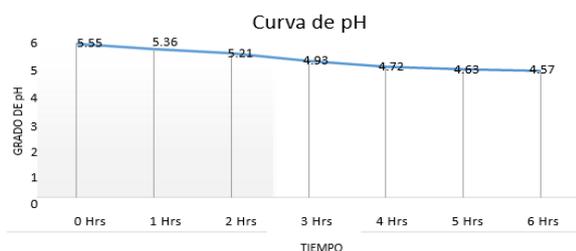
Tabla 11. Evolución del pH y acidez de la muestra con mejor aceptabilidad

Tiempo	pH	Acidez %
0 Hrs	5,51	0,23
1 Hrs	5,32	0,31
2 Hrs	5,21	0,38
3 Hrs	4,95	0,45
4 Hrs	4,81	0,54
5 Hrs	4,61	0,61
6 Hrs	4,55	0,62

En la Figura 4 se observa la evolución de la acidez en función al tiempo.

Figura 4. Evolución del porcentaje de acidez en relación al tiempo



Figura 5. Decrecimiento del pH en relación al tiempo

4. Discusion

El pH del lactosuero de 4,95 fue bajo con respecto al pH de 6,5 de acuerdo a lo mencionado por Gutiérrez, E.(2006). Del análisis de la leche el pH de 6,6 estuvo de acuerdo a lo mencionado por Alais, Ch. (2003) quién indica que el pH de la leche está entre 6,5 a 6,7, igualmente la acidez 0,14% y densidad 1,03 g/mL. estuvieron dentro de los valores mencionados por Alais, Ch.(2003).

De la evaluación sensorial de los tratamientos se puede observar en la Tabla 2, respecto al atributo Olor con un nivel de significancia de 0,05 y después de realizar el ANVA los panelistas no encontraron diferencia significativa entre los tratamientos para este atributo. De la Tabla 3, a nivel de 0,05 se corrobora que el atributo Olor no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (T4, T3, T2 y T1), es decir para los panelistas fue indiferente escoger cualquiera de los tratamientos. En la Figura 1, se puede observar los resultados de la evaluación para el atributo Olor por cada panelista.

De la Tabla 4, para el atributo Sabor después de realizarse el Análisis de Varianza no hubo diferencia significativa, para los tratamientos, al ser evaluado por los panelistas. Sin embargo, al realizarse el rango mínimo de Duncan que se observa en la Tabla 5, a nivel de 0,05 los tratamientos T3 y T4 no mostraron diferencia significativa; sin embargo, entre los tratamientos T3, T1, T2 y T4, al menos uno ellos es diferente al otro. En la Figura 2, se observa los resultados de la evaluación que hizo cada panelista para los 4 tratamientos del atributo sabor.

De la Tabla 6, para el atributo Textura del Análisis de varianza muestra igualmente que para los panelistas, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos es decir los jueces evaluaron en forma similar para este atributo. De

la de los Rangos mínimos de Duncan y rangos mínimos significativos que se observan en la Tabla 7, a un nivel de 0,05 indican que los tratamientos T3, T2 y T4 no mostraron diferencia significativa entre ellos, pero los tratamientos T3, T1 y T2, mostraron que al menos uno ellos es diferente al otro para este atributo. En la Figura 3, se muestra la apreciación que realizó cada panelista para la textura donde el tratamiento T3 tuvo mejor aceptabilidad porque tuvo mejor calificación con un promedio general de 55 (olor, color y sabor), seguido por el tratamiento T4 y T2 y por último el tratamiento T1 con 44 puntos por que se eligió el tratamiento T3.

De la Tabla 8, de acuerdo a lo referido por Moya, A.(2002) refiere sobre una bebida fermentada de lactosuero un pH de 3,47 y que después de 20 días de almacenamiento tuvo un pH de 4,4 sin embargo, el resultado obtenido de pH igual a 4,25 fue sin almacenamiento mostrando un valor distinto. Sin embargo, el producto obtenido presentó características parecidas a un yogur bebible que de acuerdo a lo indicado por Rivas, A.(2000) el yogur puede tener un pH entre 3,7 a 4,6 por lo que producto estuvo dentro del rango.

Para el porcentaje (%) de ácido láctico de acuerdo a lo indicado por Fennema, O. (1996) en el yogur puede estar de 0,8 a 1,8%, sin embargo, en el producto estudiado tuvo un porcentaje menor con un 0,6% de ácido láctico.

Con respecto a los sólidos solubles los 18°Brix fue similar a lo obtenido por Londoño, M. et al., (2000) que refieren un valor de 17°Brix para la bebida de lactosuero fermentada que estudiaron.

Con respecto a la Tabla 9, para los resultados de la composición proximal de la bebida fermentada con 95% de lactosuero y 5% de leche, para la grasa se tuvo un 1,2% distinto a lo indicado por Londoño, M., et al., (2000) referido por Machacuay, S.(2015) que reportaron un valor de 0,4% es decir que el producto estudiado tuvo más grasa.

Para el porcentaje de proteína que fue de 4,2% este fue más alto que el obtenido por Itara, L.(2007) que reportó 0,89% para una bebida teniendo como base suero dulce de queso fresco. Pero la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 29.09:2012-Bebidas de sueros), menciona que para bebidas a base de suero el contenido de proteína como mínimo es de 0,4% estando el producto estudiado dentro de lo recomendado.

El contenido de ceniza que fue 0,51% distinto al mencionado por Londoño, M. et al., (2008) quien reportó 0,45%.

Para el contenido de carbohidratos que fue de 7,09% difiere al obtenido por Londoño, M., et al. (2008) quienes reportaron 14,6%.

De la Tabla 10, para los resultados microbiológicos, en cuanto se refiere a Numeración de mohos, Numeración de aerobios mesofilos viables y Numeración de Coliformes, los resultados obtenidos estuvieron dentro de los valores permitidos por las Normas Técnicas Peruanas-2008 (Leche y productos lácteos yogurt) y la Norma Técnica Ecuatoriana para sueros.

De la Tabla 11 y la Figura 4, se observa un incremento en la acidez debido a que de acuerdo a Reid, G. y Boking, A. (2003), la fermentación láctica provoca una mayor producción de ácido láctico producido por el *Lactobacillus acidophilus* inoculado teniendo como sustrato inicial a la lactosa presente, de ahí que la acidez a las cero horas fue de 0,23% y con el transcurrir del tiempo fue incrementándose, por lo que a las 4 horas de fermentación se tuvo un 0,54% de acidez; a las 5 horas se tuvo 0,61% de acidez y por último a las 6 horas se tuvo 0,62% de acidez. Por otro lado, el pH al tener una relación inversa con la acidez está disminuyó tal como se observa en la Figura 5 donde se muestra que el pH disminuyó de 5,51 a las 0 horas hasta 4,55 a las 6 horas.

Por lo que se concluye que la mejor formulación de la bebida probiótica fermentada de lactosuero que tuvo mejor aceptación fue con 95% de lactosuero y 5% de leche la misma que se encontró apta para el consumo por que además cumplió con los parámetros físico-químicos y microbiológicos exigidos.

Contribución de los autores:

MSc. María Libia Gutiérrez Gonzales realizó la parte experimental.

MSc. Eduardo Balvín Calderón. Apoyó con la evaluación sensorial del producto y la compra de insumos

Ing. Yesenia Ugarte y Estudiante Jessica Avilez Hinostroza buscaron mayor información y en general todos tuvimos que revisar los resultados y revisar el manuscrito final.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

6. Referencias bibliográficas

- Alais, Ch. (2003). *Ciencia de la Leche: Principios de Técnica lechera*. Editorial Reverté. 4ta Edición. Barcelona. España
- Alatríste, K. (2002). *Efecto de la adición de fibra y calcio en un yogur con sabor*. (Tesis de Licenciatura). UDLA. Puebla. Mexico.
- Calzada, B.J. (1970). *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Editorial Mundo. Lima. Perú
- Castro, L. y De Rovetto, C. (2006). Probióticos: utilidad clínica. *Médica*, 37(4):308-14.
- Early, R. (2000). *Tecnología de los productos lácteos: leches concentradas y leches en polvo*. Editorial Aspen Publisher 2da. Edición. Zaragoza. España.
- Fennema, O. (1996). *Química de los Alimentos*. Edit. Acribia Zaragoza. España.
- Forysthe, S. (2000). *Higiene de los Alimentos, Microbiología y HACCP*. Zaragoza. España: Editorial Acribia S.A. 2da Edición.
- Fox, F. y Mc. Sweeney, P. (1998). *Dairy chemistry and biochemistry*. London: Edit. Blackie Academic and Professional.
- Guarner, F. y Schaafsma, G. (1998). Probiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 39 (2), 237-38.
- Gutiérrez, E. (2006). *Desarrollo de una bebida de suero dulce derivado de la fabricación de queso fresco, fermentada con cultivos *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus salivarius* var *thermophilus* (TCC-20) adicionada con cultivos probióticos *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei* LC-0*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica. Disponible en: <http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/tesis%20completas/Tesis%20359%20completa.pdf>
- Hernández, S.R. (2006). *Metodologías de la Investigación*. : Editorial Mc. Graw Hill. México.
- Hui, Y. (1993). *Dairy Science and Technology Handbook: principles and properties*. VCH Published New York. USA.
- Ibrahim, F., Babiker, N., Yousif and Tinay, A. (2005). Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein. *Food Chemistry*. 92(2), 285-92
- Itara, L. (2007). *Elaboración de una bebida fermentada a partir de un suero ácido y leche*. (Tesis de

- grado).Universidad de Puerto Rico. Mayagüez. Puerto Rico.
- Linden, G. y Lorient, D.(1 996). Bioquímica Agroindustrial: Revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial Acribia. Zaragoza .España.
- Liu, X.,Chung ,K., Yang, S. and Yousef, A.(2005).Continuous nisin production in laboratory media and whwy permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. *Journal Process Biochemistry*, 40(2), 13-24
- Londoño, M., Sepúlveda,J.,Hernández, A. y Parra,J. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculado con *Lactobacillus casei* .*Revista Facultad de Agronomía*.ISSN:03042847, 61(1).
- Madrid, A. (1991).*Manual de Tecnología Quesera*. AMV Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España.
- Muñi, A., Paez, G, Faria, J., Ferrer, J. y Ramones, E.(2 005). Eficiencia de un sistema de ultrafiltración „*Revista Científica*,15 (4),361-67.
- Moya A. (2002). Aprovechamiento de lactosueros por fermentación, producción de ácido L-láctico. Ed. Rev. Castilla: España. Servicios de publicaciones de la Universidad de Castilla. ISBN 8488255713. 251 p. [Consultado el 10 de junio del 2019].Disponible en: http://books.google.com/books?id=aC4oW2y6zG0C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Muñi, A., G. Paez, J. Faría, J. Ferrer y Ramones,E. (2005). Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica* 15(4): 361–69
- Reid G. y Burton J. (2002). Use of *Lactobacillus* to prevent infection by pathogenic bacteria. *Microbes and Infection*. 4 (3): 319-326.
- Reid G. y Boking A. (2003). The potential for probiotics to prevent bacterial vaginosis and preterm labor. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* .189: 1202-1208.
- Rivas, A. (2000) Efecto de la adición de calcio en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de dos tipos de yogurt. (Tesis de Maestría). Universidad de las Américas Puebla . Puebla, México.
- Rosenthal, A. J. (2001). Textura de Alimentos, Medida y Percepción. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España
- Saavedra J., Barman N., Oung I., Perman J., Yolken, R. (1994). Feeding of *Bifidobacterium bifidum* and *Streptococcus thermophilus* to infants in hospital for prevention of diarrhoea and shedding of rotavirus. *The Lancet*. 344: 1046-1049.

Elaboración de jamonada con carne de cuy usando extracto de sauco (*Sambucus peruviana*) como conservador biológico

Elaboration of jamonada with meat of cuy using sauco (*Sambucus peruviana*) extract as biological conservator

Solis Rojas, J⁽¹⁾, Buendia, L⁽¹⁾, Aldana, L⁽¹⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.
Email: jotita23@hotmail.com

Resumen: Se elaboraron distintas pruebas de concentración sobre el extracto del sauco que va del 5%, 10% y 15% , en el análisis sensorial se tiene que en la proporción al 10% fue aceptado mejor a la sensación al color , sabor, y textura estableciendo de esta forma el diagrama de operaciones empezando con materia prima, deshuesado, trozado, molido, mezclado, embutido, escaldado, enfriado, refrigerado, el análisis físico-químico cuyos parámetros se tiene pH de 5,6 acidez titulable 0,01% expresado en el contenido de ácido predominante que es el tartárico, índice de peróxido de 7,20 mili equivalente de Oxígeno por kg en función a la grasa, una de las bondades del extracto de sauco es la disminución de la formación de los peróxidos comparando con el muestra patrón, esta disminución es debido a que el sauco contiene compuestos fenólicos que sirven de defensa evitando la formación de radicales libre protegiendo de esta manera las células.

Palabras clave: jamonada, cuy, sauco

Abstract: Different concentration tests were carried out on the elder extract that goes from 5%, 10% and 15%, the sensory analysis has that in the proportion to 10% it was better accepted to the sensation to the color, flavor, and texture establishing In this way, the operation diagram begins with raw material, boned, chopped, ground, mixed, stuffed, blanched, cooled, cooled, determining the physical-chemical analysis whose parameters have pH of 5.6 titratable acidity 0.01% expressed in The predominant content of tartaric acid, peroxide index of 7.20 milli oxygen equivalent per kg depending on fat, one of the benefits of elderberry extract is the decrease in peroxide formation compared with the sample pattern, this decrease is due to the elder containing phenolic compounds that serve as defense preventing the formation of free radicals thus protecting the cells.

