

Cienci@gro alimentaria

Journal of Agri-food Science

Volumen 1°/ Número 1°/ Marzo 2021



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: **2021**

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

Dr. Miguel Angel Quispe Solano

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
Dra. Clara Raquel Espinoza Silva
M.Sc. Norma Néida Gamarra Mendoza

Diagramador

M.Sc. José Paúl Casas Vásquez

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

E-mail: www.uncp.edu.pe

E-mail: mquispe@uncp.edu.pe

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

CONTENIDO

Editorial

ARTÍCULOS ORIGINALES

1. PROTEÍNAS Y GRASAS RESIDUALES, TRAS LA EXTRACCIÓN DE ALCALOÍDES QUINOLIZIDÍNICOS DE TARWI, ASISTIDO POR MICROONDAS, ULTRASONIDO Y CONVENCIONAL
Seguil Mirones, C., Egas Peña, E., Avilez Hinostroza, J. _____ Pág. 02
2. ESTUDIO DE COMPONENTES BIOACTIVOS DE TRES VARIETADES COMERCIALES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*) SOMETIDOS A COCCIÓN EN MICROONDAS
Ramos Gómez, J., Ccora Huamán, A., Peña Rivera, Á. _____ Pág.08
3. UTILIZACIÓN DEL AISLADO PROTEICO DE SOYA PARA MEJORAR LA CALIDAD Y CANTIDAD DE PROTEINA EN LA ELABORACIÓN DE PANES
Tello Saavedra, R., Porras Osorio, M. _____ Pág.15
4. EFECTO DEL EXTRACTO DE TOCOSH EN LA CONSERVACIÓN DE FILETE DE RES ENVASADO AL VACÍO
Reyes De La Cruz, V., Yábar Villanueva, E., Carhuallanqui Avila, S., Climaco Diana _____ Pág. 26
5. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TEXTURA EN LA ELABORACIÓN DE SALCHÍCHA CON CARNE DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*).
Jose Solis., Luz Buendía., Leslie Calcina _____ Pág. 33
6. EFICACIA DE UN DESINFECTANTE BIODEGRADABLE A BASE DE RESIDUOS DE NARANJA Y QUINUA EN EL CONTROL DEL CRECIMIENTO DE *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.
Corilla Flores, D., Yabar Villanueva, E., Reyes De la Cruz, V., Quispe Solano, M. _____ Pág. 37
7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA FERMENTACIÓN HIGIÉNICA DE TOCOSH DE PAPA (*Solanum tuberosum*)
Ramos Gómez, J., Yábar Villanueva, E., Ccora Huamán, A. _____ Pág. 43
8. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPA Y MAÍZ EN EL VALLE DEL MANTARO 2005 – 2018
Gómez Herrera, J., Limas Amorín, C. _____ Pág. 50
9. Perspectivas tecnológicas del osmodeshidratado en cultivos andinos para la seguridad alimentaria
Carhuallanqui Avila, S., Vilcapoma Ureta, L., Saavedra Mallma, N., Casas Vásquez, J. _____ Pág. 63
10. POTENCIALIDADES DE LA *Baccharis latifolia*: UNA REVISIÓN
Párraga Melgarejo, N., Galarza Terrela, D., Martínez Torres, M., De La Cruz Porta, E. _____ Pág. 75

Editorial

La investigación referida a los alimentos permite generar conocimiento útil en la toma de decisiones en cuanto a su consumo, producción, transformación y/o comercialización. Comprender los diversos aspectos de antecedentes y efectos que inciden en los alimentos a lo largo de la cadena productiva hace que se puedan tomar diferentes acciones basadas en estudios, como recomendar el consumo de ciertos productos alimenticios, proponer nuevas tecnologías que resulte en beneficios económicos, sociales, ambientales y de seguridad alimentaria tanto para los pobladores como los productores de la zona central del Perú. En este contexto, la revista *Ciencia Agro Alimentaria* presenta investigaciones que analizan los componentes que podrían tener efectos beneficiosos en la salud, enfatizando el estudio de sus compuestos bioactivos; como prebióticos, polifenoles, aceites esenciales, actividad antioxidante entre otros. Así mismo se abordan temas tecnológicos para la producción en masa (propiedades funcionales, maquinarias, inocuidad y nuevos alimentos que buscan potenciar el aspecto nutricional y sensorial).

La segunda publicación de la revista científica *Ciencia Agro Alimentaria* fue realizada por El Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Los artículos son originales y están relacionados con productos de la región central del Perú, Junín. Estas investigaciones tocan temas de carácter: tecnológico, de mercado, medio ambiente, calidad, inocuidad e identificación de compuestos bioactivos que tendrían un efecto beneficioso para la salud.

El Editor

Proteínas y grasas residuales, tras la extracción de alcaloides quinolizidínicos de tarwi, asistido por microondas, ultrasonido y convencional

Residual proteins and fats, after extraction of quinolizidine alkaloids from tarwi, assisted by microwave, ultrasound and conventional

Seguil Mirones, Carlos Guillermo^{a*}, Egas Peña, Enma Elea^b, Avilez Hinostroza, Jessica Stefani^a

^aFacultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

^b Investigadora independiente.

* Autor corresponsal: cseguil@uncp.edu.pe

Resumen: El tarwi oleaginosa andina, que tiene un alto contenido de nutrientes, especialmente en proteínas y lípidos (grasas, fosfolípidos, esteroides, etc.); pero también alcaloides de quinolizidina (mayoritariamente lupanina y esparteína) como parte de su composición, es por ello que antes de consumirlo para la alimentación humana y animal es necesario extraerlos, para lo cual se realizan diferentes métodos que logran quitar este compuesto amargo y tóxico, estos van desde los convencionales que tienen como fundamento las prácticas ancestrales de remojo y eliminación de los alcaloides, sin embargo también existen nuevas técnicas que se han desarrollado utilizando fluidos supercríticos como el dióxido de carbono, extracción asistida por microondas, extracción asistida por ultrasonido, por fermentación con levaduras y hongos, con diferentes solventes y con la combinación de estos métodos. El interés de esta revisión es recopilar todos aquellos trabajos que ponen en evidencia, que sucede con la cantidad y calidad de proteínas y lípidos luego del desamargado poniendo mayor énfasis a las extracciones convencionales, por microondas, ultrasonido y por dióxido de carbono supercrítico, conocidos como tecnologías amigables con el ambiente.

Palabras clave: microondas, ultrasonido, tarwi, alcaloides de quinolizidina, proteínas residuales, grasas residuales.

Abstract: The Andean oleaginous tarwi, which has a high content of nutrients, especially in proteins and lipids (fats, phospholipids, sterols, etc.); but also quinolizidine alkaloids (mostly lupanin and sparteine) as part of its composition, that is why before consuming it for human and animal nutrition it is necessary to extract them, for which different methods are carried out to remove this bitter and toxic compound, These range from the conventional ones that are based on the ancestral practices of soaking and elimination of alkaloids, however there are also new techniques that have been developed using supercritical fluids such as carbon dioxide, microwave-assisted extraction, ultrasound-assisted extraction, for fermentation with yeasts and fungi, with different solvents and with the combination of these methods. The interest of this review is to compile all those studies that show what happens with the quantity and quality of proteins and lipids after debittering, placing greater emphasis on conventional extractions, by microwaves, ultrasound and by supercritical carbon dioxide, known as environmentally friendly technologies

Keywords: microwave, ultrasound, tarwi, quinolizidine alkaloids, residual proteins, residual fats

1. Introducción

El tarwi, es una oleaginosa andina, que tiene un alto potencial nutricional, por la composición de proteínas de alta digestibilidad igual a la caseína, sin embargo es deficiente en metionina aminoácido azufrado esencial; lípidos y micronutrientes como ácidos grasos esenciales, fitosteroles, etc., pero también tiene alcaloides de quinolizidina como la lupanina, la esparteína, 4-hidroxi-lupanina y 13-hidroxi-lupanina como los más importantes (Schoeneberger, Gross, Cremer y Elmadfa, 1982), que le confieren un sabor amargo y un nivel de toxicidad que no permite el consumo sin antes realizar el desamargado.

El desamargado, es una etapa necesaria para eliminar los alcaloides, para lo cual se utiliza diferentes métodos desde los convencionales basados en las prácticas ancestrales, aquellos que utilizan solventes y recientemente los métodos más amigables con el ambiente, todos ellos logran eliminar los alcaloides, pero no se tiene muchas evidencias científicas, respecto a que sucede con los componentes nutricionales luego del desamargado, por lo que la revisión presenta aquellos trabajos de investigación que en cierta medida tratan de dar respuesta a lo planteado y dejar evidencia para otras investigaciones en la que se desee utilizar las tortas desamargadas para la formulación de productos alimenticios con un aporte alto de proteínas y alto nivel calórico.

2. Métodos de extracción de alcaloides

El método convencional de extracción de alcaloides del tarwi, se conoce desde tiempos en que se comenzó a consumir ésta oleaginosa andina y que consiste sumergir en agua corriente (acequias o riachuelos) y por lixiviación se quita los alcaloides, luego éste procedimiento se replicó en el desamargado sumergiendo en agua, realizando cocciones y cambiando el agua.

También se han probado con métodos más recientes utilizando, extracciones asistidas por microondas, ultrasonido, fluido supercrítico, que han tomado interés por ser métodos amigables con el ambiente (Seguil, Egas, Avilez, Blas y Huamanlazo, 2019).

2.1. Efecto de la extracción convencional de alcaloides

Carvajal-Larenas, Van Boekel, Koziol, Nout y Linnemann (2013), realizaron el proceso de desamargado de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) a escala semiindustrial y laboratorio, en el Ecuador. El proceso tomó $5,7 \pm 1,0$ días, lograron eliminar 94,9 % del total de alcaloides, utilizando agua a casi 62 veces el peso del lupino crudo seco y amargo, y causó una pérdida del 22 % del total de sólidos, principalmente grasas, minerales y carbohidratos. Se tiene los siguientes contenidos comparados entre lupino sin desamargar y desamargado: proteína de 41,4 a 55,9 g/ 100 g

de materia seca; grasa de 23,4 a 8,9 g / 100 g de materia seca y alcaloides de 3,6 a 0,2 g / 100 g.