Key word: ham, cuy, elder

1. Introducción

La carne de cuy en la actualidad es una especie que está valorado por el alto contenido de proteína muy apreciada en los mercados de nuestra zona solo se encuentra fresco y se venden en los mercados sin ningún tipo de control microbiológico y sanitario, en muchas veces dichas carnes se encuentran en inicio de descomposición de esta manera una alternativa de que la carne de cuy llegue a la mesa en óptimas condiciones se plantea la presente investigación el cual se elaboró jamonada con carne de cuy y luego extraer un extracto de sauco en el cual sirva como un antioxidante por porque dentro de sus características lleva compuestos fenólicos, estos compuestos ayudan a que dicho producto reduzca la cantidad de oxidación e cual es aprovechado en una forma más amplia y que llegue al consumidor como un producto además de tener carne de cuy el extracto de sauco sirva de gran ayuda como conservador biológico natural.

2. Materiales y Métodos

2.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Tecnología de Alimentos y Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU - HUANCAYO.

2.2.1. Metodología

El presente trabajo de investigación consistirá en determinar el porcentaje de extracto de sauco y luego su evaluación como conservador biológico en la elaboración de jamonada con carne de cuy

Diseño metodológico

a) Población y muestra.

El área de estudio será el Distrito de Huancayo, se utilizara materia prima de la Región Junín.

b) Técnicas y procedimiento de recolección de datos.

Se plantea una metodología muy general, que es la realización de pruebas de obtención de un porcentaje óptima de extracto de sauco, con pruebas de laboratorio a través de análisis y pruebas experimentales comparando diversas variables.

Métodos

Se usaron los siguientes métodos:

2.3.1 **Ceniza:** AOAC, (2000)

2.3.2 **pH:** Método AOAC, (2000), "método

potenciométrico".

2.3.3 **Sólidos solubles (°Brix):** AOAC, (2000)

2.3.4 **Acidez titulable.** AOAC, (2000), "se determinó por titulación con el NaOH al 0,1 N. La acidez se expresó en función del ácido tartárico, ácido predominante que hay en el sauco".

2.3.5 **Compuestos fenólicos**

"Se determinara los polifenoles presentes en el extracto mediante la técnica de Folin Ciocalteu".

2.3.6 **Peróxidos**

"consiste en que se pesa 5 g de muestra en un Erlenmeyer con tapa esmerilada, se añadió 30 mL de la solución ácido acético – cloroformo y 1 mL de la solución saturada de yoduro de potasio, se agitó el matraz por 1 minuto y se agregó 30 mL de agua destilada; se tituló con la solución de tiosulfato de sodio 0,1 N empleando almidón como indicador".

3. Resultados

3.1 Determinación físico-química del sauco

Tabla 1. Análisis físico-químico del Saúco

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Humedad	90%
ceniza	1,5%
pH a 20°C	3,6
°Brix a 20°C	7,0
Índice de Madurez	24,10
Acidez titulable (g/100mL de ácido tartárico)	1,34
Compuestos fenólicos (mg AGE/g m.s.)	30,64

3.2 Composición química de la carne de cuy

Tabla 2. Componentes químicos de carne de cuy

COMPONENTES	CUY
Energía	96
Agua	74,4 %
Proteína	19,5 %

Grasa	4,1 %
Carbohidratos	0,5 %
Fibra	-----
ceniza	1,2 %
Minerales	0,3 %

Tabla 3. Resultados de compuestos fenólicos por Fermentación

Temperatura	pH	Compuestos fenólicos (mg/100 g de fruto de saúco)			
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Media
35 °C	3,5	5620,30	5754,238	5378,676	5584,405

El tratamiento 2 tiene un máximo de rendimiento en el desarrollo de componentes fenólicos, uno de los factores del resultado es estado de madurez del saúco ya que sintetizan gran cantidad de molecular orgánicas y es debido a la formación de metabolitos secundarios que almacenan las plantas vasculares, que es variable a lo largo de su ciclo vegetativo.

Tabla 4: formulación definitiva de la jamonada con carne de cuy

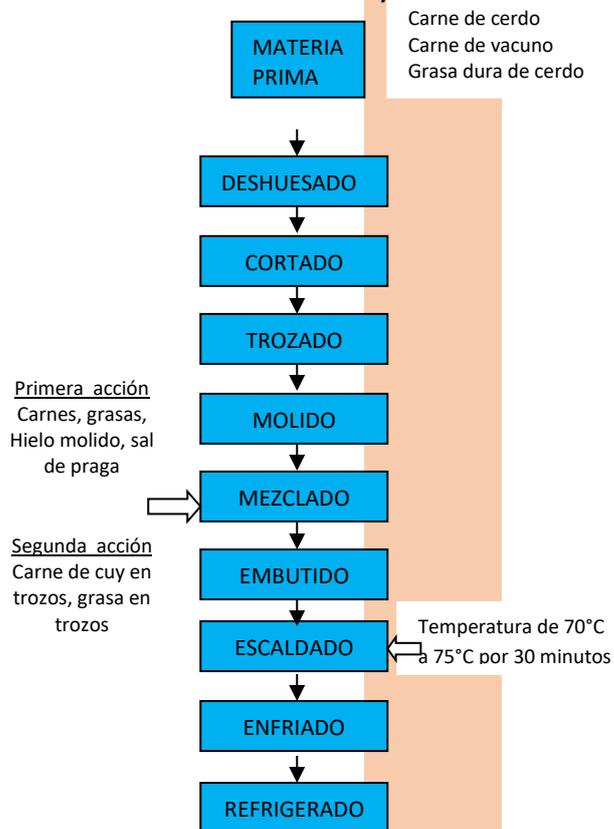
MATERIA PRIMA:	CANTIDAD	%
Carne de porcino	2250 g	33,17
Carne de res	1750 g	27,80
Grasa dura de porcino	500 g	7,37
Grasa en cubitos de porcino	500 g	7,37
Carcasa deshuesada de cuy	500 g	7,37
INSUMOS y/o ADITIVOS		
NaCl	100 g	1,47
Hielo molido	700 g	10,32
Almidón	350 g	5,16
Sal de cura	12 g	0,18
Polifosfato para masa	8 g	0,12
Nuez moscada	8 g	0,12
Glutamato monosódico	10 g	0,15
Pimentón	40 g	0,59
Pimienta negra molida	15 g	0,22

Jengibre molido	3 g	0,04
Semilla de culantro	10 g	0,15
Pimienta crepsa	10 g	0,15
Pimienta llana	12 g	0,18
Azúcar	5 g	0,07
Extracto de saúco		5%, 10%, 15%

Tabla 4. Determinación físico-química de la jamonada con carne de cuy

	10 %	S.N.
Acidez	0,015	0,01
pH	5,6 ± 0,01	5,8 ± 0,02
Índice de Peróxido	7,25 ± 0,05	7,65 ± 0,10

Diagrama de flujo definitivo para la elaboración de jamonada con carne de cuy



4. Discusiones

Determinación físico-química del extracto de sauco

Limaylla (2017) describe valores cercanos a los que se determinó realizado en la pulpa de sauco, los valores encontrados son la humedad es de 90%, ceniza 1,5%, el índice de madurez es de 24,10, teniendo un pH de 3,6, los grados brix es de 7. Los valores realizados nos reportan 30,64 mg AGE/gm.s. muy cercano a los valores encontrados por Campos (2010) de 32,3 mg AGE/gm.s, los fenoles están considerados como metabolitos secundarios que están muy bien distribuidos en todos los vegetales y su cantidad es variable mientras las plantas tengan su ciclo, es debido a estos factores las variaciones de contenidos de fenoles en el sauco.

Composición química de la carne de cuy

En valor nutricional de la carne de cuy influye el contenido de aminoácidos presentes, este contenido hace que la carne sea más agradable.

Elaboración de jamonada de carne de cuy con sauco

Estos productos emulsionados como la jamonada que están elaborados a partir de proteínas cárnicas que están completamente o parcialmente desorganizadas junto con el agua, sal común y otros aditivos e insumos y coadyuvantes que participan en la tecnología como los fosfatos, citratos, carbohidratos, también participan las proteínas no cárnicas y condimentos, el producto final se puede describir como un sistema multifásico es decir participan múltiples fases que contienen ingredientes disueltos en agua, agua con partículas en suspensión, un gel, la emulsión en si misma incluso la incorporación de aire atrapado o a formación espuma Hoogenkamp (2008)

Determinación fisicoquímica de la jamonada con carne de cuy

Los valores obtenidos del pH indican que están dentro de los límites para productos cárnicos y la acidez también son valores de un producto fresco ya que a menor pH mayor será la acidez expresado en el ácido predominante, estos resultados indican la frescura del producto al ser una mezcla de diversos ingredientes. El índice de peróxido se determina cuando hay presencia de ácidos grasos saturados estos valores indican el grado de oxidación del yoduro potásico

expresado en mili equivalentes de oxígeno activo, donde está dentro del rango para productos frescos.

5. Referencias bibliográficas

- Campos, G. (2010). Biotecnología industrial y valoración de los recursos genéticos. U. N. A. L. M. Lima-Perú
- Hoogenkamp H. (2008) proteínas de soja y fórmulas para productos cárnicos. Editorial Acribia S.A. España
- López V, 2008, "Elaboración de salchichas escaldadas empleando diversos porcentajes de carne de pollo (*Gallus domesticus*), setas 144 tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*) y champiñón (*Agaricus bisporus*)", realizado en la Universidad de Ambato, Ambato-Ecuador.
- Limaylla, Bladimir (2018). Influencia de la temperatura y concentración de maltodextrina en las propiedades de rehidratación y contenido de antocianinas en el secado por aspersión de pulpa de sauco (*sambucus peruvianus hbk*). (Tesis para optar el grado de ingeniero). U. N. C. P. Perú.
- Rosales J.oe L. Influencia de la temperatura y velocidad de aire en la cinética de degradación de las antocianinas de sauco (*Sambucus peruviana H.B.K.*) durante el secado por convección. (Tesis para optar el grado de ingeniero). U. N. C. P. Perú.
- Téllez J. 1990. Tecnología e Industrias Carnicas. Tomo I – II. Artes.
- Tornberg, E. , A. Olsson y K. Persson, The Structural and Interfacial Properties in Relation to Their Function in Emulsions, en Food Emulsions, Ed. Larsson, K. y S. Friberg. Marcel Dekker (1990).
- Zevallos San Martín, D. 1990. El Cuy su cría y Explotación. Edición EN.CA.S.

Microencapsulación de Polifenoles a partir de residuos del Café**Microencapsulation of Polyphenols from Coffee waste**

Quispe Solano, M.⁽¹⁾, Espinoza Silva, C.⁽¹⁾, Corilla Flores, D.⁽¹⁾, Manyari Cervantes, G.⁽²⁾, Flores Ramos, O.⁽³⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú

⁽²⁾Escuela Profesional de Enfermería Facultad de Ciencias de la Salud

⁽³⁾ Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional del Centro del Perú

E-mail: quispe_miguelangel@hotmail.com

Resumen: La presente investigación tiene como objetivo extraer y microencapsular polifenoles a partir de los residuos de café (*Coffea Arábica* L.) de la variedad Caturra provenientes de la provincia de Chanchamayo asistidas por energías ultrasónicas (extracción sólido-líquido), utilizando la metodología de superficie de respuesta (RSM) con la finalidad de buscar la optimización, usando en la extracción 17 experimentos en donde la concentración de solvente (%v/v) varía de (50 a 60)%, la frecuencia de (90 a 100)% y el tiempo de aplicación de (8 a 10) min. Se determinó la cantidad de fenoles totales mediante el método de Folin Ciocalteu obteniendo en el tratamiento óptimo un valor de 41,1646 mg AGE/ g muestra seca. Así como también su actividad antioxidante por DPPH y ABTS, donde reportaron valores de: 57,0163 mg Trolox/ g muestra seca y 46,8562 mg Trolox/ g muestra seca, respectivamente.

A este tratamiento se realizó la microencapsulación utilizando la misma metodología usando 13 experimentos donde la temperatura de secado varía de (120 a 150)°C, la concentración de maltodextrina (10 DE) entre (7 y 10)%. De igual forma que en la extracción se cuantificó su contenido de fenoles totales y su actividad antioxidante por DPPH y ABTS, para inferir que el tratamiento óptimo tiene mayor capacidad de retención de polifenoles. Reportando los siguientes valores: 30,3188 mg AGE/ g muestra seca; 17,5810 mg Trolox/ g muestra seca y 15,3850 mg Trolox/ g muestra seca, respectivamente.

Palabras clave: Ultrasonido, optimización, polifenoles, actividad antioxidante

Resumen: The present research aims to extract and microencapsulate polyphenols from coffee residues (*Coffea Arábica* L.) of the Caturra variety from the province of Chanchamayo assisted by ultrasonic energy (solid-liquid extraction), using the response surface methodology (RSM) in order to seek optimization, using in the extraction 17 experiments where the concentration of solvent (%v/v) varies from (50 to 60) %, the frequency from (90 to 100) % and application time from (8 to 10) min. The quantity of total phenols was determined by Folin Ciocalteu's method obtaining in the optimal treatment a value of 41,1646 mg AGE/g dry sample. As well as its antioxidant activity by DPPH and ABTS, where they reported values of: 57,0163 mg Trolox/g dry sample and 46,8562 mg Trolox/g dry sample, respectively.