Quispe (2015), determinó proteína cruda antes y después del desamargado de los genotipos *Lupinus mutabilis* y *Lupinus albus*, encontrando que los genotipos *L. mutabilis* tienen mayor cantidad de proteínas entre 41 y 47 % en comparación con *L. albus* que están alrededor del 31 %; luego del desamargado acuoso obtuvo valores de proteína cruda entre 43 a 53 % para *L. mutabilis* y de alrededor de 36 %; este incremento se debe a la pérdida de materia seca. En lo que concierne al extracto etéreo antes del desamargado, se tiene de 16 a 24 % en *L. mutabilis* y 13 % en *L. albus* y después del desamargado de 13 a 24 % y 8 % respectivamente.

Seguil et al. (2019), realizaron la extracción convencional en un biorreactor de alcaloides de quinolizidina en semillas de tarwi con agitación a 60, 90 y 120 RPM; con tiempos de 12, 24 y 36 horas, utilizando como solvente agua consiguieron la condición óptima de extracción a 120 RPM por 12 horas. Observaron en la solución de extracción un color amarillento blanquecino del alcaloide y una pequeña fase oleosa de lípidos que se extrajo, figura 1.

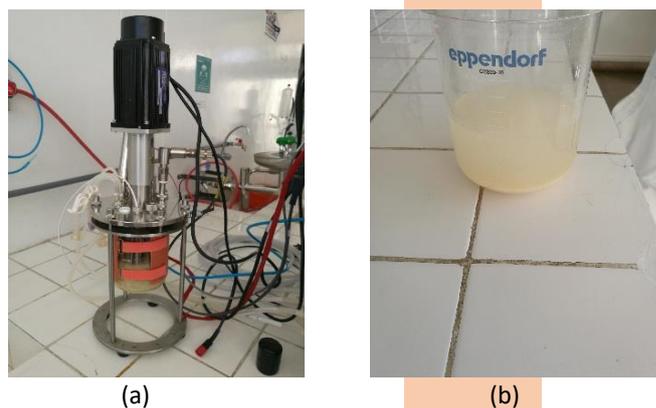


Figura 1. Extracción convencional de alcaloides de quinolizidina. (a) biorreactor. (b) extracto de extracción

2.2. Efecto de la extracción de alcaloides asistida por microondas (EAM)

Las microondas, son radiaciones electromagnéticas no ionizantes, con una frecuencia que oscila entre los 0,3 y 300 GHz, correspondiente a una longitud de onda de 1 m a 1 mm, que se caracteriza por desplazarse en forma de ondas sinusoidales. Su principal efecto, cuando interactúan con un material receptivo, es de naturaleza térmica (Salomón et al., 2013).

El aumento del rendimiento de extracción asistida por microondas (EAM) se atribuye al efecto de calentamiento, que ocurre debido a la rotación del dipolo y la conducción de los iones presentes en el soluto y el solvente. Como resultado se rompen los enlaces de hidrógeno, incrementando la

penetración del disolvente en la matriz, lo que permite la extracción de los biocomponentes (Lovrić *et al.*, 2017).

La EAM tiene ventajas en comparación con las técnicas convencionales las cuales son: menor tiempo de extracción, extracciones moderadamente altas, uso reducido de solventes y manipulación mínima de la muestra (Elez, Dragović-Uzelac, Režek, y Jukić, 2013).

Seguil *et al.*, (2019), realizaron la extracción asistida por microondas de alcaloides de quinolizidina en semillas de tarwi a las potencias de 600, 700 y 800 watts; con tiempos de 10, 15 y 20 minutos, utilizando como solvente agua; la condición óptima de extracción asistida por microondas fue a 600 watts por 10 minutos. En el extracto amarillento, se observó una pequeña fase oleosa, lo que evidencia la presencia de lípidos que han sido extraídos conjuntamente con los alcaloides, figura 2.

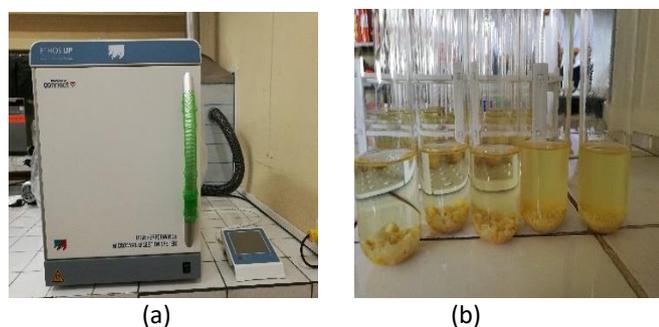


Figura 2. Extracción asistida por microondas de alcaloides de quinolizidina. (a) extractor de microondas. (b) extractos de extracción.

Mu *et al.* (2020), realizaron el pre tratamiento con microondas a la proteína de soya a diferentes potencias (0 – 600 w) para evaluar el efecto sobre las propiedades del gel, demostró que las muestras tratadas tuvieron una resistencia 2,2 veces mayor que las no tratadas, además promovió drásticamente la capacidad de retención de agua, por el análisis espectroscópico infrarrojo por transformada de Fourier demostraron que el pre tratamiento por microondas cambia la estructura secundaria de las muestras de gel, por lo que incrementa las propiedades de gelificación.

Estos hallazgos ponen en certeza lo mencionado por otros trabajos en la que indican que bajo irradiación de microondas de alta potencia, produciría impactos estructurales y de actividad, se produciría la ruptura de enlaces disulfuro de las proteínas, causar la desagregación y por lo tanto el aumento a la exposición del solvente y por hecho se despliega la estructura de las proteínas al romper enlaces no covalentes de moléculas, destruyendo las fuerzas hidrófobas por las microondas (Guan *et al.*, 2011; Guo, Sun, Cheng, Han, 2017 y Jiang, Liu, Wang, 2017).

Sin embargo, cuando se elimina los alcaloides, con microondas, se puede causar una disminución de los nutrientes debido a la lixiviación (Guo *et al.*, 2017).

Por otra parte, existen estudios sobre el efecto de las microondas sobre los lípidos, específicamente en uno de sus componentes: los fitoesteroles se degradan dependiendo del tiempo de calentamiento como del medio circundante (Leal-Castañeda *et al.*, 2015); respecto a los ácidos grasos después del calentamiento con microondas, se reportan un incremento del contenido de ácidos grasos (Jiang *et al.*, 2017). Las evidencias indican que los lípidos y alimentos que lo contengan son sensibles al calentamiento por microondas, lo que posibilita oxidaciones y por lo tanto degradación. Los tratamientos con temperaturas menores a 40 °C, no se observan alteraciones al aceite (Albi, Lanzón, Guinda, León y Pérez-Camino, 1997).

2.3. Efecto de la extracción de alcaloides asistida por ultrasonido (EAU)

El incremento de extracción como resultado de la aplicación de ultrasonidos de alta potencia se ha atribuido al fenómeno de cavitación acústica. Este fenómeno aparece cuando se generan ondas acústicas de alta intensidad en un fluido. El mecanismo de extracción comprende dos fenómenos físicos, el primero es la difusión a través de las paredes celulares y el segundo el lavado de los contenidos celulares una vez que se rompen las paredes (Vinatoru, 2001). Ambos fenómenos están significativamente afectados por la radiación ultrasónica. La cavitación inducida por ultrasonidos aumenta la permeabilidad de los tejidos de las plantas y aumenta el proceso de transferencia de masa (Gaete-Garretón, Vargas-Hernández, Cares-Pacheco, Sainz y Alarcón; 2011).

Seguil *et al.*, (2019), realizaron la extracción asistida por ultrasonido de alcaloides de quinolizidina en semillas de tarwi a una frecuencia de operación de 40 kHz a tres energías ultrasónicas 20, 50 y 80 %; con tiempos de 10, 20 y 30 minutos, utilizando como solvente agua, consiguieron la condición óptima de extracción a 50 % de energía ultrasónica a 40 kHz por 10 minutos. Observaron en el extracto una coloración blanquecina, que podría deberse a la presencia de proteínas, figura 3.

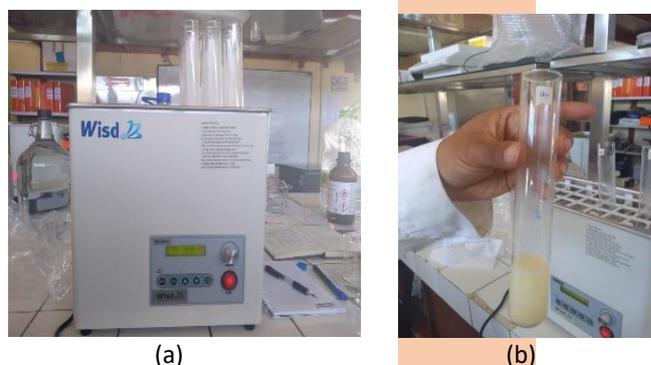


Figura 3. Extracción asistida por ultrasonido de alcaloides de quinolizidina. (a) extractor sónico. (b) extracto de extracción.

Existen trabajos en la cual han puesto en certidumbre, que el ultrasonido tiene la capacidad para despolimerizar polisacáridos, reduciendo el peso molecular y la viscosidad del dextrano, xantano, lambda-carragenano quitosano y almidón (Huei, Rong, Shii, 1997 y Cote, Willet, 1999).

Hay evidencias que durante la sonicación de alta intensidad, se producen modificaciones estructurales proteicas en la soya, aislado de soya, clara de huevo, concentrado de proteína de suero, agua de extracción de garbanzos; como el desdoblamiento parcial, modificando las propiedades funcionales (solubilidad, emulsificación, formación de espuma, gelificación, viscosidad y formación de masa de las proteínas), como el incremento de la capacidad de formación de espuma, disminución en el índice de consistencia de las soluciones, incremento de la hidrofobicidad de la superficie (Arzeni *et al.*, 2012; Morales, Martínez, Pizonas, Pilosof, 2015; Meurer, De Souza, Ferreira, 2019).

2.4. Efecto de otros métodos de extracción de alcaloides

Existen otros métodos que se utilizan para la extracción de alcaloides de quinolizidina en semillas de tarwi, uno de ellos es por fermentación, que reduce las sustancias antinutricionales como bacterias ácido lácticas, levaduras o mohos, tal es de *Candida utilis* (CU), *Saccharomyces cerevisiae* (SC) y *Kluyveromyces lactis* (KL) para la fermentación de semillas de lupino con alto alcaloide, donde se puso en evidencia que el contenido de proteína cruda aumentó (contenido inicial: 34,68 % de proteína cruda y 27,86 de proteína verdadera), los incrementos fueron: CU (38,06 % de proteína cruda y 25,60 % de proteína verdadera), SC (37,65 % de proteína cruda y 30,47 % de proteína verdadera) y KL (38,30 % de proteína cruda y 30,28 % de proteína verdadera), también afectó al perfil de aminoácidos. El incremento se debe a la capacidad de las levaduras seleccionadas de producir las llamadas proteínas asesinas (Kasprowicz-Potocka, Zaworska, Gulewicz, Nowak y Frankiewicz, 2017).