For this treatment, microencapsulation was performed using the same methodology using 13 experiments where the drying temperature varies from (120 to 150) °C, the concentration of maltodextrin (10 DE) between (7 and 10) %. In the same way that in the extraction its content of total phenols and its antioxidant activity was quantified by DPPH and ABTS, to infer that the optimal treatment has greater capacity of retention of polyphenols. Reporting the following values: 30,3188 mg AGE/g dry sample; 17,5810 mg Trolox/g dry sample and 15,3850 mg Trolox/g dry sample, respectively

Key words: Ultrasound, optimization, polyphenols, antioxidant activity.

1. Introducción

La industria del café (*Coffea Arábica L.*) elimina residuos que deben transformarse a fin de generar su valorización y aminorar el impacto en el medio ambiente, además de ser una fuente promisoría de sustancias químicas, funcionales y bioactivas, donde se han identificado ácido clorogénico, isoclorogénico y feruloilquinico que son valorados por su potencial biológico (Li et al., 2015).

Un importante bioactivo en este tipo de residuos son los fenoles totales que dan lugar a un gran número de investigaciones en los últimos años debido a su rápida degradación al no contar con las tecnologías adecuadas para su sostenibilidad, (Vandamme, et. al., 2007). Así mismo para poder realizar su extracción se han utilizado numerosos métodos entre ellas solventes, quien se ha visto mejorado en función de su concentración debido al uso de una tecnología emergente llamada ultrasonido, ya que es de fácil manejo, segura, innovadora y sustentable, (Vieira, et. al, 2013).

Debido a esto Sosa, et. al., (2011). Nos menciona que el mejor método para poder preservar las propiedades funcionales de los bioactivos entre ellas los fenoles totales es la microencapsulación que utiliza un agente acarreador que ayuda a la formación microcápsulas para su posterior investigación. Es por ello que se plantea el siguiente objetivo:

Determinar los parámetros óptimos en la extracción y microencapsulación de los compuestos fenólicos asistida con ultrasonidos contenidos en los residuos de la industria del café (*Coffea arabica L.*).

2. MATERIALES Y METODOS

Materiales

Las muestras de residuos de café (*Coffea arabica L.*) se obtuvieron de la empresa "Café orgánico" de la provincia de La merced. Ac. Gálico (398225), Carbonato de sodio (613757), Folin- Ciocalteu (F9252), 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (D913-2), Metanol (322415), Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox) (238813), 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sufonico) (ABTS) (A1888-1), Persulfato potásico (216224). Se obtuvieron de Sigma-Aldrich, Lima.

Metodología (Diseño compuesto central CCD)

Es un diseño que se utiliza para lograr un máximo de información sobre un proceso a partir de un número mínimo de experimentos, comparado con otros diseños, proporciona una mejor predicción (Yang, Liu, & Gao, 2009; Zolgharnein, Shahmoradi, & Ghasemi, 2013). Se utilizó este diseño para determinar las condiciones óptimas de extracción y estudiar el efecto de tres variables; Amplitud (90-100) %, etanol (50-60) % y tiempo de extracción (8-10) min en tres respuestas; contenido de polifenoles totales (mg

AGE/g muestra), la actividad de eliminación de radicales DPPH (mg Trolox/g muestra), y capacidad antioxidante equivalente en trolox (TEAC) (mg Trolox/g muestra), con ayuda del software Design Expert 7.0, la cual reportó 17 recorridos experimentales incluyendo 8 puntos factoriales, 6 puntos axiales y 5 puntos centrales que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Combinación de factores etanol, frecuencia y tiempo para determinar fenoles totales, capacidad antioxidantes por DPPH y ABTS en los extractos.

N°	Factores		
	Etanol (%)	Frecuencia (%)	Tiempo (min)
1	50	90	8
2	55	95	9
3	55	95	9
4	60	95	9
5	55	95	8
6	50	100	10
7	55	95	10
8	50	90	10
9	60	100	8
10	55	90	9
11	50	95	9
12	55	100	9
13	60	100	10
14	60	90	8
15	60	90	10
16	55	95	9
17	50	100	8

Así mismo el tratamiento que reporto mayor cantidad de fenoles fue utilizado para poder determinar quién tiene mayor capacidad de retención de polifenoles en la microencapsulación en función de 2 variables temperatura (120-150) °C y concentración de maltodextrina (7-10) % en tres respuestas; contenido de polifenoles totales (mg AGE/g muestra), la actividad de eliminación de radicales DPPH (mg Trolox/g muestra), y capacidad antioxidante equivalente en trolox (TEAC) (mg Trolox/g muestra), con ayuda del mismo software, donde reportó 13 recorridos experimentales, que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Combinación de factores temperatura y concentración de maltodextrina para determinar fenoles totales, capacidad antioxidantes por DPPH y ABTS.

N°	Factores	
	Temperatura (°C)	Concentración (%)
1	135	8,50
2	135	8,50
3	135	8,50
4	150	8,50
5	135	8,50
6	150	7,00
7	120	10,00
8	120	8,50
9	135	7,00
10	150	10,00
11	135	8,50
12	135	10,00
13	120	7,00

Extracción asistida por ultrasonido (EAU).

Las EAU se realizaron con ayuda de un ultrasónico Hielscher (UP100H, 100W, 30 kHz). Los residuos secos de café son molidas y pulverizadas las cuales se mezclaron con una solución de agua: etanol (50-60% v/v); en una proporción de 1:10 (residuos trituradas/solución); éstos son colocados en frascos cubiertos de la luz. Los frascos fueron sometidos a ultrasonido de acuerdo a las condiciones establecidas por el diseño superficie respuesta. Luego Centrifugado a 4000 rpm por 15 min, Filtrados con papel whatman N° 1 y presión de vacío 100 - 200 mbar. Concentrado al vacío: El extracto fue transferido al balón de evaporación por 10 - 15 min. Para luego ser almacenadas a - 5 °C.

Determinación de compuestos fenólicos totales (TPC).

El contenido de fenoles totales se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu ligeramente modificado, según el método descrito por Singleton & Rossi, (1965). La cual fue determinada por espectrofotometría a una longitud de onda de 755 nm utilizando el espectrofotómetro UV-VIS (Hitachi U-2001, Japón). El contenido de TPC se calculó utilizando una curva estándar preparada a partir de las soluciones acuosas de ácido gálico (0,1-1 mg/mL) y expresada en mg de equivalente de ácido gálico (GAE)/g de muestra.

Actividad de eliminación de radicales DPPH.

La actividad antioxidante se determinó por el método recomendado por Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, (1995), utilizando el ensayo del radical 2,2-difenil- El 1-picrilhidrazilo (DPPH). La solución radical de DPPH fue preparado con 80% de etanol y 20% de agua destilada. La cuantificación se realizó utilizando una curva estándar trolox (0,1 e 0,8 mM) y los datos se expresaron en la capacidad antioxidante equivalente de mM trolox (TE).

Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (TEAC).

La actividad equivalente en Trolox por ABTS se llevó a cabo de acuerdo con la metodología descrita por Rice-Evans, Miller, & Paganga, (1996). La absorbancia se midió a 734 nm, utilizando un espectrofotómetro (Jenway 6705 UV/Vis). La actividad antioxidante se calculó utilizando una curva estándar preparada con Trolox (0,05-0,35 mg/mL) y

expresada en uM de equivalente de Trolox (TE)/g de muestra.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó utilizando un software 7.0. Trial de Design Expert Statistical. Los resultados experimentales del diseño se analizaron mediante análisis de regresión múltiple a través del método de mínimos cuadrados. Se llevó a cabo el análisis de varianza (ANOVA). Todos los términos del modelo se probaron y verificaron estadísticamente en los niveles de probabilidad ($p \leq 0,05$). La adecuación de los modelos desarrollados se probó realizando el coeficiente de determinación (R^2), el coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{ajustado}$) y el coeficiente de determinación predicho ($R^2_{predicho}$). Después de ajustar los modelos, se construyeron gráficos de contorno para predecir la relación entre las variables independientes y las dependientes.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis estadístico

En el presente trabajo de investigación para la extracción se analizaron tres variables frecuencia (X_1), concentración de etanol (X_2) y tiempo de extracción (X_3) asistidas por ultrasonido para evaluar sus efectos sobre polifenoles totales (TPC), la actividad antioxidante por DPPH y ABTS. Mientras que para la microencapsulación se analizaron 2 variables temperatura (Y_1) y maltodextrina (Y_2). Los resultados se presentaron en la tabla 3 y 4 respectivamente, se pudo observar que en la extracción el TPC óptimo reportó un valor de 41,1646 mg GAE /g muestra, el ensayo DPPH en 57,0163 mM Trolox/g muestra y ABTS 46,8562 mM Trolox/g muestra. Mientras que en la microencapsulación el TPC óptimo reportó un valor de 30,3188 mg GAE /g muestra, el ensayo DPPH en 17,5810 mM Trolox/g muestra y ABTS 15,3850 mM Trolox/g muestra.

Tabla 3. Contenido de fenoles totales, y capacidad antioxidantes por DPPH y ABTS (a) En los extractos (b) En los polvos microencapsulados

N°	Fenoles totales mg AGE/g muestra	Capacidad antioxidante por DPPH mM Trolox /g muestra	Capacidad antioxidante por ABTS mM Trolox /g muestra
1	27.0926 ± 0.11	33.8385 ± 0.10	27.0318 ± 0.88
2	40.6370 ± 0.57	56.7260 ± 1.67	45.5710 ± 0.88
3	40.2350 ± 1.97	55.9370 ± 0.00	46.4950 ± 0.00
4	37.0167 ± 0.20	49.8793 ± 0.29	44.1560 ± 0.88
5	38.2806 ± 0.57	52.1904 ± 0.62	42.7340 ± 5.07
6	31.7980 ± 0.00	34.9200 ± 0.17	35.2160 ± 0.29
7	38.3648 ± 0.57	53.1348 ± 0.17	43.9073 ± 0.51
8	32.2630 ± 0.15	42.5422 ± 0.10	36.2673 ± 0.00
9	39.6240 ± 0.00	45.5540 ± 0.29	33.3870 ± 0.51
10	37.9754 ± 0.57	50.7126 ± 0.17	43.0780 ± 1.47
11	32.4308 ± 0.00	42.8793 ± 0.27	34.7740 ± 5.07
12	40.3897 ± 1.14	48.2311 ± 0.29	37.1160 ± 0.88
13	37.5681 ± 0.00	42.3348 ± 1.67	31.3320 ± 0.00
14	32.1544 ± 1.14	43.2126 ± 0.29	35.8007 ± 1.52
15	32.7765 ± 0.98	44.6015 ± 0.17	36.6807 ± 1.01
16	41.1646 ± 0.00	57.0163 ± 0.00	46.8562 ± 0.00
17	28.8756 ± 0.98	31.2237 ± 0.17	30.5942 ± 0.51

(a)

N°	Fenoles totales mg AGE/g muestra	Capacidad antioxidante por DPPH mg AGE/g muestra	Capacidad antioxidante por ABTS mg AGE/g muestra
1	24.4908 ± 0.13	15.0367 ± 0.08	13.0271 ± 0.03
2	24.2980 ± 0.14	14.8500 ± 0.03	12.6337 ± 0.05
3	24.4463 ± 0.20	15.4296 ± 0.00	13.2626 ± 0.00
4	25.2174 ± 0.19	15.1000 ± 0.28	13.1582 ± 0.05
5	24.4760 ± 0.14	15.2070 ± 0.14	13.0448 ± 0.05
6	27.4715 ± 0.31	12.2296 ± 0.11	10.0648 ± 0.27
7	25.0543 ± 0.16	17.5722 ± 0.17	15.2893 ± 0.46
8	25.9886 ± 0.03	14.3778 ± 0.11	12.1115 ± 0.53
9	28.5392 ± 0.09	12.0040 ± 0.24	10.0804 ± 0.03
10	24.2684 ± 0.25	16.9796 ± 0.02	14.5760 ± 0.11
11	24.4315 ± 0.19	14.7111 ± 0.05	12.5248 ± 0.03
12	24.1646 ± 0.16	17.5810 ± 0.03	15.3850 ± 0.00
13	30.3188 ± 0.19	13.3780 ± 0.13	11.1000 ± 0.00

(b)

El grado de significancia de las variables analizadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) que se utilizó para verificar la adecuación y la adecuación de los modelos desarrollados y los resultados de ANOVA se proporcionan en la tabla 4, donde resumen los efectos de las variables y los valores de “p” asociados para las tres variables. A un nivel de confianza del 95%, un modelo se consideró significativo si el valor de $p < 0,05$.

Tabla 4. Análisis de varianza en la extracción y microencapsulación por el software Design Expert 7.0 (a.1 y a.2) Fenoles totales, (b.1 y b.2) actividad antioxidante por DPPH y (c.1 y c.2) actividad antioxidante por ABTS.

	Suma de cuadrados		Promedio	F	P	
Modelo	312.27	9	34.70	71.21	< 0.0001	Sig.
A-Solvente	71.18	1	71.18	146.09	< 0.0001	
B-Frecuencia	25.58	1	25.58	52.50	0.0002	
C-Tiempo	4.55	1	4.55	9.33	0.0185	
AB	14.97	1	14.97	30.72	0.0009	
AC	11.34	1	11.34	23.28	0.0019	
BC	3.03	1	3.03	6.23	0.0413	
A^2	72.63	1	72.63	149.07	< 0.0001	
B^2	1.50	1	1.50	3.08	0.1229	
C^2	6.93	1	6.93	14.21	0.0070	
Residual	3.41	7	0.49			
Ajuste	2.98	5	0.60	2.74	0.2888	
Error	0.43	2	0.22			
Total	315.68	16				

(a.1)

	Suma de cuadrados		Promedio	F	P	
Modelo	44,93	5	8,99	80,60	< 0,0001	*
A-Temperatura	3,23	1	3,23	29,00	0,0010	
B-Concentración	27,49	1	27,49	246,54	< 0,0001	
AB	1,06	1	1,06	9,53	0,0177	
A^2	1,83	1	1,83	16,39	0,0049	
B^2	6,74	1	6,74	60,46	0,0001	
Residual	0,78	7	0,11			
Ajuste	0,76	3	0,25	42,97	0,0017	
Error	0,023	4	5,872E-003			

(a.2)

	Suma de cuadrados		Promedio	F	P	
Modelo	991.20	9	110.13	85.98	< 0.0001	Sig.
A-Solvente	161.43	1	161.43	126.03	< 0.0001	
B-Frecuencia	15.99	1	15.99	12.48	0.0096	
C-Tiempo	13.26	1	13.26	10.35	0.0147	
AB	13.29	1	13.29	10.38	0.0146	
AC	25.31	1	25.31	19.76	0.0030	
BC	11.56	1	11.56	9.02	0.0198	
A^2	191.37	1	191.37	149.41	< 0.0001	
B^2	76.94	1	76.94	60.07	0.0001	
C^2	12.60	1	12.60	9.83	0.0165	
Residual	8.97	7	1.28			
Ajuste	8.34	5	1.67	5.35	0.1650	
Error	0.62	2	0.31			

(b.1)

	Suma de cuadrados		Promedio	F	P	
Modelo	35,40	5	7,08	27,70	0,0002	*
A-Temperatura	0,17	1	0,17	0,68	0,4378	
B-Concentración	35,14	1	35,14	137,52	<	
AB	0,077	1	0,077	0,30	0,5996	
A^2	0,00439	1	0,004394	0,017	0,8994	
B^2	0,000519	1	0,000519	0,002033	0,9653	
Residual	1,79	7	0,26			
Ajuste	1,47	3	0,49	6,03	0,0576	
Error	0,32	4	0,081			
Modelo	37,19	12				

(b.2)

	Suma de cuadrados		Promedio	F	P	
Modelo	560.63	9	62.29	12.04	0.0017	Sig.
A-Solvente	30.53	1	30.53	5.90	0.0455	
B-Frecuencia	12.57	1	12.57	2.43	0.1630	
C-Tiempo	19.20	1	19.20	3.71	0.0955	
AB	13.19	1	13.19	2.55	0.1543	
AC	28.25	1	28.25	5.46	0.0521	
BC	7.12	1	7.12	1.38	0.2791	
A^2	85.56	1	85.56	16.54	0.0048	
B^2	67.49	1	67.49	13.04	0.0086	
C^2	8.64	1	8.64	1.67	0.2374	
Residual	36.22	7	5.17			
Ajuste	35.34	5	7.07	16.09	0.0595	
Error	0.88	2	0.44			
Total	596.85	16				

(c.1)

	Suma de cuadrados		Promedio	F	P	
Modelo	33,32	5	6,66	23,15	0,0003	*
A-TEMPERATURA	0,11	1	0,11	0,37	0,5611	
B-CONCENTRACION	33,16	1	33,16	115,16	< 0,0001	
AB	0,012	1	0,012	0,043	0,8422	
A^2	0,035	1	0,035	0,12	0,7380	
B^2	0,00058	1	5,844E-004	2,030E-003	0,9653	
Residual	2,02	7	0,29			
Ajuste	1,64	3	0,55	5,73	0,0624	
Error	0,38	4	0,095			
Modelo	35,34	12				

(c.2)

El coeficiente de determinación (R^2), coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado), coeficiente de determinación predicho (R^2 predicho) y el coeficiente de variación (CV%) se calcularon para verificar la bondad y el comportamiento de los modelos desarrollados con los datos experimentales. Un alto coeficiente de R^2 garantiza un ajuste satisfactorio del modelo cuadrático a los datos experimentales. Los valores de C.V. % bajos indicaron claramente que las desviaciones entre las variables experimentales y predichos son bajos, también mostraron un alto grado de precisión y una gran fiabilidad en los experimentos realizados. Los resultados de coeficiente de determinación y variación del presente trabajo de investigación se proporcionan en la tabla 5, respectivamente.

Tabla 5. Coeficiente de correlación en la extracción y microencapsulación por el software Design Expert 7.0 para, (a.1 y a.2) Fenoles totales, (b.1 y b.2) actividad antioxidante por DPPH y (c.1 y c.2) actividad antioxidante por ABTS.

Estadístico	
Desv. Estándar	0.70
C.V. (%)	1.95
R^2	0.9892
R^2 ajustado	0.9753
R^2 predicho	0.9366

(a.1)

Estadístico	Valor
Desv. Estandár	0,33
C.V. (%)	1,30
R ²	0,9829
R ² ajustado	0,9707
R ² predicho	0,8591

(a.2)

Análisis estadístico	Valor
Desv. Estandár	1.13
C.V. (%)	2.45
R ²	0.9910
R ² ajustado	0.9795
R ² predicho	0.9588

(b.1)

Estadístico	Valor
Desv. Estandár	0,51
C.V. (%)	3,38
R ²	0,9519
R ² ajustado	0,9175
R ² predicho	0,6054

(b.2)

Estadístico	Valor
Desv. Estandár	2.27
C.V. (%)	5.94
R ²	0.9393
R ² ajustado	0.8613
R ² predicho	0.5281

(c.1)

Estadístico	Valor
Desv. Estandár	0,54
C.V. (%)	4,19
R ²	0,9430
R ² ajustado	0,9022
R ² predicho	0,5196

(c.2)

El contenido de polifenoles totales (TPC)

El contenido total de polifenoles totales en la extracción y microencapsulación reporto un valor máximo de 41,1646 y 30.3188mg GAE /g muestra. Tobón, N., (2015). En su trabajo de investigación "extracción de polifenoles a partir de pulpa de café asistidas por ultrasonido utilizo como solvente etanol al 50%, una frecuencia de 25 Khz por un tiempo de 30 minutos, reportando valores comprendidos entre 49,693 a 55,020 mg AGE/g de muestra". Encontrándose que los valores reportados en el presente trabajo de investigación se encuentra cerca del rango reportado por dicho autor. Así

mismo estos resultados están casi al doble de los obtenidos en residuos de café de (Panusa, et. al., 2013). Quienes dieron a conocer que el contenido de polifenoles utilizando residuos de café fresco a diferentes concentraciones de etanol oscilo entre 11 – 28 mg AGE/g. Sin embargo, estos datos fueron superiores a los reportados por (Mussatto, Ballesteros y Teixeira, 2012), donde informaron que el contenido de polifenoles totales utilizando metanol como solvente principal oscilo en un rango de 16 a 18 mg GAE/g muestra en una extracción convencional y asistida por ultrasonido (EAU). Así mismo otros autores como (Arellano, et. al., 2011). Reportaron valores de fenoles totales utilizando metanol de 122 ± 71 mg/g muestra, siendo estos valores muy superiores a los encontrados en el presente trabajo de investigación siendo una de las causas principales las condiciones de preparación de la muestra ya que este autor utilizó hidrolisis ácida.

El efecto de la amplitud del ultrasonido aplicado al proceso de extracción mostró un efecto lineal, el rendimiento aumentó con el poder ultrasónico sobre el contenido de polifenoles. El aumento en el poder de amplitud de radiación facilita la ruptura de las paredes celulares, las burbujas de cavitación que crearon por las ondas de sonido cerca de la muestra de tejido y liberan el contenido de celdas rompiendo las paredes celulares, aumenta la solubilidad de los compuestos presentes y aumenta el rendimiento de extracción (Kollia et al., 2016). Del mismo modo, cambios en la concentración de etanol modifican las propiedades físicas del disolvente, como la densidad, la viscosidad dinámica y la constante dieléctrica, así como modificar las solubilidades de que influyen en la extracción fenólica (Mazza, 2003). Por último, el tiempo de extracción está asociado a la potencia de entrada y mejora la extracción por ultrasonidos (Chemat et al., 2017). Sin embargo, un tiempo de extracción más prolongado con el tratamiento con ultrasonido podría inducir la degradación de los polifenoles (Tiwari, Donnell, & Cullen, 2009). A continuación se muestra las ecuaciones de maximización reportadas por el software para la optimización tanto para la extracción como para la microencapsulación representada por las ecuaciones 1 y 2.

$$\begin{aligned}
 FENOLES = & -993,07995 + 20,38856 * S + 4,10292 * F \\
 & + 54,41223 * T + 0,054716 * S * F - 0,23817 \\
 & * S * T - 0,12315 * F * T - 0,20827 * S^2 \quad \dots\dots\dots(1) \\
 & - 0,029916 * F^2 - 1,60775 * T^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FENOLES = & 185,59172 - 1,21960 * T - 16,32221 \\
 & * C + 0,022903 * T * C + 0,0036147 \\
 & * T^2 + 0,69431 * C^2 \quad \dots\dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

Efecto de las variables de extracción en la actividad antioxidante por DPPH y ABTS.

La actividad antioxidante por DPPH y ABTS de residuos de café (*Coffea Arábica L.*), en la extracción y microencapsulación reporto un valor máximo de 57,0163; 46,8562 mM trolox y 17,5810; 15,3850 mM Trolox, respectivamente. Estas cifras fueron superiores a los resultados de (Haytowitz y Bhagwat, 2010 y Baggio, et. al., 2007). El análisis estadístico muestra que todas las variables fueron influyentes en la actividad antioxidante por DPPH y ABTS, cómo la amplitud de radiación, concentración de etanol y el tiempo de extracción tuvo un efecto significativo con un nivel de significancia del 95 %. Es importante en la capacidad antioxidante los polifenoles debido a la capacidad de donar hidrógeno y formar intermedios radicales estables (Scalbert, et. al., 2005). Los efectos de las variables independientes sobre capacidad antioxidante por DPPH y ABTS, son similares al contenido total de polifenoles. Sun & Ho (2005), También encontró que la capacidad antioxidante determinada por 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) tenía una relación directa con el contenido de polifenoles. Estos resultados indican que el contenido total de polifenoles contribuye predominantemente en la actividad la actividad de eliminación de radicales DPPH y ABTS. La amplitud de radiación del ultrasonido aplicado al proceso de extracción mostró un efecto directo, el rendimiento aumentó con el poder ultrasónico sobre el contenido de capacidad antioxidante. Un equipo similar de ultrasonido la extracción asistida fue utilizada por Zardo y Espíndola (2017). En el presente estudio se hizo uso de mezclas hidroalcohólicas de etanol, debido a que distintos autores reportan en que se trata de uno de los sistemas más adecuados para la extracción, gracias a las diferentes polaridades de los fenoles totales (Rodrigues & Pinto, 2007). A continuación se muestra las ecuaciones reportadas por el software para la optimización tanto para la extracción como para la

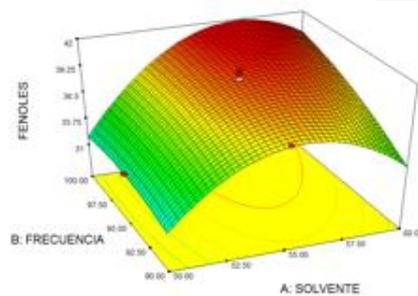
microencapsulación representada por las ecuaciones 3, 4, 5 y 6.

$$\begin{aligned}
 DPPH = & -3220,03206 + 36,29388 * S + 39,80282 \\
 & * F + 82,58227 * T + 0,051559 * S * F \\
 & - 0,35576 * S * T - 0,24039 * F * T \quad \dots\dots\dots(3) \\
 & - 0,33806 * S^2 - 0,21436 * F^2 \\
 & - 2,16819 * T^2
 \end{aligned}$$

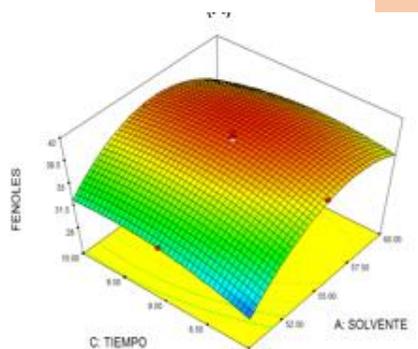
$$\begin{aligned}
 DPPH = & 7,08037 - 0,015951 * T + 0,67611 * C \\
 & + 0,00617588 * T * C - 0,000177271 \\
 & * T^2 + 0,00609508 * C^2 \quad \dots\dots\dots(4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ABTS = & -3221,62688 + 33,47637 * S + 42,44437 * F \\
 & + 72,30077 * T - 0,051367 * S * F \\
 & - 0,37581 * S * T - 0,18872 * F * T \quad \dots\dots\dots(5) \\
 & - 0,22604 * S^2 - 0,20076 * F^2 \\
 & - 1,79542 * T^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ABTS = & -6,00546 + 0,10500 * T - 1,34446 * C \\
 & + 0,00246420 * T * C - 0,00049946 \\
 & * T^2 - 0,00646488 * C^2 \quad \dots\dots\dots(6)
 \end{aligned}$$