Se realizaron extracciones de alcaloides con dióxido de carbono supercrítico y como cosolvente etanol al 91 %, se utilizó cuatro tratamientos: T₁(20 MPa y 45 °C), T₂(30 MPa y 45 °C), T₃(20 MPa y 55 °C) y T₄(30 MPa y 55 °C), con una velocidad de flujo de CO₂ supercrítico de 6 g/min y del cosolvente de 0,6 mL/min. La fase dinámica fue de 180 minutos y la fase estática de 30 minutos. Obtuvieron la mayor extracción de alcaloides la presión 30 MPa y a la menor temperatura 45 °C; en el extracto se puede apreciar claramente la presencia de lípidos y pigmentos propios del tarwi (figura 4), es coherente por el tipo de solvente que es el dióxido de carbono supercrítico que es apolar y por lo tanto tiene la capacidad de extraer todos los componentes no polares como los lípidos (Seguil, Egas, Saavedra, Samaniego y Soria, 2018).

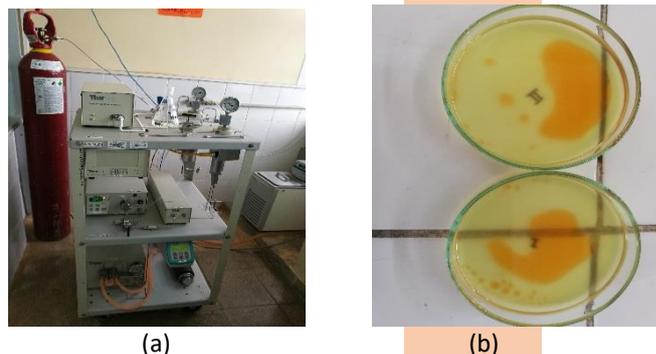


Figura 4. Extracción por dióxido de carbono supercrítico de alcaloides de quinolizidina. (a) Equipo supercrítico. (b) extracto de extracción.

En el mismo trabajo se determinaron la cantidad de lípidos residuales luego de la extracción y se puede evidenciar que las tortas pierden una cantidad significativa de lípidos, como se puede apreciar en la figura 5.

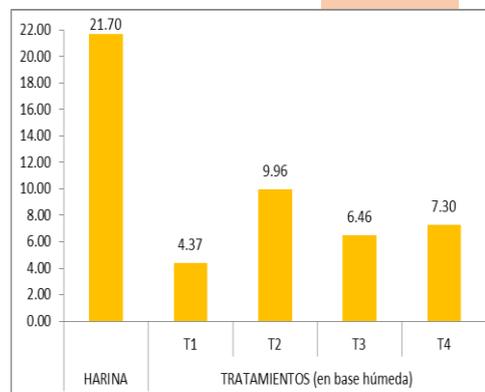


Figura 5. Lípidos en harina de tarwi y tortas tras la extracción de alcaloides (%).

2.5. Componentes de interés en el tarwi

a. *Proteína Lupinus mutabilis* tiene contenidos proteicos (32,0 – 52,6 g / 100 g ms) y éstos amplios valores se deben a factores genéticos y agronómicos.

Tabla 1 Composición de las semillas de *Lupinus mutabilis* (% materia seca)

Materia seca	Proteína cruda (N*6,25)	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	Carbohidrat os
93,8	41,4	20,1	6,5	3,6	28,4

Fuente: Schoeneberger *et al.* (1982)

Santos, Ferreira & Teixeira (1997), realizaron el trabajo comparativo electroforético de la composición de proteínas en las semillas de *Lupinus albus* cv. Multolupa, *Lupinus mutabilis* cv. Potosí y *Lupinus mutabilis* cv. Inti, los resultados mostraron pequeñas diferencias entre los dos cultivares de *L. mutabilis* (77 y 85 mg de N / g de peso fresco respectivamente), pero grandes diferencias entre

las dos especies *L. albus* (51,1 mg de N / g de peso fresco). Las semillas de *L. mutabilis* fueron más ricas en nitrógeno total, proteína total y globulinas totales, pero más pobres en albúminas que *L. albus*.

- b. **Lípidos** El contenido en *Lupinus mutabilis* (13,0 – 24,6 g / 100 g ms) similares a los de la soja (*Glycine max*), los contenidos de $\Omega 3$, $\Omega 6$ y $\Omega 9$ son 1,9 – 3,0; 26,5 – 39,6 y 41,2 – 56,2 g / 100 g de lípidos, respectivamente.

Tabla 2 **Composición de ácidos grasos del aceite de *Lupinus mutabilis* (% ácidos grasos totales)**

C14: 0	C16: 0	C16: 1	C18: 0	C18: 1	C18: 2	C18: 3	C20: 0	C22: 0
0,32	9,83	0,43	7,82	53,8	25,8	2,57	0,62	0,50

Ácido tetradecanoico (C14:0), ácido hexadecanoico (C16:0), ácido delta-9-*cis*-hexadecénico (C16:1), ácido octadecanoico (C18:0), ácido *cis*-9-octodecanoico (C18:1), ácido *cis*, *cis*-9, 12-octadecadienoico (C18:2), ácido 9Z, 12Z, 15 Z-octadeca-9 12 15-trienoico (C18:3), ácido eicosanoico (C20:0) y ácido docosanoico (C22:0)

Fuente: Schoeneberger *et al.* (1982)

- c. **Alcaloides** Los altramuces contienen alcaloides amargos. Los estudios preliminares sobre su toxicidad sugieren como dosis aguda letal para lactantes y niños 10 mg kg⁻¹ pc y para adultos 25 mg kg⁻¹ pc (Carvajal-Larenas, Linnemann, Nout, Koziol y Van Boekel 2015).

Es así que Haq (1993) en Carvajal-Larenas *et al.* (2015), menciona que *Lupinus mutabilis* tiene la capacidad de adaptarse a diferentes microhábitats, lo que genera en una variabilidad en la forma de la planta, en el crecimiento vegetativo, capacidad de soportar heladas y enfermedades, y por consiguiente también en el contenido de alcaloides, lípidos y proteínas.

3. Conclusiones

De los estudios realizados queda en evidencia, que los diferentes métodos producen pérdidas y modificaciones estructurales en las proteínas y lípidos de los alimentos sometidos a las extracciones asistidas con microondas, ultrasonido, por dióxido de carbono supercrítico, por fermentación y convencional.

Estas evidencias generalmente se producen cuando se aplican a los alimentos con objetivos diferentes como son: cocción, extracción de proteínas, secado, tratamientos térmicos, etc.; por lo tanto se hace necesario desarrollar estudios que permitan conocer que sucede con las proteínas y los lípidos después de aplicar las extracciones de alcaloides de quinolizidina en el tarwi.

4. Referencias bibliográficas

- Albi T., Lanzón A., Guinda A., León M. y Pérez-Camino M. C. (1997). Microwave and conventional heating effects on thermoxidative degradation of edible fats. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 45 (10), 3795–3798. doi: 10.1021 / jf970181x
- Arzeni C., Martínez K., Zema P., Arias A., Pérez O. E. y Pilosof A. M. R. (2012). Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Journal of Food Engineering*, 108 (3), 463–472. doi: 10.1016 / j.jfoodeng.2011.08.018
- Carvajal-Larenas F. E., Van Boekel M. J. A. S., Koziol M., Nout M. J. R. y Linnemann A. R. (2013). Effect of processing on the diffusion of alkaloids and quality of *Lupinus mutabilis* Sweet. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38 (4), 1461–1471. doi: 10.1111 / jfpp.12105
- Carvajal-Larenas F. E., Linnemann A. R., Nout M. J. R., Koziol M. y Van Boekel, M. A. J. S. (2015). *Lupinus mutabilis*: Composition, uses, toxicology and debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56 (9), 1454–1487. doi: 10.1080 / 10408398.2013.772089
- Cote G. L. y Willet J. L. (1999). Thermomechanical depolymerization of dextran, *Carbohydrate Polymers* (39) 2, 119 - 126. doi: 10.1016 / s0144-8617 (98) 00165-9
- 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
- Guan J.-J., Zhang T.-B., Hui M., Yin H.-C., Qiu A.-Y. y Liu X.-Y. (2011). Mechanism of microwave-accelerated soy protein isolate-saccharide graft reactions. *Food Research International*, 44 (9), 2647–2654. doi: 10.1016 / j. foodres.2011.05.015
- Guo Q., Sun D.-W., Cheng J.-H. y Han Z. (2017). Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 236–247. doi: 10.1016 / j. tifs.2017.07.007

- Huei Ch. R., Rong Ch. J. y Shii S. J. (1997). Effects of ultrasonic conditions and storage in acidic solutions on changes in molecular weight and polydispersity of treated chitosan. *Carbohydrate Research*, 299 (4), 287-294. doi: 10.1016 / s0008-6215 (97) 00019-0
- Jiang H., Liu Z. y Wang S. (2017). Microwave processing: effects and impacts on food components. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-14. doi: 10.1080 / 10408398.2017.1319322
- Kasprovicz-Potocka M., Zaworska A., Gulewicz P., Nowak P. y Frankiewicz A. (2017). The effect of fermentation of high alkaloid seeds of *Lupinus angustifolius* var. Karo by *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces lactis*, and *Candida utilis* on the chemical and microbial composition of products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (2), e13487. doi: 10.1111 / jfpp.13487
- Leal-Castañeda E. J., Inchingolo R. Cardenia V., Hernandez-Becerra J. A., Romani S., Rodriguez-Estrada M. T. y Galindo H. S. G. (2015). Effect of microwave heating on phytosterol oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (22), 5539–5547. doi: 10.1021 / acs.jafc.5b00961
- 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
- Meurer M. C., De Souza D. y Ferreira M. L. D. (2019). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*, 109688. doi: 10.1016 / j.jfoodeng.2019.109688
- Morales R., Martínez K. D., Pizones R-H. V. M. y Pilosof A. M. R. (2015). Modification of foaming properties of soy protein isolate by high ultrasound intensity: Particle size effect. *Ultrasonics Sonochemistry*, 26, 48–55. doi: 10.1016 / j.ultsonch.2015.01.011
- Mu D., Li H., Li X., Zhu J., Qiao M., Wu X., ..., Zheng Z. (2020). Enhancing laccase-induced soybean protein isolates gel properties by microwave pretreatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, e14386. doi: 10.1111 / jfpp.14386
- Quispe S. D. (2015). *Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Salomón I. S., Bermello C. A., Márquez C. T., López H. O. D., González S. M. L. y Llópiz Y. C. J. (2013). Extracción asistida por microondas de lípidos de las semillas de *Cucurbita pepo* L. (calabaza). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. (18) 1: 17-26
- Santos C. N., Ferreira R. B., & Teixeira A. R. (1997). Seed proteins of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(10), 3821–3825. doi: 10.1021/jf970075v
- Schoeneberger H., Gross R., Cremer, H. D. y Elmadfa I. (1982). Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *The Journal of Nutrition*, 112 (1), 70–76. doi: 10.1093 / jn / 112.1.70
- Seguil M. C. G., Egas P. E. E., Saavedra M. N. E., Samaniego R. S. R. y Soria V. L. (2018). *Evaluación de presión y temperatura, en el rendimiento de alcaloides de tarwi (*Lupinus mutabilis*), extraído por dióxido de carbono supercrítico*. Instituto especializado de investigación de la Facultad de ingeniería en industrias alimentarias – UNCP. Huancayo.
- Seguil M. C. G., Egas P. E. E., Avilez H. J. S., Blas B. C. M. y Huamanlazo Z. M. A. (2019). *Evaluación de la extracción de alcaloides de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*), por microondas, ultrasonido y convencional*. Instituto especializado de investigación de la Facultad de ingeniería en industrias alimentarias – UNCP. Huancayo.
- Vinatoru M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8 (3), 303–313. doi: 10.1016 / s1350-4177 (01) 00071-2

ESTUDIO DE COMPONENTES BIOACTIVOS DE TRES VARIETADES COMERCIALES DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa Willd*) SOMETIDOS A COCCIÓN EN MICROONDAS

Study of bioactive components of three comercial varieties of quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*)
subjected to microwave cooking

Ramos Gómez, Juan Federico^{a*}, Ccora Huamán, Angela Margot^a, Peña Rivera, Ángel Oscar^a

^aDepartamento, Facultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor corresponsal: jramos@uncp.edu.pe

RESUMEN: En el estudio se utilizó quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de tres variedades: Huancayo, Pasankalla y Negra collana. El objetivo fue determinar la variación del contenido compuestos bioactivos de los granos al ser sometidos a cocción en seco haciendo uso de microondas. Con este fin se utilizó un diseño DCA con arreglo factorial de 2 x 3 x 3. Los factores principales de prueba fueron tiempo de cocción, potencia de cocción en microondas y variedad de quinua. Las variables dependientes fueron el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante. Los resultados obtenidos muestran una relación directa entre el tiempo de cocción y la reducción del contenido de fenólicos totales. La cocción a 600 W de potencia generó una reducción de 27,3 % de fenólicos totales mientras que con 1200 W 29,82 %. La variedad Huancayo mostró una reducción de 25,77 % al ser cocido, mientras Pasankalla 28,11 % y Negra collana 30,19 %. La capacidad antioxidante en quinua cocida fue mayor que en el grano crudo con variación entre 129.56 % a 137,03 % (60 s y 120 s), este comportamiento fue similar al cocer con diferentes potencias 129,85 %; 136,63 % para 600 y 1200 W.

Frases clave: Quinoa, Microondas, Quinoa microondas, Fenólicos microondas.

ABSTRACT: Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) of three varieties was used in the study: Huancayo, Pasankalla and Negra collana. The objective was to determine the variation in the content of bioactive compounds in the grains when subjected to dry cooking using microwaves. For this purpose, a DCA design with a 2 x 3 x 3 factorial arrangement was used. The main test factors were cooking time, microwave cooking power and variety of quinoa. The dependent variables were the total phenolic content and the antioxidant capacity. The results obtained show a direct relationship between the cooking time and the reduction of the total phenolic content. Cooking at 600 W of power generated a reduction of 27.3% in total phenolics, while with 1200 W 29.82%. The Huancayo variety showed a reduction of 25.77% when cooked, while Pasankalla 28.11% and Negra collana 30.19%. The antioxidant capacity in cooked quinoa was greater than in raw grain with a variation between 129.56% to 137.03% (60 s and 120 s), this behavior was similar when cooking with different powers 129.85%; 136.63% for 600 and 1200 W.

Key phrases: Quinoa, Microwave, Microwave Quinoa, microwave Microwave phenolics.

1. Introducción

El uso de la quinua para la elaboración de productos como hamburguesas vegetales, ensaladas, batidos, salsas, cremas, sopas, bases para desayuno y otros diversos se ha incrementado en los últimos años. Habiendo incorporado con este fin granos de diversos colores, entre ellos: blanco, negro, rojo, amarillo, rosado, que adecuadamente mezclados o adicionados otorgan una apariencia comercial apreciada por los clientes.

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un grano que en Sudamérica se cosecha desde hace unos 5000 años. El centro de producción se encuentra en la zona andina de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Chile, Argentina, y últimamente su producción se ha diseminado a Estados Unidos y Canadá (Jacobsen, 2011).

La cocción de alimentos aplicando calor, es un arte que el hombre ha ido desarrollando a través de su historia, buscando desarrollar texturas más blandas que faciliten la masticación o ciertas propiedades organolépticas agradables. Últimamente, la preocupación se ha trasladado a la conservación de las propiedades nutricionales y de compuestos bioactivos presentes en los alimentos acompañado de la necesidad de una más rápida preparación de estos, impulsado por el escaso tiempo que hoy cuentan las personas, especialmente las amas de casa, con lo que el uso del microondas se ha ido generalizando.

En esta medida, la investigación busca determinar el efecto de la cocción de los granos de quinua en microondas, que se constituye en una práctica que cada vez más se incrementa, y tiene el beneficio de satisfacer lo buscado por los usuarios: mantener la integridad nutricional de los productos, especialmente de los compuestos bioactivos y la rapidez en la cocción con bajo consumo de energía.

Paras & Singh (2011) sometieron a cocción en seco y en microondas diferentes cultivares de cebada habiendo encontrado una disminución en el contenido fenólicos totales (TPC). En el cultivar DWR-28 esta disminución alcanzó el 24,4 %; 37,0 % en el RD-2503; RD-2508 y RD-2552; 43,1 % en el RD-2035; 34,1 % en el RD-2052; 49,6 % en el PL-172 y 39,8 % en el PL-426. La disminución del TPC después de la cocción de productos en microondas podría deberse a la degradación térmica de compuestos fenólicos libres o susceptibles al calor (Randhir, Kwon & Shetty, 2008).

En contraposición a este hallazgo la cocción en seco en microondas provocó un incremento de la actividad antioxidante determinado por DPPH. En el cultivar DWR-28 este se incrementó en 17,1 %; 56,9 % en el RD-2503; 80,2 % en el RD-2508; 42,8 % en el RD-2035; 21,6 % en el RD-2052; 70,1 % en el RD-2552; 16,8 % en el PL-172 y 33,0 % en el PL-426 (Paras & Singh, 2011).

Shong, Dolan & Almenar (2015), estudiaron tres métodos de cocción de brócoli en microondas. La capacidad antioxidante mostrada por el brócoli congelado crudo fue de

260 $\mu\text{M TE/g m.s.}$; mientras el cocido al vapor 433 $\mu\text{M TE/g m.s.}$; 66,53 % mayor al primero. 287 $\mu\text{M TE/g m.s.}$ mostró el brócoli cocido en microondas de manera tradicional, 10,38 % mayor al primero y el cocido en microondas en bolsas de vapor mostró 415 $\mu\text{M TE/g m.s.}$; 59,61 % mayor al primero.

Xu, Chen, Cao, Xia & Jiang. (2016), sometieron papa de color rojo a cocción en microondas, habiendo obtenido una capacidad antioxidante por el método de DPPH de $43,36 \pm 0,67$ % en la papa cruda; al ser cocida con vapor 1700 W por 30 min, el contenido fue de $54,15 \pm 0,67$ %; al combinar 1000 W de microondas y 1700 W de vapor por 7 min, obtuvieron $49,71 \pm 0,46$ %; al combinar 800 W de microondas y de 1700 W de vapor por 10 minutos se alcanzaron $48,08 \pm 0,71$ %; con 500 W de microondas y de 1700 W de vapor por 12 minutos se obtuvieron $55,90 \pm 0,26$ %; con 300 W de microondas y de 1700 W de vapor por 15 minutos se alcanzaron $50,59 \pm 0,89$ %; con 1300 W de solo microondas alcanzaron $44,69 \pm 0,38$ %. Concluyen además que La actividad más alta se observó en el método de cocción de M500-S1700-12 y este resultado podría estar relacionado con su mayor contenido de antocianinas totales, fenólicos, flavonoides y ácidos fenólicos, o según Kita, Bąkowska, Hamouz, Kułakowska & Lisińska (2013) quienes indican que es probable que la actividad antioxidante sea contribuida por compuestos fenólicos y antocianinas.

Tian, Chen, Chen & Liu (2016) observaron que las pérdidas de fenoles totales fueron insignificantes después de calentar papas de pulpa púrpura en microondas sin agua y que estas pérdidas fueron mucho más bajas que en las papas salteadas, horneadas y fritas al aire. Xu, Zheng, Yang, Cao, Shao, & Wang (2014) informaron que hubo un cambio insignificante en el contenido fenólico total y ninguna pérdida significativa de vitamina C de la col lombarda (agregando 10 mL de agua a una muestra de 300 g) después del calentamiento por microondas, mientras que se observaron cambios obvios en las pérdidas después de sofreír y hervir. La retención de componentes bioactivos de los vegetales procesados por microondas es mayor que los procesados por otros métodos de cocción debido al menor tiempo de calentamiento. Por lo tanto, la cocción en microondas debe realizarse sin agua o con una pequeña cantidad de esta para retener la actividad antioxidante y los componentes bioactivos (Tian, et al. 2016; Xu et al. 2014).

Dolinsky, Agostinho, Ribeiro, Rocha, Barroso, & Ferreira (2015), en base a resultados de investigación no recomiendan cocinar vegetales con agua en microondas debido a una reducción significativa en el contenido de polifenoles en col rizada indican una reducción del 23,4 %; tomate 21,9 %; judías verdes 22,9 %. Lima, Rocha, Silva, Silva & Sousa (2017), demostraron que la yuca con agregado de agua en relación 1/1 cocido en microondas demostró una retención de 164,4 % de fenólicos totales y 273,4 % de actividad antioxidante y concluyen que las sustancias bioactivas de los vegetales, en la cocción con microondas aumentó la tasa de retención en diversos grados porque el agua puede causar un ablandamiento y ruptura de la estructura lignocelulósica,

permitiendo que esas sustancias bioactivas solubles se liberen de la matriz alimentaria, mientras aumenta la pérdida debido a la lixiviación y la temperatura.