(A)



(B)

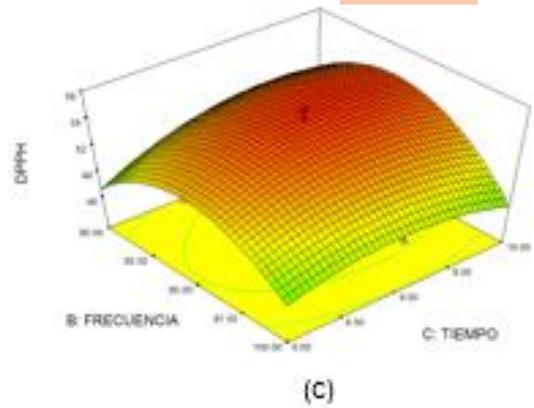
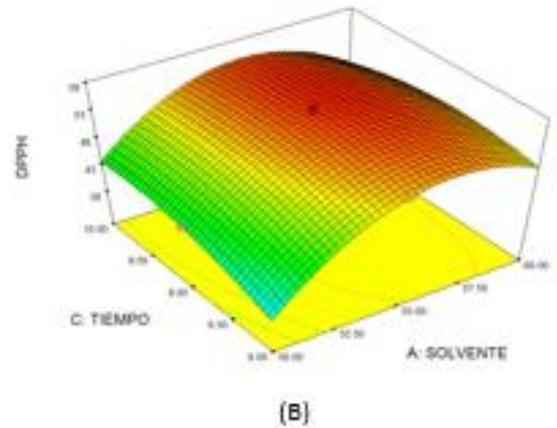
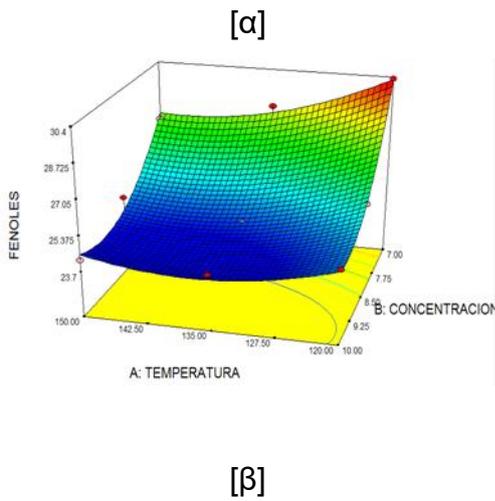
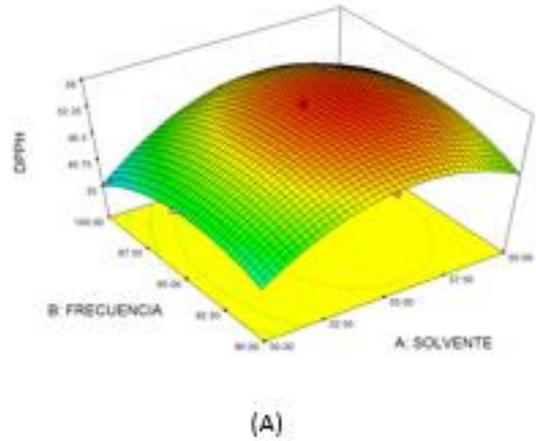
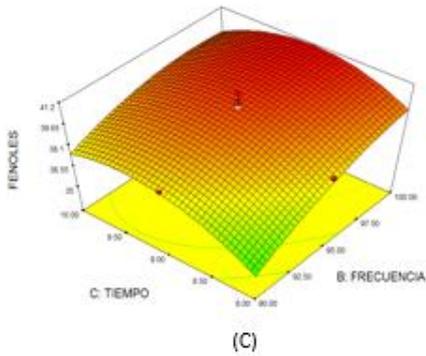
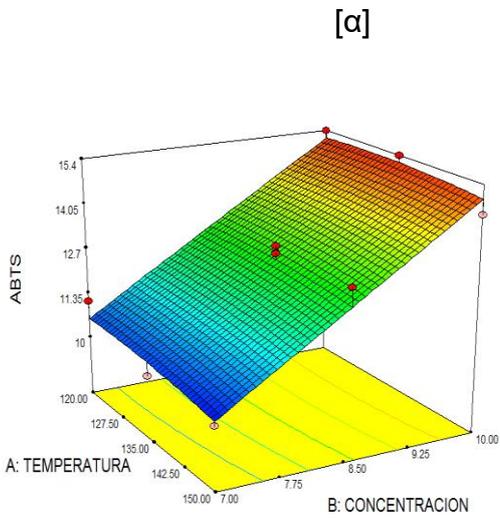
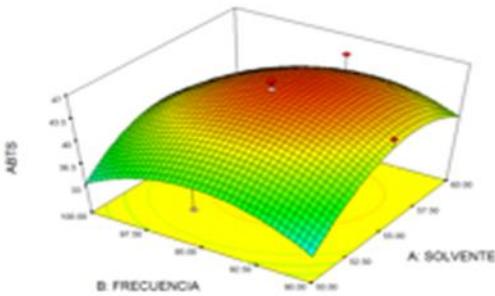


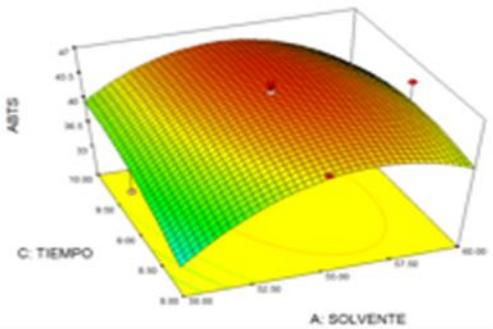
Figura 1. Gráficos de contorno del contenido de polifenoles totales (TPC) en función de la interacción de las variables tanto para la extracción como para la microencapsulación [α] y [β] respectivamente.



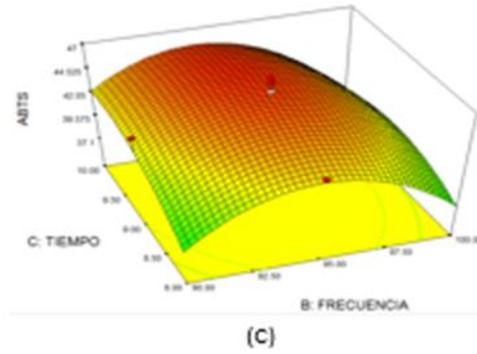
[β]



(A)



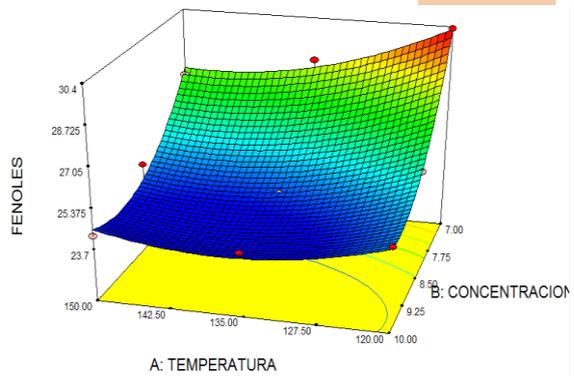
(B)



(C)

Figura 2. Gráficos de contorno del contenido de capacidad antioxidante por DPPH en función de la interacción de las variables tanto para la extracción como para la microencapsulación [α] y [β] respectivamente.

[α]



[β]

Figura 3. Gráficos de contorno del contenido de capacidad antioxidante por ABTS en función de la interacción de las variables tanto para la extracción como para la microencapsulación [α] y [β] respectivamente.

3. CONCLUSIONES

- Se logró encontrar las mejores condiciones para la extracción asistida con ultrasonido de compuestos fenólicos donde se logran con una frecuencia de 95%, tiempo de 9 min y una mezcla de etanol: agua al 55%, el valor obtenido teórico fue de 41,1646 mg AGE/ g muestra. Siendo estos mismos parámetros quienes maximizan los resultados de capacidad antioxidante por DPPH Y ABTS obteniendo valores de 57,0163 mg Trolox/g muestra y 46,8562 mg Trolox/g muestra, respectivamente.
- Así mismo las mejores condiciones para la microencapsulación se logran con una concentración de maltodextrina del 7 % y una temperatura de secado de 120 °C; obteniendo un valor práctico de 30,3188 ± 0,19 mg AGE/g muestra. De igual manera para la capacidad antioxidante por DPPH y ABTS la mejor condición encontrada fue de 135°C de secado y 10% de maltodextrina, reportando valores de (17,5810 ± 0,13 y 15,3850 ± 0,00) mg Trolox / g muestra, respectivamente.
- El análisis estadístico del modelo de superficie de respuesta en compuestos fenólicos y capacidad antioxidante por DPPH y ABTS, en los extractos, tuvo un ajuste adecuado con una función de tipo cuadrático, con un R² de 0,9892; 0,9910 y 0,9393, respectivamente. Esto significa que el modelo teórico tiene la capacidad de predecir los fenoles totales y capacidad antioxidante por DPPH y ABTS (variables de respuesta) con respecto a los datos experimentales, por tanto se acepta los modelos de superficie de respuesta encontrados.
- En los polvos atomizados el modelo de superficie de respuesta en fenoles totales y capacidad antioxidantes por DPPH y ABTS, tuvo un ajuste adecuado con una función tipo cuadrática con un coeficiente de determinación ajustado (r²) de 0,9829, 0,9519 y 0,9430, respectivamente. Esto significa que el modelo teórico tiene la capacidad de predecir con respecto a los datos experimentales, por tanto se acepta los modelos de superficie de respuesta encontrados.

4. AGRADECIMIENTO

A la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Al laboratorio de investigación el Mantaro

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, M., Ramírez Coronel, M., Torres Mancera, M., Pérez Morales, G. G., & Saucedo Castañeda, G. (2011). Antioxidant activity of fermented and nonfermented coffee (*Coffea arabica*) pulp extracts. *Food Technology and Biotechnology*, 49(3), 374–378.
- Baggio, J., Lima, A., & Mancini, J. (2007). Identification of phenolic acids in coffee (*Coffea arabica* L.) dust and its antioxidant activity. *J. Food Sci.* 19(3):191-202.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.-G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.-S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540–560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Haytowitz, D., & Bhagwat, S., (2010). USDA Database for the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, Release 2. US Department of Agriculture. 3(1):10–48. <http://doi.org/http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/n dl>
- Kollia, E., Markaki, P., & Zoumpoulakis, P. (2016). Antioxidant activity of *Cynara scolymus* L. and *Cynara cardunculus* L. extracts obtained by different extraction techniques, 6419(August). <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1219864>
- Li, Z., (2014). Using nanoparticles to enhance absorption and bioavailability of phenolic phytochemicals. A systematic review. *Food Hydrocolloids* 102(3): 1-12.
- Mazza, J. E. C. A. G. (2003). Optimization of Extraction of Anthocyanins from Black Currants with Aqueous Ethanol, 68(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb14146.x>

- Mussatto, S., Ballesteros, L., Martins, S., & Teixeira, J. (2012). Extraction of antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds. *Agricultural Food Chemistry*, 60(1): 8-9.
- Panusa, A., Zorro, A., Lavecchia, R. y Marrosu, G., (2013). Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds. *Agricultural Food Chemistry*, 61(1): 8-9.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*, 20(7), 933–956. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8743980>
- Rodrigues, S., & Pinto, G. A. S. (2007). Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder, 80, 869–872. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.08.009>
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 287–306. <https://doi.org/10.1080/1040869059096>
- Singleton & Rossi. (1965). Singleton V L & Rossi J A Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Sosa, MV; Rodríguez-Rojo, S .; Mattea, F .; Cismondi, M .; Cocero, MJ (2011). té verde encapsulación mediante coprecipitación anti-disolvente a alta presión. *J. Supercrit. Fluidos*. 56, 304-311.
- Sun, T., & Ho, C. T. (2005). Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*, 90(4), 743–749. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.035>
- Tiwari, B. K., Donnell, C. P. O., & Cullen, P. J. (2009). Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.01.027>
- Vandamme, TF; Poncelet, D.; Subra-Paternault, P. (2007) La microencapsulación: des ciencias aux tecnologías; Lavoisier Tec y Doc.
- Vieira, et. al., (2013). Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound-assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). 119(2):196–204.
- Yang, B., Liu, X., & Gao, Y. (2009). Extraction optimization of bioactive compounds (crocin , geniposide and total phenolic compounds) from Gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) fruits with response surface methodology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(4), 610–615. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.03.003>
- Zardo, I., & Espíndola, A. De. (2017). Optimization of Ultrasound Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Sunflower Seed Cake Using Response Surface Methodology. *Waste and Biomass Valorization*, 0(0), 0. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0038-3>
- Zolgharnein, J., Shahmoradi, A., & Ghasemi, J. B. (2013). Comparative study of Box – Behnken , central composite , and Doehlert matrix for multivariate optimization of Pb (II) adsorption onto Robinia tree leaves, (February), 12–20. <https://doi.org/10.1002/cem.248>

Efecto de capsaicinoides en larvas de *Premnotrypes vorax* de papas (*Solanum tuberosum*) cosechadas y almacenadas en el Valle del Mantaro. Región Junín

Effect of capsaicinoids on larvae of *Premnotrypes vorax* of potatoes (*Solanum tuberosum*) harvested and stored in the Mantaro Valley. Junin Region

Gamarra Mendoza, N⁽¹⁾, Tito León, R⁽²⁾, Gamarra Poma, R⁽³⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú

⁽²⁾Escuela de Biología, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

⁽³⁾Facultad de Ingeniería Agronómicas- Universidad Nacional del Centro del Perú

E-mail: aunonegame2016@outlook.com

Resumen: En el presente estudio se realizó bioensayos toxicológicos a base de capsaicinoides en larvas de *Premnotrypes vorax* (gusano de los Andes) presentes en papas cosechadas y almacenadas, estos insectos plaga están considerados como insectos perjudiciales económicamente, porque causan una pérdida de aproximadamente del 90% de la producción de este tubérculo. Se realizó la extracción de los capsaicinoides de la placenta de ají panca y luego se preparó diluciones (To, T1, T2, T3 y T4) de capsaicinoides y se aplicó a 10 unidades de larvas con dos repeticiones por cada tratamiento, el tiempo de exposición fue de 6 y 12 horas, al cabo de las 12 horas de contacto entre larvas y capsaicinoides se logró una mortandad superior al 66% en los tratamientos T3 a T2.