Vidaurre, días, Mendoza y Solano (2017) reportan fenólicos totales en el rango de 108,9 a 142,3 mg AGE/100 g m.s. Repo y encina (2008) 35,0 a 139,0; Torres (2019) 115,18. Para capacidad antioxidante Repo y Encina (2009) informan 91,45 a 2400 µg Trólox/g m.s. y Torres (2019) 228,86.

2. Materiales y Métodos

Lugar de ejecución

La parte experimental se ejecutó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos, y los análisis se realizaron en el laboratorio de Calidad, de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. La investigación se cumplió entre junio de 2019 a septiembre de 2020.

Materia prima

Para la conducción del experimento se utilizó granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de las variedades Huancayo, Pasankalla y Negra Collana, adquiridas de INIA Santa Ana en Huancayo y en INIA Illpa de Puno.

Procedimiento

Las semillas adquiridas fueron inicialmente sometidas a desamargado por escarificación y luego se determinó el

Diseño estadístico

Para el desarrollo del experimento se utilizó el diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 2 x 3, explicado por el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + E$$

Donde:

μ : Media general

Y_{ijk} : Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante después de la cocción en microondas.

A_i : Tiempo de cocción (60 s y 120 s)

B_j : Potencia de cocción en microondas (600 a 1200 W)

C_k : Variedad de quinua

$(AB)_{ij}$; $(AC)_{ik}$; $(BC)_{jk}$; $(ABC)_{ijk}$: Interacciones de los diferentes niveles de dos y tres factores principales: tiempo de cocción, potencia y variedad de quinua (A, B y C).

E_{ijk} : Error experimental.

contenido de saponina remanente, de fenólicos totales y de capacidad antioxidante. Para después ser sometidas a cocción en seco en microondas por dos tiempos: 60 s y 120 s y potencia de 600; 900 y 1200 W, de acuerdo al diseño experimental concebido para este fin. Concluida esta fase se determinó el contenido de fenólicos totales y de capacidad antioxidante como variables respuesta. Cada tratamiento se repitió tres veces.

El procedimiento de análisis utilizado para la determinación de fenólicos totales fue el propuesto por Li *et al.*, (2012) basado en la técnica desarrollada por Singleton & Rossi, (1965) con el uso del reactivo Folin-Ciocalteu, Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico por gramo de materia seca. Mientras para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el reactivo DPPH (2,2-diphenil-1-picrylhydrazyl con el procedimiento sugerido por Dini, Tenore & Dini (2010). Los resultados fueron expresados en mg equivalente Trólox (TEAC) por 100 gramos de materia seca.

Los equipos utilizados para las determinaciones fueron diversos siendo los principales: Un espectrofotómetro UV-VIS, marca Shimadzu uv 2600; agitador magnético y de vortex marca Vel Científica, centrífuga marca Centurión Scientific Pro-analitic CR4000R, estufa de secado marca Memmert-UN75.

Los principales reactivos utilizados fueron 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), Folin Ciocalteu 1N, ambos de marca Sigma- Aldrich; Trólox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil croman-2-ácido carboxílico); ácido gálico, ácido oxálico y otros

3. Resultados

El contenido de fenólicos totales, capacidad antioxidante y de saponina en los granos de quinua escarificados se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Contenido de saponina fenólicos totales y capacidad oxidante de quinua escarificada

Variedad de quinua	Saponina ¹	Fenólicos totales ²	Capacidad antioxidante ³
Huancayo	0,05	41,47 ± 0,07 ^a	45,42 ± 0,29 ^a
Pasankalla	0,07	40,48 ± 0,12 ^b	50,61 ± 0,20 ^b
Negra collana	0,04	44,12 ± 0,16 ^c	52,62 ± 0,33 ^c

1: % de saponina

2: mg de ácido gálico/g m. s.

3: mg equivalente Trólox (TEAC)/100 g m. s.

La Tabla 1 muestra un contenido de saponina inferior al 0,12 % indicado como umbral detectable por Soto, Kuramoto, Seleme, Calderón, y Castellares (2010), por lo que se puede considerar que los granos se encuentran exentos de este componente que le otorga el sabor amargo a la quinua.

En relación a fenólicos totales, se determinó que existe diferencia significativa entre los contenidos hallados para las tres variedades con $p < 0,05$ y en relación a la capacidad antioxidante estos resultados muestran también diferencia significativa con $p < 0,05$.

Tabla 2: ANVA Porcentaje de reducción del contenido de fenólicos totales después de cocción

Factor de variabilidad	SC	GL	Cuadrado medio	F	Sig.
Tiempo	1866,90	1	1866,90	10493,990	0,00
potencia	88,43	2	44,22	248,54	0,00
variedad	175,64	2	87,82	493,66	0,00
Tiempo * potencia	27,16	2	13,58	76,32	0,00
Tiempo * variedad	130,07	2	65,04	365,57	0,00
potencia * variedad	36,21	4	9,05	50,88	0,00
Tiempo * potencia * variedad	77,63	4	19,41	109,09	0,00
Error	6,40	36	0,178		
Total	2408,44	53			

Los resultados de la reducción del contenido de fenólicos totales después de la cocción utilizando los tratamientos de diseño, sometidos a análisis de varianza (ANVA), arrojan los resultados resumidos en la tabla 2, de donde se desprende que tanto las variables independientes tiempo, potencia de cocción como variedad de quinua, afectan de forma significativa en el porcentaje de reducción de fenólicos totales, este mismo comportamiento se tiene para la interacción de dos y tres factores con $P < 0,05$.

La potencia de cocción de 900 W genera menor reducción de fenólicos totales (26,95 %), seguido de cerca por 600 W (27,30 %), mientras 1200 W produce la mayor reducción (29,82 %). La menor reducción de fenólicos totales se produce en la variedad Huancayo (25,77 %), luego Pasankalla (28,11 %) y finalmente Negra collana (30,19 %). En la cocción durante 60 s se reduce el 22,14 % de fenólicos totales, mientras que con 120 s 33,90 %. En la interacción de tres factores 120 s x 1200 W x Pasankalla produce la caída en fenólicos totales 37,85 %, mientras la menor se produce con 60 s x 1200 W x Huancayo con $P < 0,05$.

Tabla 3: ANVA Porcentaje de reducción de capacidad antioxidante después de cocción

Factor de variabilidad	SC	GL	Cuadrado medio	F	Sig.
Tiempo	753,24	1	753,24	1119,27	0,00
potencia	414,26	2	207,13	307,79	0,00
variedad	17,01	2	8,51	12,64	0,00
Tiempo * potencia	176,95	2	88,48	131,47	0,00
Tiempo * variedad	29,76	2	14,88	22,11	0,00
potencia * variedad	31,92	4	7,98	11,86	0,00
Tiempo * potencia * variedad	53,77	4	13,44	19,98	0,00
Error	24,23	36	0,673		
Total	1501,15	53			

De la tabla 3 se desprende que los factores principales tiempo, potencia y variedad generan diferencias significativas entre sus diferentes niveles con $P < 0,05$. Esta misma tendencia se tiene para las interacciones de dos y tres factores (con $P < 0,05$).

Con 60 s de cocción se produce un incremento de 129,56 % de capacidad antioxidante y con 120 s 137,03 %. Mientras que con 600 W de potencia de microondas en la cocción genera 129,85 % de incremento; seguido de 133,39 % con 900 W y 136,63 % con 1200 W. Las variedades de quinua Huancayo y Pasankalla muestran igual incremento de capacidad antioxidante 132,81 % y 132,98 % respectivamente y la variedad Negra collana 134,08 %.

4. Discusión

El contenido de fenólicos totales determinado en las tres variedades de quinua previamente escarificadas se encuentran entre $40,48 \pm 0,12$ a $44,12 \pm 0,16$ mg GAE/g m. s. (tabla 1), valores inferiores al reportado por Vidaurre et al (2017) 108,9 a 142,3 mg AGE/100 g m.s., y por Torres (2019) 115,18, pero dentro del rango informado por Repo y encina (2008) 35,0 a 139,0. La capacidad antioxidante determinada fue de $45,42 \pm 0,29$ a $52,62 \pm 0,3$ mg equivalente Trólox (TEAC)/100 g m. s., mayor al informado por Repo y Encina (2009) 91,45 a 2400 y Torres (2019) 228,86, ambos en μg Trólox/g m.s. En relación al contenido de saponina, en las tres variedades de quinua escarificada se tiene un remanente inferior a 0,12 % que se considera como el umbral de detección del sabor amargo que otorga esta sustancia (Soto et al., 2010).

La potencia de cocción en microondas de 600 a 1200 W generó una reducción en el contenido de fenólicos totales en el orden de 26,95 % a 29,82 % valores que se encuentran dentro del rango reportado por Parras & Singh (2011) para la cebada cocida sin adición de agua en microondas, en cambio Tian et al., (2016), indica que en la cocción de papa en microondas sin adición de agua la reducción de la cantidad de fenólicos totales es nula. Resultado similar obtiene Xu, et al., (2014) cuando cuece col lombarda en microondas con adición de 10 mL de agua a 300 g de muestra.

El tiempo de cocción también generó efectos significativos en la reducción de fenólicos totales en el rango de 22,14 % a 33,90 %, existiendo una relación positiva: a mayor tiempo de exposición mayor reducción del compuesto estudiado.

La variedad Huancayo conserva mejor el contenido de fenólicos totales con una reducción del 25,77 %, seguido de Pasankalla 28,11 % y Negra collana 30,19 %; en todos estos

casos cercanos a lo reportado por Dolinsky, *et al.*, (2015), para col rizada (23,4 %); tomate (21,9 %), judías verdes (22,9 %). Pero contrario a lo informado por Lima *et al.*, (2017) que obtiene un incremento de 164,4 % de fenólicos totales en yuca cocida en microondas con agua en relación 1/1.

En general, las pérdidas de fenólicos totales generadas por la cocción en microondas se producen como lo sostiene Randhir, *et al.*, (2008) por la degradación térmica de compuestos fenólicos libre o susceptibles al calor, y que suelen ser mayores conforme se prolonga el tiempo y la intensidad del calentamiento es mayor (mayor potencia).

Las potencias de 600 a 1200 W de cocción en microondas en seco generaron un incremento de la capacidad antioxidante de la quinua entre 129,85 % hasta 136,63 %; cercanos al informado por Paras & Singh (2011) cuando cuecen diferentes cultivares de cebada en microondas y obtienen incrementos en la capacidad antioxidante desde 17,1 % hasta 70,1 %; y a los resultados alcanzados por Shong *et al.*, (2015), con un incremento de 10,38 % cuando cuece brócoli en microondas por el método tradicional y de 59,61 % de incremento al cocer en microondas en bolsas de vapor. Mientras Xu, *et al.*, (2016) obtiene un incremento de solo 3,1 % en la capacidad antioxidante, al cocer papa de color rojo con una potencia de 1300 W en microondas y al combinar cocción con vapor y microondas en diferentes potencias el incremento va de 14,64 % a 28,92 %.

El tiempo de cocción también tiene efecto en el incremento de la capacidad oxidante de los granos de quinua y este varía entre 129,56 % a 137,03 %, habiéndose observado que un tiempo mayor genera mayor incremento de la capacidad antioxidante.

En la variedad Negra collana se generó un incremento del 134,08 % de capacidad antioxidante, mientras en las variedades Huancayo y Pasankalla fueron de 132,81 % y 132,98 %; cercanos uno de otro en estas dos últimas, sin embargo, menor al reportado por Lima, *et al.*, (2017) que reporta un incremento del 273,4 % al cocer yuca en microondas.

6. Referencias bibliográficas

Jacobsen, S. (2011). The situation for quinoa and its production in Southern Bolivia: from economic success to environmental disaster. *Journal of Agronomy and Crop Science* 197, 390 - 399.

Paras, Sh., and Singh H. (2011). Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Research International* 44; 235 - 240,

Shong, X., Dolan, K., Almenar, E. (2015). Effect of steamable bag microwaving versus traditional cooking methods on nutritional preservation and physical properties of

En general, el incremento de la capacidad antioxidante se debió de acuerdo a Kita, *et al.*, (2013), por la contribución de los compuestos fenólicos remanentes y por la liberación de compuestos antioxidantes de la matriz vegetal y a la formación de nuevos compuestos antioxidantes, como los productos de reacción de Maillard (Miglio *et al.*, 2008).

5. Conclusiones

- Existe una relación directa entre tiempo de cocción en microondas y la reducción del contenido de fenólicos totales. Un mayor tiempo de exposición genera mayores pérdidas de este compuesto (22,14 % a 33,90 %).
- Se verifica una relación positiva entre el tiempo de cocción y la capacidad antioxidante de la quinua cocida en microondas, verificándose un mayor incremento de este en los productos cocidos por más tiempo (129,56 % a 137,03 %).
- La potencia de cocción en microonda de 600 W generó una reducción del contenido de fenólicos totales del 27,30 %, mientras que a 900 W este se redujo ligeramente a 26,95 % y a 1200 W se tuvo un decremento de 29,82 %.
- Se verificó un incremento de la capacidad antioxidante por potencia de cocción, siendo del orden de 129,85 % al usar 600 W, hasta 136,63 % con 1200 W.
- La menor reducción de fenólicos totales se produce en la variedad Huancayo (25,77 %), luego Pasankalla (28,11 %) y finalmente Negra collana (30,19 %).
- Las variedades de quinua Huancayo y Pasankalla muestran igual incremento de capacidad antioxidante 132,81 % y 132,98 % respectivamente y la variedad Negra collana 134,08 %.

frozen vegetables: A case study on broccoli (*Brassica oleracea*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 31, 116–122.

Xu, Y., Chen, Y., Cao, Y., Xia, W., Jiang, Q., (2016). Application of simultaneous combination of microwave and steam cooking to improve nutritional quality of cooked purple sweet potatoes and saving time.

Xu, F., Zheng, Y., Yang, Z., Cao, S., Shao, X., & Wang, H. (2014). Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage. *Food Chemistry* 161, 162 -167.

Tian, J., Chen, J., Chen, S., Liu, D. (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and

- antioxidants activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264 - 1270.
- Dolinsky, M., Agostinho, C., Ribeiro, D., Rocha, G., Barroso, S., Ferreira, D. (2015). Effect of different cooking methods on the polyphenol concentration and antioxidant capacity of selected vegetables, *Journal of Culinary Science & Technology*, 14, 1- 12.
- Lima, A., Rocha Viana, J., Sousa Sabino, L., Silva, L., Silva, N., & Sousa, P. (2017). Processing of three different cooking methods of cassava: Effects on in vitro bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 253 - 258.
- 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.
- Vidaurre, Dias, Medoza y Solano. (2017). Variación del contenido de Betalaínas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante durante el procesamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.). *Rev. Soc. Quím. Perú*, vol.83 no.3, Lima.
- Torres, J. (2019). Efecto comparativo de las variaciones producidas en los constituyentes funcionales y capacidad antioxidante durante el procesamiento de harinas tostadas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), cañihua y kiwicha. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencia y Tecnología de alimentos. Maestría en ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Kita, A., Bąkowska, A., Hamouz, K., Kułakowska, K., & Lisińska, G. (2013). The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red and purple fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 32(2), 169 -175.
- Randhir, R., Kwon, Y., & Shetty, K. (2008). Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain and sprouts and seedling. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9, 355–364.
- Li, H., Deng, Z., Zhu, H., Hu, C., Liu, R., Young, J. (2012). Highly pigmented vegetables: Anthocyanin compositions and their role in antioxidant activities. *Food Research International*, 46(1), 250–259.
- Singleton, V., & Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology Vitic*, 16, 144–158.
- Dini, I., Tenore, G., & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds *LWT - Food Science and Technology*, 43(1) 447-451.
- Soto, J., Kuramoto, C., Seleme, J., Calderón, R., Castellares, C. (2010). Normas Andinas para quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y productos procesados (hojuelas y harina). Comité Técnico 3.12 Cereales Quinua IBNORCA-NOEXPORT. Bolivia.

UTILIZACIÓN DEL AISLADO PROTEICO DE SOYA PARA MEJORAR LA CALIDAD Y CANTIDAD DE PROTEINA EN LA ELABORACIÓN DE PANES

USE OF PROTEIN SOY ISOLATION TO IMPROVE THE QUALITY AND AMOUNT OF PROTEIN IN THE PREPARATION OF BREADS

Rodolfo Tello Saavedra^{a*}, Mary Ana Luisa Porras Osorio^{a*}

^aFacultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor corresponsal: rodotello@yahoo.com, malpo57@hotmail.com

RESUMEN: El pan, es uno de los alimentos más difundidos a nivel mundial, formando parte del menú diario de todos los hogares. Sin embargo, al ser elaborado con harina de trigo, tiene bajo nivel de proteína, es deficiente en lisina. Esto se puede mejorar adicionando aislado proteico de soya, obteniéndose un pan con mejor nivel proteico en calidad y cantidad. Los objetivos fueron elaborar panes utilizando aislado proteico de soya con diferentes porcentajes de sustitución, caracterización físico química, score químico, controles microbiológicos y sensoriales. Los porcentajes de sustitución fueron: 0%,10%,15%, 20%, 25%, 30%. Las operaciones para elaborar panes fueron: Pesado, amasado-mezclado, sobado, pesado-Dividido, boleado, labrado, fermentado, horneado a 180°C por 18 minutos, enfriado. Se aplicó la prueba de aceptabilidad con escala hedónica para el sabor, olor, color, textura y apariencia general, con un panel de laboratorio, así como la prueba de ordenamiento por preferencia. Se determinó el contenido de humedad, proteínas, grasa, fibra cruda, cenizas, carbohidratos. El Cómputo químico se determinó mediante la técnica del cálculo matemático. El nivel máximo de sustitución con 10% de aislado proteico de soya fue calificado como "Regularmente Agradable". La prueba de ordenamiento por preferencia, califico en primer lugar el T2 (10%), luego el T3 (15%). El pan con 10% de proteína de soya contiene: 22.2% de humedad, 20.77% de proteína, 3.07% de grasa, 0.38% de fibra cruda, 2.63% de cenizas, 50.96% de carbohidratos y 314.73 Kcal/100g., destacando su buen contenido proteico con un cómputo químico de 81%, referido al aminoácido treonina y con 4.52 gramos de lisina disponible que representa el 82 % de la proteína de referencia FAO superior al pan elaborado con 100% de harina de trigo que tiene un puntaje químico de 49%. Los controles microbiológicos de panes, se encuentran aptos para el consumo humano. La prueba de tukey para un nivel de confianza del 95%, muestra que no existe diferencia entre los tratamientos en Olor. Existen diferencias en sabor, color, textura y apariencia general. Se concluye que es factible complementar nutricionalmente los panes elaborados con proteína y lisina proveniente de aislado proteico de soya, mejorando la calidad y cantidad de proteína.

Palabras Clave: panes, proteína de soya, computo químico, evaluación sensorial

ABSTRACT: Bread is one of the most widespread foods worldwide, being part of the daily menu of all households. However, when made with wheat flour, it has a low level of protein, it is deficient in lysine. This can be improved by adding soy protein isolate, obtaining a bread with better protein level in quality and quantity. The objectives were to prepare breads using soy protein isolate with different replacement percentages, chemical physical characterization, chemical score, microbiological and sensory controls. The replacement percentages were: 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%. The operations to prepare breads were: Heavy, kneaded-mixed, roasted, heavy-divided, boiled, carved, fermented, baked at 180°C for 18 minutes, cooled. The hedonic scale acceptability test was applied for taste, smell, color, texture and overall appearance, with a laboratory panel, as well as the ordering test by preference. The content of moisture, protein, fat, crude fiber, ash, carbohydrates was determined. The chemical count was determined by the technique of mathematical calculation. The maximum level of substitution with 10% soy protein isolate was described as "Regularly Pleasant". The ordering test by preference, first rated the T2 (10%), then the T3 (15%). Bread with 10% soy protein contains: 22.2% moisture, 20.7% protein, 3.07% fat, 0.38% raw fiber, 2.63% ash, 50.96% carbohydrates and 314.73 Kcal/100g., Highlighting its good protein content with a chemical count of 81%, referred to the amino acid threonine and with 4.52 grams of lysine available that represents 82% of the FAO reference protein higher than bread made with 100% wheat flour that has a chemical score of 49% The microbiological controls of breads are suitable for human consumption. The tukey test for a 95% confidence level shows that there is no difference between the treatments in Odor. There are differences in taste, color, texture, general appearance. It is concluded that it is feasible to nutritionally supplement breads made with protein and lysine from soy protein isolate, improving the quality and quantity of protein.