Palabras clave: Bioinsecticida, Capsaicinoides, larvas, *Premnotrypes vorax*, papa.

Abstrac: In the present study, toxicological bioassays based on capsaicinoids were performed on larvae of *Premnotrypes vorax* (Andean worm) present in harvested and stored potatoes, these pest insects are considered as economically harmful insects, because they cause a loss of approximately 90% of The production of this tuber. Capsaicinoids were extracted from the placenta of ají panca and then dilutions (To, T1, T2, T3 and T4) of capsaicinoids were prepared and applied to 10 units of larvae with two repetitions for each treatment, the exposure time It was 6 and 12 hours, after 12 hours of contact between larvae and capsaicinoids, a mortality greater than 66% was achieved in treatments T3 to T2.

Keywords: Bioinsecticide, Capsaicinoides, larvae, *Premnotrypes vorax*, potato

1. Introducción

La producción de papa en la Región Junín y en los Andes peruanos es una de las principales actividades de los agricultores y campesinos, quienes cultivan para autoconsumo y como fuente de ingreso económico para el sustento familiar, la producción de papa requiere gran inversión económica y mucha actividad cultural en el campo y en poscosecha, durante estas etapas factores adversos como depredadores, insectos plaga y factores climatológicos, afectan el rendimiento productivo del tubérculo y en consecuencia se ve perjudicado la economía de los pequeños agricultores.

Los principales insectos plaga, que atacan a los tubérculos de papa en periodo de cosecha y poscosecha son los *Premnotrypes vorax* (gusano blanco), polillas *Tesia salinovora* (polilla guatemalteca), *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*, son las plagas más perjudiciales que afectan la producción y la calidad de la cosecha en Bolivia, Ecuador y Perú (CIP, 2011). Los agricultores utilizan insecticidas sintéticos muy tóxicos, para contrarrestar el ataque, pero con el paso del tiempo, genera problemas de salud, contaminación al medio ambiente y más aún la resistencia de estos insectos a tales plaguicidas (Gómez, s/f). El *Premnotrypes vorax* (*Coleoptera: Curculionidae*) (Pérez - Álvarez et al., 2010), conocido comúnmente como gusano blanco o gorgojo de los Andes, es la plaga más perjudicial e importante del cultivo de papa en los Andes de Colombia (Valencia, 1989) y Perú a partir de los 3200 msnm, en su forma adulta se alimenta de las hojas de papa y de malezas, sin embargo el daño más severo lo ocasionan las larvas (Figura 1 a, b), las cuales barrenan los tubérculos, penetran y se alimentan de la pulpa de las papas, y pueden llegar a causar pérdidas de hasta un 90% en la cosecha (Vélez, 1997), reduciendo el valor comercial del tubérculo, ya que simultáneamente se suma la proliferación y desarrollo de hongos que excretan micotoxinas dañinas a la salud del hombre, haciéndolo incomible al tubérculo. El principal problema que genera esta plaga es que no existe una técnica de detección de los adultos (gorgojos) que permita cuantificar las poblaciones de campo (Valencia, 1989). El control del gusano blanco se basa

casi exclusivamente en el empleo de insecticidas químicos dirigidos al estado adulto, muchos de los cuales son de categoría toxicológica I, es decir, extremadamente tóxicos (Zenner, 1990; Crissman et al., 2003; Arica et al., 2006). Frente al gran impacto económico negativo que causa la plaga, además de dificultades y problemas de contaminación asociados a su control, requiere desarrollar nuevas alternativas para el manejo del insecto en sus diferentes estadios, así como en larvas y en zonas específicas de infestación, como en áreas de cosecha y en almacén. Actualmente la introducción estratégica en términos de inocuidad de alimentos y control más limpio de insectos plaga, orienta al uso de residuos de vegetales con propiedades insecticidas y repelentes, que contienen compuestos promisorios como las piretrinas y azaradictinas (Ahmed y Grainge, 1986; Addor, 1995; Silva et al., 2002). En los últimos años y a causa de todos los problemas ocasionados por los agroquímicos, se están retomando las estrategias de control de plagas con extractos vegetales, lográndose resultados promisorios en diferentes especies a nivel mundial (Rodríguez, 2000; Mancebo et al., 2000), además los consumidores están tomando conciencia del riesgo que ocasionan los residuos agroquímicos en la salud humana. Entre la diversidad de plantas existentes en la naturaleza, aproximadamente unas 300 especies se han destacado por su poder nematocida e insecticida (Atehortúa, 1994). Los capsaicinoides son compuestos con principios bioactivos, con efecto repelente y biocida de insectos y otros depredadores de los frutos de *Capsicum*, se encuentran acumulados en las placentas, semillas y cáliz (subproductos) del fruto. En el presente estudio, se realizó la extracción de capsaicinoides de los residuos (placenta) de *Capsicum chinense* comúnmente conocido como ají panca en Perú y utilizados en el control de larvas de *Premnotrypes vorax* de papas cosechadas y en almacén

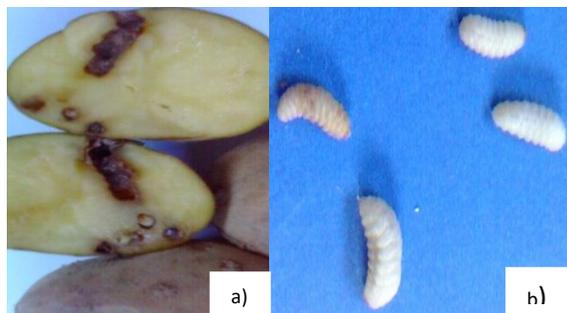


Figura 1. Papas barrenadas (a) por larvas de *Premnotrypes vorax* (b)

2. Materiales y métodos

Acondicionamiento de la placenta de ají panca y extracción de capsaicinoides

Se realizó la colecta de placentas de ají panca de la empresa Sason Lopesa de la ciudad de Huancayo y se trasladado al laboratorio de química de alimentos para iniciar el desarrollo experimental. Se separó las semillas de la placenta y luego se deshidró en una secadora de cabina a 50°C hasta 8 - 10% de humedad. Luego fue molido y tamizado hasta un tamaño de partícula menor a 0.425 mm para facilitar la extracción de los capsaicinoides. Seguidamente se realizó la extracción con etanol al 80% a 60°C y 270 rpm, el extracto obtenido se filtró y el sobrenadante se centrifugó a 5000 rpm por 15 min. Para separar las partículas sólidas presentes luego se filtró a vacío, y rotaevaporado (con un equipo marca Buchi) en 500 mm Hg por 15 min. hasta sequedad y luego se resuspendió con metanol de grado HPLC y se analizó el contenido de capsaicinoides por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) con un cromatografo marca Shimadzu y una columna Resteck de 250 mm x 4.6 μ m y 5 mm DI. Previamente se utilizó estándares de capsaicinoides: nordihidrocapsaicina, capsaicina y dihidrocapsaicina (adquiridos de Sigma – Aldrich) para la elaboración de la curva de calibración y con ello se cuantificó la cantidad de capsaicinoides en los extractos de placenta de ají panca. Seguidamente se almacenó a 4°C, hasta el momento de su aplicación en las larvas de *P. vorax*.

Bioensayos toxicológicos de capsaicinoides en larvas de *P. vorax* de papa en almacén

Se realizó la colecta de tubérculos de papa blanca comercial de almacenes de agricultores de la comunidad campesina de Azapampa, y se seleccionó los tubérculos atacados por *P. vorax* (figura 1). Mediante un estilete se realizó cortes transversales en los tubérculos y se encontraron las larvas de color blanco en el interior de las graderías formadas; así mismo se colecto las larvas del almacén que habían salido del interior de las papas para formar las pupas. Las larvas colectadas se colocaron en placas Petri (8 cm DI) en una cantidad de 10 unidades del mismo tamaño longitudinal (0,6 mm) y transversalmente (0,35 mm). Se preparó las diluciones de capsaicinoides en concentraciones de 0%(To), 25%(T1), 50%(T2), 75%(T3) y 100%(T4), simultáneamente se fijó cinco tratamientos con tres repeticiones. Además se estableció el contacto de las larvas con las soluciones de capsaicinoides en dos tiempos (bloques) B1 = 6 h y B2 = 12 h. En cada placa que contenía las larvas se adicionó 2 ml de las diluciones de capsaicinoides, al cabo de las 6 y 12 horas se monitoreó la sobrevivencia de las larvas, se observó la movilidad y el cambio de color de los insectos (figura 2).

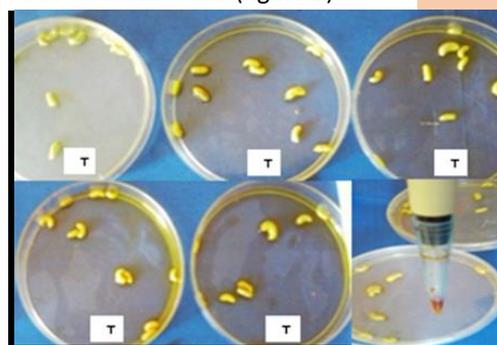


Figura 2. Tratamiento de larvas de *P. vorax* con diferentes concentraciones de capsaicinoides

Diseño estadístico para los bioensayos

Para testear el efecto de las concentraciones del bioinsecticida se aplicó un diseño bloque completo aleatorio (DBCA), donde los tratamientos (To – T4) fueron las diluciones de capsaicinoides y los bloques (B1 y B2) los tiempos de exposición de las larvas de *P. vorax* con capsaicinoides. El To era el tratamiento control, para el cual se utilizó agua potable. Los datos

obtenidos de los bioensayos toxicológicos fueron procesados y analizados mediante el análisis de varianza (ANVA) y el estadístico de Tukey con 5% de error, para el cual se utilizó el software del R, versión 3.5.3.

3. Resultados

Extracción y cuantificación de capsaicinoides

La cantidad de capsaicinoides totales obtenido de los extractos de placenta de ají panca fue de 1.92 mg/ml. En el cromatograma se obtuvo el perfil de capsaicinoides: nordihidrocapsaicina (NDHC), capsaicina (CAP) y dihidrocapsaicina (DHC), donde la CAP presentó un área y una altura mayor que NDHC y DHC, se deduce que la CAP se encuentra en mayor cantidad, que alcanza de 60 a 70%.

Bioensayos de toxicidad de larvas de *Premnotrypes vorax*

Usando diferentes dosis de capsaicinoides obtenidos de placenta de *Capsicum chinense* se aplicó en larvas de la tercera y cuarta etapa de desarrollo. En el tratamiento control (To) se utilizó agua con 0% de capsaicinoides, las larvas se expusieron durante 6 y 12 horas en el medio acuoso, y el porcentaje de mortandad fue 0% (figura 3), contrariamente mostraron mejor movilidad, coloración blanca y buena vitalidad en contacto con el agua potable, se mantuvieron vivos al 100%. Sin embargo las diluciones (T2 a T4) que contenían concentraciones de capsaicinoides de 50% a 100%, causaron un efecto mortal superior desde 50% a más después de 6 h de contacto con las larvas y al cabo de las 12 horas todas las diluciones mostraron un efecto letal en más del 60%. Las larvas progresivamente iban perdiendo movilidad por efecto de asfixia, tornándose desde color amarillo a marrón oscuro. La dosis de 25 % de capsaicinoides, causó un efecto de mortandad a 12 horas de exposición, mientras que con 50% del bioinsecticida ocurrió a seis horas de contacto. En la figura 4, se observa el porcentaje de mortandad de las larvas, donde el tratamiento T3 muestra un mayor efecto a 6 h y 12 h, siendo superior de 60 y 90%, respectivamente.