Keywords: Breads, soy protein, chemical count, sensory evaluation

1. INTRODUCCIÓN

La proteína de origen vegetal es de calidad inferior a la proteína de origen animal, por presentar esta última un balance de aminoácidos esenciales favorables a la utilización por el organismo mientras que la proteína vegetal es deficiente en algunos aminoácidos. Puede lograrse un balance, combinando adecuadamente varias proteínas de composición diversa que provienen de semillas de cereales, oleaginosas, leguminosas, entre otros, presentando el aislado proteico de soya una opción interesante en la alimentación (1).

La soya es una excelente fuente de proteínas y contiene abundantes cantidades del aminoácido lisina, sin embargo, presenta bajas cantidades de metionina y cistina; el trigo, por otro lado, contiene abundantes cantidades de aminoácidos metionina y cistina, conteniendo bajas cantidades de lisina. Es factible lograr un equilibrio óptimo de aminoácidos esenciales combinando harinas de soya con harinas de trigo, la soya aporta la lisina adicional a las proteínas del trigo; y simultáneamente el cereal complementa la suficiencia de metionina en la soya (2). Es importante considerar el aporte de las proteínas en cantidad y calidad, así como también el aporte de nutrientes que otorgan calorías (3).

El pan, es uno de los alimentos más difundidos a nivel mundial, formando parte del menú diario de todos los hogares desde épocas remotas. Sin embargo, al ser elaborado con harina de trigo, tiene bajo nivel de proteína, es deficiente en el aminoácido lisina, pero tiene grandes cantidades de metionina. Esta deficiencia se puede mejorar y complementar satisfactoriamente adicionando el aislado proteico de soya que contiene 90% de proteínas; es deficiente en metionina y tiene grandes cantidades de lisina, por lo que, combinándolos adecuadamente, se obtendría un pan con mejor nivel proteico en calidad y cantidad.

El objetivo general fue utilizar el aislado proteico de soya para mejorar la calidad y cantidad de proteína en la elaboración de panes, que sea agradable y aceptable con buena calidad y cantidad de proteína, y consecuentemente pueda ser utilizado como complemento nutricional en los programas sociales estatales. Los objetivos específicos fueron: Elaborar panes utilizando aislado proteico de soya con diferentes porcentajes de sustitución, realizar el análisis sensorial y estadístico, cómputo químico de

aminoácidos, análisis químico proximal y análisis microbiológico del producto final.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en planta de panificación y pastelería, laboratorios de Tecnología de alimentos, análisis instrumental y control de calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, ubicada en el distrito metropolitano del Tambo, provincia de Huancayo, Departamento de Junín. a partir del 10 de junio de 2019 al 10 de marzo de 2020, teniendo como muestras la harina de trigo comercial con características panificables FVT distribuido y comercializado por la empresa ALICORP, el aislado proteico de soya SOY PRO 900 E adquirido en la empresa FRUTAROM PERÚ, quienes nos proporcionaron la ficha técnica correspondiente. El Método aplicado durante la investigación fue el método experimental. Se ha determinado los parámetros óptimos para la elaboración de pan utilizando aislado proteico de soya con diferentes porcentajes de sustitución, mediante el diseño experimental y flujograma de operaciones para el proceso de elaboración que se presenta en la Figuras 1 y 2 (4). Se realizaron el análisis sensorial y estadístico, cómputo o score químico, caracterización físico química y análisis microbiológico del producto final (5).

Se utilizó el diseño experimental. En este tipo de diseños se utilizan signos y símbolos que hacen más simple y comprensible el diseño.

Una vez elaborados los panes con aislado proteico de soya se procedió a realizar los controles en los laboratorios de la facultad, los cuales se detallan:

A. Análisis Sensorial y Estadístico

Análisis Sensorial

Se realizó con la finalidad de determinar la aceptabilidad específica de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución. Los atributos o características organolépticas que fueron evaluadas son: SABOR, OLOR, COLOR, TEXTURA y APARIENCIA GENERAL a través de 16 panelistas de laboratorio, utilizando una escala hedónica de 9 puntos.

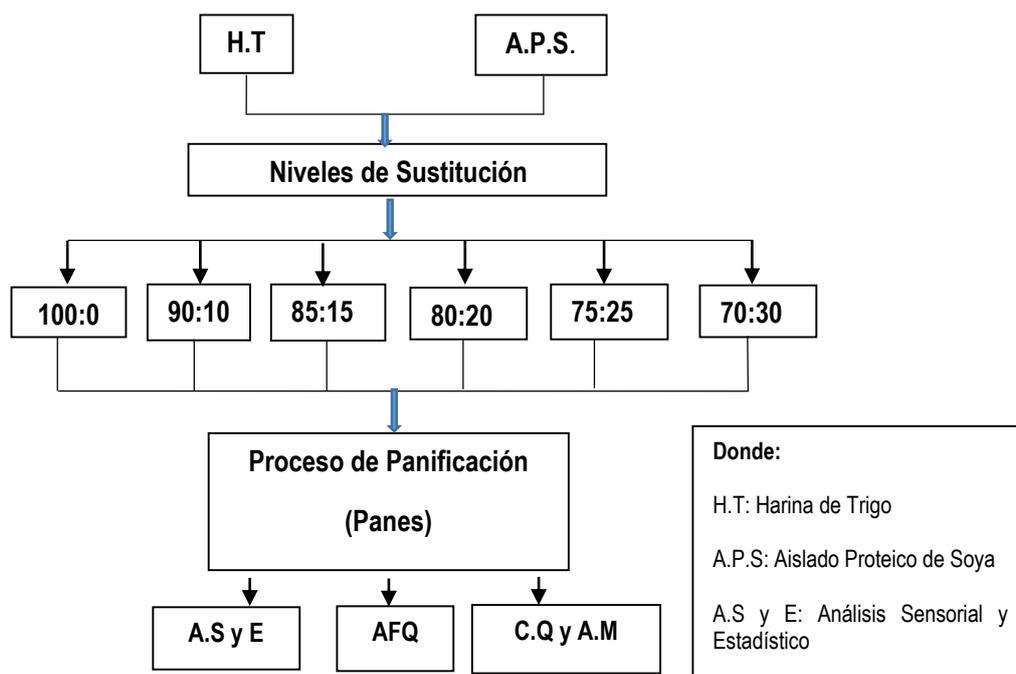


Figura 1: Diseño Experimental

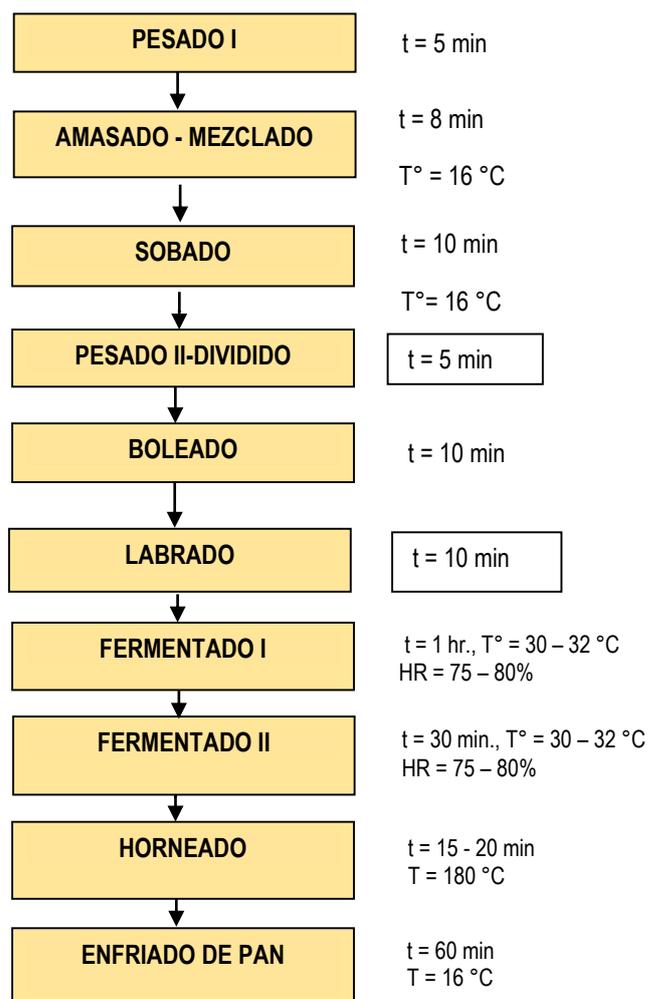


Figura 2: Flujograma de Operaciones para la Elaboración de Panes con Aislado Proteico de soya

La segunda prueba sensorial que se realizó fue una prueba de Ranking (ordenamiento por preferencia), donde cada catador procedió a ordenar las muestras debidamente codificadas de mayor a menor preferencia conformada por los seis panes que corresponden a la muestra testigo y los tratamientos respectivos con niveles de sustitución de aislado proteico de soya (T1, T2, T3, T4, T5, T6). Ambas pruebas se analizaron en la misma sesión. Los panes fueron elaborados en horas de la mañana y se evaluados sensorialmente en horas de la tarde (6).

Análisis Estadístico. Los resultados obtenidos del análisis sensorial a través de la prueba de aceptabilidad específica de escala hedónica, se analizaron estadísticamente a través de un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia del 95%. Para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó una prueba de Tukey

Los resultados de prueba de ordenamiento por preferencia fueron analizados para significancia estadística por la suma de órdenes de cada tratamiento y comparados estas sumas con los valores de la tabla de Kramer (1963), al nivel de 5% de probabilidad para 6 tratamientos y 16 repeticiones. En estas tablas se obtiene el Ranking requerido para establecer significación (7).

B. Análisis Químico Proximal

Humedad, proteínas, grasas, fibra cruda, cenizas y carbohidratos se determinaron según métodos de análisis de la Association of official Analytical Chemists (8). El valor calórico (Calorías), se determina teóricamente usando los factores: 4 kcal/g para los carbohidratos y las proteínas y 9 kcal/g para las grasas.

3. RESULTADOS

Controles Físico químicos de la Proteína Aislada de Soya Características Físico químicas

En la tabla 1, se presenta las características físico químicas de la proteína aislada de soya, obtenida de la empresa Frutarom localizada en la ciudad de Lima.