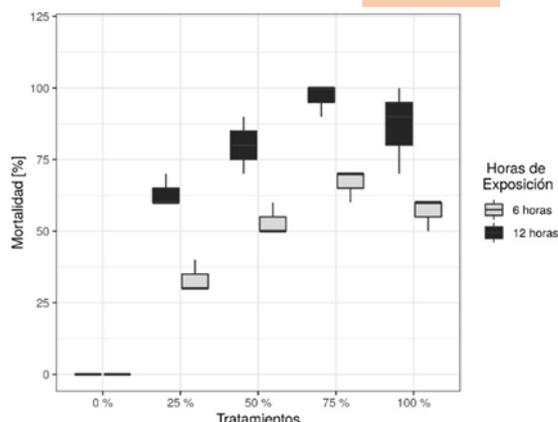


Figura 3. Porcentaje de mortalidad de larvas de *P.vorax* en relación al tiempo de exposición con capsaicinoides

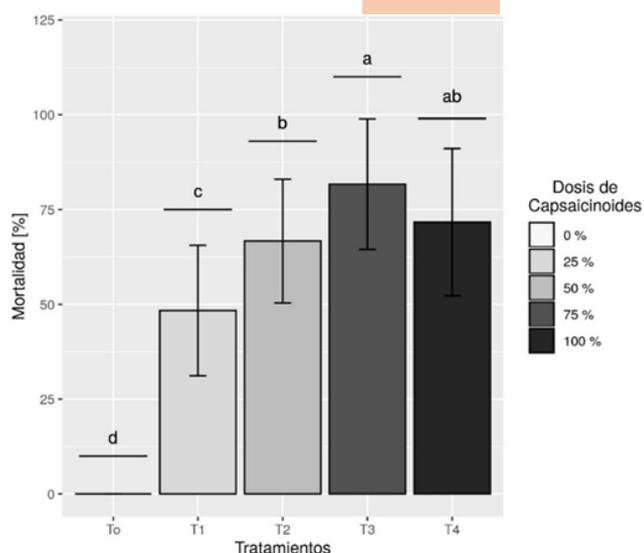


Figura 4. Porcentaje de mortalidad de larvas de *P.vorax* in vitro de papas en almacén

Tabla 1. Análisis de varianza de las concentración de capsaicinoides sobre larvas de *P. vorax*

Fuente	G	Suma de	Cuadra	F	Pr>F
	L	cuadrad	do		
		os	medio		
Tratamient	4	25113	6278	71.7	0.00*
os				5	**

Bloques	1	4083	46.67	0.00* **
Residual	2			
	4			

Los diferentes tratamientos (distintas concentraciones de capsaicinoides) utilizados en el control de la mortandad de la larvas de *P. vorax* mostraron alto efecto significativo ($P < 0.05$) (tabla 1). Así mismo, el efecto de los distintos tiempos de exposición de las larvas sobre los capsaicinoides presentaron alta diferencia significativa.

Tabla 2. Efecto significativo de la concentración de capsaicinoides sobre larvas de *P. vorax*

Tratamientos	Promedios de mortalidad de grupos de larvas			
T3	81.67 ^a			
T4		71.67 ^{ab}		
T2			66.67 ^b	
T1				48.33 ^c
To				0.00 ^d

Valores con letras diferentes, son significativamente diferentes en $P \leq 0.05$.

Al comparar estadísticamente el efecto de mortandad de las concentraciones de capsaicinoides en larvas de *P. vorax* (tabla 2), se observa que el T3 con 75% de capsaicinoides tiene un efecto mortal superior al 80% y es significativamente diferente a los T4, T2, T1 y To, mientras que el T4 no tiene efecto significativo ($P > 0,05$) comparado a T3 y T2, pero si con respecto a T1 y To. Los tratamientos T3, T4 y T2 son altamente tóxicos y presentan un efecto biopesticida superior al 50% de las larvas de *P. vorax*, mientras que T1 presentó un efecto menor de mortalidad. La correlación del incremento de las concentraciones de capsaicinoides en los tratamientos T1 a T3 y la mortalidad de las larvas de *P. vorax* presentó un valor de $R^2 = 0,988$ y un coeficiente de variabilidad de 19.35%, lo que indica que la mortalidad de las larvas en relación a los tratamientos y tiempos de exposición con los capsaicinoides, no mostraron alta dispersión de los datos obtenidos.

4. Discusión

El capsaicinoides predominante en la placenta de los frutos de *Capsicum chinense* comúnmente conocido como ají panca, una variedad de ají del Perú (Gavilán et al., 2018) fue la capsaicina. Los metabolitos secundarios más importantes de las especies de *Capsicum* con suficiente actividad bioactiva son los capsaicinoides, los cuales son derivados de bencilamina, difieren principalmente en su estructura química, que dependen de sus restos de acilo (Brossi, 1984; Fatoruso and Tagliatalata-Scafati 2008). La capsaicina, un derivado del ácido homovanílico (8-metil-N-vanillyl-6-nonenamida), es un componente activo y se encuentra entre 60-70% en los ajíes pungentes. El nivel de capsaicina en el pimiento sazonado es de alrededor del 0.025%, y en el pimiento picante alrededor del 0.25% (Lazić, 1995; Holzer, 1994). A partir de la concentración de capsaicinoides totales determinado en el estudio se preparó las diluciones para el biocontrol de las larvas de *P. vorax*. En el tratamiento To libre de capsaicinoides las larvas permanecieron vivas durante el tiempo de investigación. Valencia (1989) en sus estudios de campo con *P. vorax*, encontró que la emergencia de las larvas adultas está fuertemente influenciada por el agua de riego para los cultivos de papa. Observó que a los 2 días de iniciado el experimento comenzó la emergencia de adultos en la caja que recibió riego, mientras que en la caja sin riego no emergió ningún adulto durante todo el período de observación. Posteriormente, también aplicó riego a la caja que no había recibido anteriormente y se recuperó en los días siguientes una cantidad de adultos parecida a la obtenida en la caja con riego del experimento, lo anterior demuestra que el agua los estimula para emerger y seguir desarrollándose. La influencia de la humedad en el suelo (por ejemplo agua de lluvias) en la emergencia de los adultos del gusano blanco (*P. vorax*) y de otras especies estrechamente relacionadas que pertenecen al grupo "Gorgojos de los Andes", ha sido sugeridas por varios autores (Valencia, 1975; Alcázar, 1976; Calvache, 1987 y Yabar, 1988).

En el presente estudio la concentración de capsaicinoides desde 25% (v/v), 50%, 75% y 100%

presentaron un efecto biopesticidas en las larvas de *P. vorax*, el T3 (75%) tuvo mayor eficiencia en la mortandad de las larvas desde 80%. Koleva et al., (2000) realizaron la extracción de capsaicinoides de *Capsicum annuum ssp. Microcarpum* L. y los extractos fueron utilizados como ecobiopesticida contra el pulgón verde del durazno *Myzus persicae* Sulz, la dilución de 1:20 de capsaicinoides presentó el efecto biopesticidas más eficiente. Tunka et al., (2012) realizaron estudios de comportamiento del parasitoide en un olfatómetro, utilizando azadirachtin (LC50 y LC25), piretro (LC50 y LC25), capsaicina (1:32) y d-limoneno (1: 4), los resultados del estudio proporcionan evidencia de una interacción entre los extractos botánicos y control biológico. Los resultados encontrados en experimentos de laboratorio y de campo, sugieren fuertemente que los capsaicinoides pueden ser una alternativa ecológica a los pesticidas sintéticos. Diluciones de capsaicinoides (del 5% de concentración) pueden controlar eficazmente el *Aphis cytisorum* de *Spartium junceum*. Además, la rápida actividad biocida (tiempo corto) de los capsaicinoides es importante para la aplicación en el campo, donde algunos factores abióticos (por ejemplo, la lluvia) pueden influir en la efectividad de los pesticidas (Claros et al, 2019).

5. Conclusión

Los ensayos biotóxicos con capsaicinoides en concentraciones de 75% (T₃) y 50% (T₂) causaron una mortalidad de larvas de *P. vorax* en más de 81% y 66% en promedio a partir de las 6 horas de contacto, respectivamente. El uso de insecticidas botánicos tiene un impacto ambiental positivo y en la inocuidad alimentaria.

6. Referencias bibliográficas

- Addor, R.W. 1995. Insecticides. En: Godfrey, CRA. Agrochemicals from natural products. New York, Marcel Decker. 1-62 p
- Ahmed, S.; Grainge, M. 1986. Potential of the neem tree (*Azadirachta indica*) for pest control and rural development. *Economic Botany* 40(2):201-209.
- Alcázar, J. G. 1976. Biología y comportamiento del "Gorgojo de los Andes" *Premnotrypes suturicallus* Kuschel (Coleóptera: Curculionidae). Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 80 p.
- Arica, D.; Kroschel, J.; Forbes, G.; Saint Pere, K. (2006). Persistent Organic Pollutants and Hazardous Pesticides in Andean Farming Communities in Peru. International Potato Center (CIP), Lima, Perú. 48 p.
- Brossi, A. (1984) The alkaloids. Chemistry and pharmacology, Academic Press, Orlando ,228-286.
- Calvache, H. 1986. Aspectos biológicos y ecológicos del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache). p.p. 18-24. En: Valencia, L. (Edit.), Memorias del Curso sobre Control Integrado de Plagas de Papa. CIP-ICA, Colombia.
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 2011. Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú. 1 – 68.
- Crissman, C.; Espinosa, P.; Barrera, V. (2003). El uso de plaguicidas en la producción de papa en Carchi. En: Yanggen, D.; Crissman, C.; Espinosa, P. (eds.). Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Quito. CIP e Iniap. Ediciones Abya Yala, p. 9-24.
- Claros, C. J.; Gamarra, M. N.; Pinillos, O.E.;Tito, R.; Seguil, M. C. (2019). Insecticidal Properties of Capsaicinoids and Glucosinolates Extracted from *Capsicum chinense* and *Tropaeolum tuberosum*. 10, 132; doi:10.3390/insects10050132.
- Fattorusso, E.;Tagliatalata-Scafati, O. (2008) Modern alkaloids: structure, isolation, synthesis and biology, Weinheim, 73-104

- Gómez, H. (s/f). Aplicación de hongos entomopatógenos en el control de plagas. Servicio Nacional de Sanidad Agraria. Ministerio de Agricultura. Perú. 1 – 73.
- Holzer, P. (1994). Capsaicin: cellular targets, mechanisms of action, and selectivity for thin sensory neurons. *Pharmacol Rev* 43, 143–201
- Koleva, G. L.; Mitrev, S.; Maksimova, V.; Spasov, D. (2000) Content of capsaicin extracted from hot pepper (*Capsicum annuum* ssp. *Microcarpum* L.) and its use as an ecopesticide. "Goce Delcev" – University, Faculty of agricultural sciences.
- Lazić, B. 1995. Povrtarstvo, Paprika (*Capsicum annuum* L.), Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Novi Sad, Jugoslavija
- Pérez-Álvarez, R.; Argüelles-Cárdenas, J.; Aguilera G. E. 2010. Distribución espacial de *Premnotrypes vorax* (Hustache) (Coleoptera: Curculionidae) en cultivos de papa. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 11(1), 11-20
- Tunca, H.; Kiliñçer, N.; Özkan, C. 2012. Orijinal araştırma. Side-effects of some botanical insecticides and extracts on the parasitoid, *Venturia canescens* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae) 1 Bazı bitkisel insektisitlerin ve ekstraktların *Venturia canescens* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae) üzerindeki yan etkileri. *Türk. entomol. derg.* 36 (2): 205-214.
- Valencia, L. 1975. Problemas entomológicos de la papa. Centro Internacional de la Papa. Mimeo. 27 p.
- Valencia, V. (1989). El gusano blanco de la papa. *Premnotrypes vorax* (Hustache) en Colombia. Comportamiento de adultos en el campo. I.- *Revista Latinoamericana de la Papa.* 2: 57-70.
- Vélez, R. (1997). Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: biología y manejo integrado. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 482 p.
- Yabar, E. 1988. Integración de prácticas culturales para el control del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* ssp.). *Revista Latinoamericana de la Papa* 1 (1): 120-131.
- Zenner de Polanía, I. (1990). Research and Management Strategies for Potato Insect Pest in Colombia. En: Hahn, S.K.; Caveness, F.E. (eds.). *Integrated Pest Management for Tropical Root and Tuber Crops. Proceedings of the Workshop on the Global Status of and Prospects for Integrated Pest Management of Root and Tuber Crops in the Tropics.* International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. pp. 139-148.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES DE ARTÍCULOS ORIGINALES

TÍTULO

Debe ser conciso, no más de 20 palabras y debe resumir de una manera simple la idea principal del artículo y de ser posible con estilo:

- ✓ Debe ser un enunciado conciso que describa el tema principal y debe identificar las variables o problemáticas teóricas a investigar y la relación entre ellas.
- ✓ El título debe ser autoexplicativo.

AUTOR Y AFILIACIÓN

Autor

El trabajo incluye el nombre de las personas que tuvieron una participación decisiva en el desarrollo de la investigación, se deben omitir todos los títulos de formación (Lic., Prof., Dr., etc.)

Afiliación

La afiliación se refiere a la institución en la cual el autor o los autores se encontraban trabajando cuando la investigación fue llevada a cabo.

- ✓ Los nombres de los autores deben aparecer en orden de contribución, centrados entre los márgenes laterales.
- ✓ La institución a la que pertenezca debe aparecer centrada bajo el nombre del autor, en la línea siguiente.
- ✓ Se debe incluir doble afiliación únicamente si ambas instituciones contribuyeron sustancialmente en la realización del trabajo.
- ✓ No se deben incluir más de dos afiliaciones por autor.
- ✓ Cuando un autor no está afiliado a ninguna institución, se debe listar la ciudad o estado de residencia debajo del nombre del autor.
- ✓ Si la afiliación institucional cambió desde que el trabajo fue completado, se debe proveer la nueva institución.

Notas del autor

Una nota del autor aparece debe en el manuscrito debe de identificar el departamento al cual pertenece el autor, dar agradecimientos, mencionar aclaraciones o potenciales conflictos de interés y proveer un punto de contacto para lectores interesados y deben completarse de la siguiente forma:

Afiliación departamental completa

Se deben identificar los departamentos a los cuales pertenecen los autores al momento del estudio. Si un autor no está afiliado a ninguna institución, indicar ciudad y país de residencia.

Información de contacto

En este espacio se debe incluir el modo efectivo para comunicarse con el autor del trabajo presentado.

- ✓ Nombre de la persona de contacto.
- ✓ Dirección postal completa para correspondencia.
- ✓ Dirección de correo electrónico y sin punto.

Ejemplo:

TÍTULO DEL ARTÍCULO

Juan Pérez Silva*^a, Luis Silva Pérez^b

- a Facultad de Química, Universidad XXX, Av. Las Artes 289, Lima 23, Perú,
perez@yahoo.com.pe (el autor principal es señalado por el asterisco; sólo él coloca su correo y datos completos de correo postal)
- b Facultad de Biología, Universidad YYYY.

RESUMEN

El resumen debe ser breve y cada una de las oraciones debe ser lo más informativa posible.

- ✓ Debe comenzarse con los puntos más importantes.
- ✓ No se debe desperdiciar espacio repitiendo el título.
- ✓ El resumen debe contener entre 4 o 5 conceptos más importantes.
- ✓ Se recomienda incluir en el resumen las palabras específicas que los lectores podrían utilizar en sus búsquedas electrónicas.

Así mismo debe de (i) establecer el objetivo y alcance del estudio realizado y presentado en el artículo; (ii) describir la metodología; (iii) resumir los resultados más importantes; y (iv) establecer las principales conclusiones.

En el resumen no se debe incluir información o conclusiones que no se describan en el artículo, no se debe usar abreviaturas, ni se debe citar referencias.

Deberá respetarse las normas internacionales referentes a la nomenclatura, símbolos y sistemas de medida. Los nombres científicos de género y especie van en cursiva (itálica).

ABSTRACT

Este debe ir en traducido en inglés como "Abstract"

PALABRAS CLAVE

Este debe ir en traducido en inglés como "Key Words" y debe contener entre 3 y 5 palabras de preferencia no se deben de repetirse las palabras usadas en el título a fin de que el lector pueda tener una mayor opción de búsqueda.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la Introducción es proporcionar al lector (a) los antecedentes suficientes que le permitan ubicar el tema y el artículo en el contexto de la literatura pasada y presente. Se deberá escoger cuidadosamente la literatura a citar en esta sección y se deberá dejar en claro porqué, existiendo toda esa información disponible, el artículo que se presenta es necesario, y no es "más de lo mismo".

La exposición del tema o del problema abordado en el artículo debe ser expuesto en forma clara y directa. La revisión de la literatura debe dar a lector una visión clara de cómo se ha enfocado el tema u otros similares en el pasado. Se debe dar especial importancia a la literatura de los últimos años, sin olvidar clásicos del pasado que el autor considere apropiado incluir. Lo que no puede pasar es citar solamente literatura de hace más de 5 años.

MATERIALES Y METODOS

Deberá especificar el material y los aparatos empleados con el nombre del fabricante entre paréntesis y los reactivos utilizados con sus marcas comerciales respectivas. La metodología deberá describir en forma clara y con detalle suficiente los procedimientos seguidos en el desarrollo del trabajo, para permitir a otros investigadores reproducir el mismo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Aquí se describen todos los resultados obtenidos, procurando agruparlos en tablas o en figuras que faciliten su interpretación (Debidamente numeradas y que cumplan el estilo de redacción), evitando utilizar ambas para ilustrar los mismos resultados. Los resultados mostrados deberán tener una secuencia lógica con el texto y ser citados en el mismo. La discusión deberá incluir las implicaciones de los resultados y relacionar las observaciones obtenidas con otros estudios relevantes. El análisis crítico debe ser direccionado por la hipótesis del trabajo de investigación. Si el fenómeno es un estudio complejo y extenso se recomienda desglosar en secciones colocando sub títulos

CONCLUSIONES

Esta sección en el artículo constituye una parte esencial para cerrar un artículo y debe de concluir en forma directa y simple sobre lo encontrado en la investigación descrita; no se

debe recapitular el trabajo en forma condensada (eso va en la sección resumen), ni se debe presentar resultados.

Una forma clásica y adecuada, y que muchos autores(as) prefieren, es escribir una frase de presentación y luego mostrar las conclusiones numeradas.

AGRADECIMIENTOS

En este espacio se debe presentar aquellos soportes y colaboraciones recibidos para la realización del estudio becas, subsidios u otro soporte financiero

- ✓ Colaboración de colegas que asistieron en el estudio o en la redacción del artículo.
- ✓ Explicar cualquier tipo de acuerdos relacionados con la autoría (por ejemplo, si todos los autores contribuyeron en la misma medida en el trabajo).
- ✓ No se debe agradecer a las personas involucradas en la revisión rutinaria del trabajo (editores, editores asociados, etc.).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Las citas a la literatura en la publicación documentan los argumentos, ideas, conceptos, teorías y datos usados y expuestos en el escrito. Estas deben de permitir el trabajo en una perspectiva global respecto a lo que otros investigadores(as) realizan o han realizado en otras partes del mundo.

Las citas y referencias de los trabajos constituyen elementos esenciales e insustituibles en la publicación.

La sección de referencias bibliográficas detalla los documentos (artículos, libros, sitios en Internet, software) y se asumen que estas pueden ser consultados por el lector o ampliar la información del artículo, además que como formato debe de cumplir el formato APA.

Las referencias, se citan en el texto correlativamente como superíndice. El número de estas referencias no debe ser excesivo. Deberían fluctuar entre 10 y 30.

Los autores deben cuidar la ortografía y gramática y ajustarse a las normas de la revista. Igualmente, deben velar para que todo aspecto del documento (autoría, metodología, resultados y citas), se ajusten a normas éticas establecidas por la comunidad internacional.

NOTA FINAL PARA LOS AUTORES

El texto completo, debe ser escrito en formato Microsoft Word, tamaño de página A4. Márgenes; izquierdo 3 cm, derecho 3 cm, superior 3 cm, inferior 3 cm. Espacio 1.5, fuente Calibri, estilo de fuente regular (salvo indicación contraria), color de fuente negro (texto y figuras) y tamaño de fuente 10. Se imprimirá de manera vertical. Todo el texto, excepto el título, debe estar alineado a la derecha y a la izquierda (usar la opción "justificar"). Los decimales deben llevar coma.

En todo el artículo las figuras como gráficas, imágenes, fotografías, ilustraciones, esquemas, fotoreproducciones y espectros, deben ser de 300 dpi's de resolución (alta calidad en definición) en formato JPG o TIFF o PDF y un tamaño de 10 a 16 cm de ancho, considerando que pueden ser reducidas al 50% del tamaño original, una por archivo. Todas las explicaciones deben escribirse en el pie de tabla, si se utiliza alguna abreviatura especificar en el pie de la misma. El formato de la tabla deberá ser simple, sin rellenos y no usar tabuladores. Las dimensiones deberán ser de 8 a 16 cm de ancho.

El artículo presentado debe de estar estructurado entre 5 y 12 páginas y estas deberán enviarse como archivo electrónico. Los trabajos se acompañarán de una carta firmada por todos los autores donde se establezca que el trabajo ha sido revisado y aprobado por los participantes, y que no existe conflicto de intereses para su publicación. En el caso del sector privado se requiere carta de autorización de la empresa donde se realizó el estudio.

PLANTILLA PARA PUBLICAR ARTÍCULOS

TÍTULO DEL ARTÍCULO

Juan Pérez Silva^{*a}, Luis Silva Pérez^b

- a Facultad de Química, Universidad XXX, Av. Las Artes 289, Lima 23, Perú, perez@yahoo.com.pe (el autor principal es señalado por el asterisco; sólo él coloca su correo y datos completos de correo postal)
- b Facultad de Biología, Universidad YYYY.

RESUMEN

El resumen debe tener relación con el contenido, es claro o conciso, el resumen en inglés debe corresponder al escrito en español.

Palabras clave: titanio, hierro.

TÍTULO EN INGLÉS

ABSTRACT

Este debe ir en traducido en inglés como "Abstract"

Key words: titanium, iron.

Debe contener entre 3 y 5 palabras de preferencia no se deben de repetirse las palabras usadas en el título a fin de que el lector pueda tener una mayor opción de búsqueda.

INTRODUCCIÓN

La introducción debe mencionar claramente los antecedentes, estado del arte o trabajos previos del tema en cuestión. Contiene las suficientes citas bibliográficas que los sustente. Debe hacerse una completa revisión bibliográfica.

MATERIALES Y METODOS

Deberá especificar el material y los aparatos empleados con el nombre del fabricante entre paréntesis y los reactivos utilizados con sus marcas comerciales respectivas. La metodología deberá describir en forma clara y con detalle suficiente los

procedimientos seguidos en el desarrollo del trabajo, para permitir a otros investigadores reproducir el mismo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los experimentos son los apropiados, necesarios y suficientes para una publicación de calidad. Deben estar bien descritos de tal como que otra persona pueda repetir los experimentos sin mayor inconveniente.

Tabla 4. Análisis químico proximal del almidón obtenido de las variedades quinua.

COMPONENTES	VC		VP
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda
Humedad	11,50 ± 0,45ns	-----	11,66 ± 0,04 ns -
Proteína	9,90 ± 0,00 c	11,19	11,21 ± 0,00 b 1
Lípidos	4,67 ± 0,00 c	5,31	5,21 ± 0,00 b 5
Fibra	3,21 ± 0,02 c	3,6	3,52 ± 0,00 b 3
Ceniza	2,62 ± 0,01 c	2,94	3,12 ± 0,47 b 3
Carbohidratos	71,30 ± 0,46 a	80,56	68,79 ± 0,45 b 7
Energía	367,12	-----	366,84 -

Nota: Leyenda: VC = variedad Collana negra; VP = variedad Pasankalla roja; VB = variedad blanca Junín. ns: Indican significancia a $p < 0,05$ y no *significante*. Valores con diferentes letras dentro de cada columna denotan significancia en la prueba de Tukey ($p < 0,05$), valores promedio de 2 repeticiones ± desviación estándar.

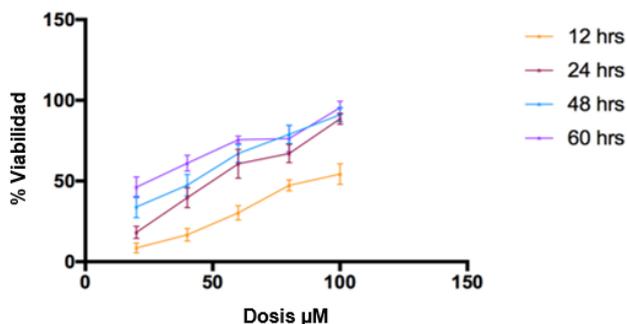


Figura 2. Actividad inhibitoria expresada en el porcentaje de mortalidad de las células MCF-7 como respuesta a las diferentes concentraciones (20, 40, 60, 80 y 100 µM/mL) del Tratamiento 1 (extracto de BIT obtenidas del vegetal en condiciones normales de gravedad) en diferentes tiempos.

Las tablas y figuras deben estar numeradas, comentadas y referenciadas en el texto. Se debe escribir la palabra figura 1 completa, no Fig. 1. Al igual que la tabla.

CONCLUSIONES

Las conclusiones deben ser relevantes y relacionadas con los resultados de la investigación. La evidencia experimental puesto en el artículo debe sustentar las conclusiones.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a personas o instituciones que de un modo u otro han apoyada la realización de la investigación. Por ningún motivo se debe colocar como autores, a personas por el simple hecho de ser jefe, decano, pariente o amigo del autor principal. Estas personas pueden ser mencionadas en esta sección de AGRADECIMIENTO si es que han apoyado la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. E. J. Ricradi, *J. Inorg. Biochem.*, **2000**, *80*, 237. (cuando es revista)
2. M. Cantera, C. Córdoba-García, C. J. Nebot, M. Galán, M. Pardo, J. Aliaga *et. al.*, *Med Clin.*, **1997**, *109*, 744. (cuando son más de 6 autores en una revista)
3. S. Polar, "Titulaciones redox", tercera edición, Editorial Pegaso, Trujillo, Perú, 2004, 25. (en el caso de libros)
4. M. Muñoz, "Análisis cromatográfico de la gasolina", presentación oral, Congreso Peruano de Química, Lima-Perú, 2004. (presentaciones póster u oral en eventos científicos)
5. M. García, "Estudio cromatográfico del pisco", tesis para optar el título de Químico, Universidad Nacional Federico Villarreal, 23, 2004. (tesis de pre y post grado)
6. J. Perez, T. Chocano, M. Slagado, inventores, Industrias Jaboneras, US patente 5,529,067. 2004 Junio 25. (en el caso de patentes)
7. J. Gutierrez, en CD-ROM, versión 2.0, Sociedad Química (editor). Lima, Perú, 2005. (en el caso de información digital)
8. Científicos asociados, www.ccaa.com (último acceso 23 julio 2005). (en el caso de paginas Web)

Cienci@^{gro}
alimentaria

Journal of Agri-food Science