C. Determinación del Cómputo Químico de Aminoácidos de Panes Proteicos

Para la determinación del Cómputo químico de aminoácidos, también llamado score químico o puntaje químico, se ha empleado la técnica del cálculo matemático, fundamentado en el balance de aminoácidos esenciales contenidos en las proteínas del trigo y el aislado proteico de soya, con la finalidad de lograr resultados similares a la especificada por el comité mixto FAO/OMS 1973 (9).

Utilizando las aminogramas del trigo y aislado proteico de soya que fue proporcionado por la empresa FRUTAROM PERÚ S.A. a través de ficha técnica del producto SOY PRO 900 E., se estableció el contenido de aminoácidos esenciales en 100 gramos de proteínas de los alimentos Trigo - Soya (ver tabla) (10). Con estos datos y con el nivel óptimo de sustitución de aislado proteico de soya que fue del 10%, se procedió a determinar el puntaje químico de aminoácidos que contiene el pan óptimo (11)

D. Análisis Microbiológico

Se realizó con la finalidad de obtener datos que permitan determinar la carga microbiana del producto como garantía de buenas prácticas de manufactura e higiene, tales controles fueron los siguientes: (12)

Numeración de Bacterias Coliformes (NMP/g), según método ICMSF (1983).

Hongos: Numeración de Levaduras (ufc/g), según método ICMSF (1983).

Hongos: Numeración de Mohos (ufc/g), según método ICMSF (1983).

Tabla 1: Características Físico Químicas de la Proteína Aislada de Soya

CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN
Color	Crema
Sabor	Característico suave
pH	7.0 ± 0.5
Tamaño de Partículas (pasa tamiz de malla N° 100)	Min. 90%
% Humedad	5.5 max. 7
% Proteína	90.5 min. 90
% Fibra Cruda	0.5 max. 1
% Grasa	0.5 max. 0.7
% Cenizas	4.0 max. 6
% Calcio	0.02
% Sodio	1.2
% Fósforo	0.7
% Potasio	0.1
% Lecitina	0.8 Max. 1.0

Fuente: Empresa FRUTAROM, Lima, Perú (2019)

Controles Sensoriales

Análisis Sensorial

En la tabla 2, se muestra los resultados promedios del análisis sensorial de la prueba de aceptabilidad específica por atributos de sabor, olor, color, textura y apariencia

general y en la tabla 3, los resultados de la Prueba de Ordenamiento por Preferencia.

Tabla 2: Valores y Calificativos Promedios Obtenidos para los Tratamientos Evaluados Sensorialmente – Panes con diferentes niveles de sustitución de aislado proteico de soya.

Tratamientos	Sabor ($\bar{X} \pm DE$)	Olor ($\bar{X} \pm DE$)	Color ($\bar{X} \pm DE$)	Textura ($\bar{X} \pm DE$)	Apariencia General ($\bar{X} \pm DE$)
T1	6.5 ± 0.89	6.19 ± 1.17	5.88 ± 1.54	6.75 ± 0.93	6.63 ± 1.54
T2	7.19 ± 0.98	6.44 ± 1.21	7.13 ± 0.81	7.19 ± 0.66	7.44 ± 0.89
T3	6.75 ± 1.18	6.56 ± 1.09	6.75 ± 0.86	6.69 ± 1.25	7.06 ± 0.77
T4	6.44 ± 0.81	6.31 ± 0.95	6.75 ± 1.06	6.31 ± 0.95	6.69 ± 0.6
T5	5.81 ± 1.42	6.13 ± 1.41	6.56 ± 0.73	5.5 ± 1.37	5.56 ± 1.36
T6	5.63 ± 1.59	5.94 ± 1.39	5.5 ± 2.19	5.19 ± 1.38	4.38 ± 1.67

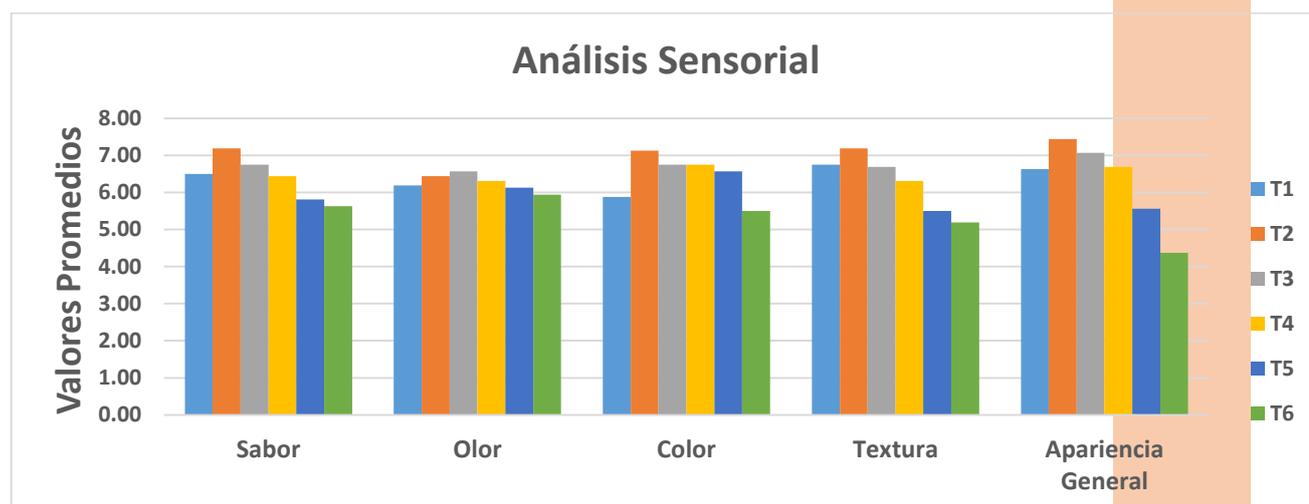
T1: 0% de aislado proteico de soya; **T2:** 10% de aislado proteico de soya;

T3: 15% de aislado proteico de soya; **T4:** 20% de aislado proteico de soya;

T5: 25% de aislado proteico de soya; **T6:** 30% de aislado proteico de soya.

Los resultados son el promedio de calificaciones de los panelistas por tratamiento y la desviación estándar de la Media.

En la Figura 3, se presenta la representación gráfica de los valores promedios de la evaluación sensorial de panes elaborados con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por aislado proteico de soya.



T1: 0% de sustitución; **T2:** 10% de sustitución; **T3:** 15% de sustitución;
T4: 20% de sustitución; **T5:** 25% de sustitución; **T6:** 30% de sustitución.

Figura 3: Representación gráfica de los valores promedios de la evaluación sensorial de panes elaborados con diferentes porcentajes de aislado proteico de soya.

Tabla 3: Resultados de la Prueba de Ordenamiento por Preferencia en la evaluación sensorial de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución de aislado proteico de soya

PANELISTA	TRATAMIENTOS					
	T1*	T2	T3	T4	T5	T6
P1	3	1	2	4	5	6
P2	4	2	1	3	5	6
P3	4	1	2	3	5	6
P4	5	1	2	3	4	6
P5	3	1	2	4	5	6
P6	1	2	3	4	5	6
P7	1	2	3	4	5	6
P8	5	1	2	3	4	6
P9	3	1	2	4	5	6
P10	1	2	3	4	5	6
P11	2	1	4	3	6	5
P12	3	1	2	4	5	6
P13	4	1	2	3	5	6
P14	4	2	1	3	6	5
P15	3	2	1	4	5	6
P16	2	1	3	4	6	5
Suma de Ordenes Total	48	22	35	57	81	93

T1*: Testigo

En la tabla se observa que el primer lugar en la prueba de ordenamiento por preferencia lo ocupa el T2 seguido por el T3, lo cual demuestra que el nivel máximo de sustitución en el cual los panes conservan su tamaño, sabor, textura y apariencia general es de 10% (tratamiento T2).

Análisis Estadístico de la Evaluación Sensorial

Los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente a través de un análisis de variancia (ANOVA) y de existir diferencias estadísticas entre los tratamientos fueron analizados a través de una prueba de TUKEY, bajo una probabilidad estadística de $P \leq 0.05$. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA).

En la tabla 4, se muestra los resultados del análisis de variancia de la evaluación sensorial de aceptabilidad específica de panes elaborados con sustitución de Aislado Proteico de Soya. A continuación, se presenta los análisis estadísticos realizados utilizando el Software estadístico SPSS versión 22.

Tabla 4: Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) y Prueba de Tukey en la Evaluación Sensorial de Aceptabilidad Especifica de Panes Elaborados con Sustitución de Aislado Proteico de Soya.

		ANOVA										
Fuentes de Variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig. (alfa = 0.05)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Sabor	Tratamientos	27,177	5	5,435	7,070	,000	ab	a	a	ab	b	b
	Panelistas	67,906	15	4,527	5,889	,000						
	Error	57,656	75	,769								
	Total	152,740	95									
Olor	Tratamientos	4,052	5	,810	,995	,427	a	a	a	a	a	a
	Panelistas	71,323	15	4,755	5,835	,000						
	Error	61,115	75	,815								
	Total	136,490	95									
Color	Tratamientos	30,052	5	6,010	5,424	,000	bc	a	ab	ab	abc	c
	Panelistas	70,323	15	4,668	4,230	,000						
	Error	83,115	75	1,108								
	Total	183,490	95									
Textura	Tratamientos	48,208	5	9,642	12,513	,000	a	a	a	ab	bc	c
	Panelistas	54,958	15	3,664	4,755	,000						
	Error	57,792	75	,771								
	Total	160,958	95									
Apariencia General	Tratamientos	102,083	5	20,417	17,550	,000	ab	a	a	a	b	c
	Panelistas	44,500	15	2,967	2,550	,004						
	Error	87,250	75	1,163								
	Total	233,833	95									

T1: 0% de aislado proteico de soya; **T2:** 10% de aislado proteico de soya; **T3:** 15% de aislado proteico de soya; **T4:** 20% de aislado proteico de soya; **T5:** 25% de aislado proteico de soya; **T6:** 30% de aislado proteico de soya.
Letras distintas en una misma fila denotan diferencia significativa al 95% de nivel de confianza

CONTROLES FÍSICO QUÍMICOS

Análisis Químico Proximal

En la Tabla 5, se presenta, los resultados promedios del análisis químico proximal de los panes elaborados con 10% de sustitución, comparados con el testigo, los cuales fueron seleccionados mediante el análisis sensorial.

Tabla 5. Resultados Promedios del Análisis Químico Proximal de Panes elaborados con 10% de sustitución comparada con el Testigo (expresados en g/100 g de muestra)

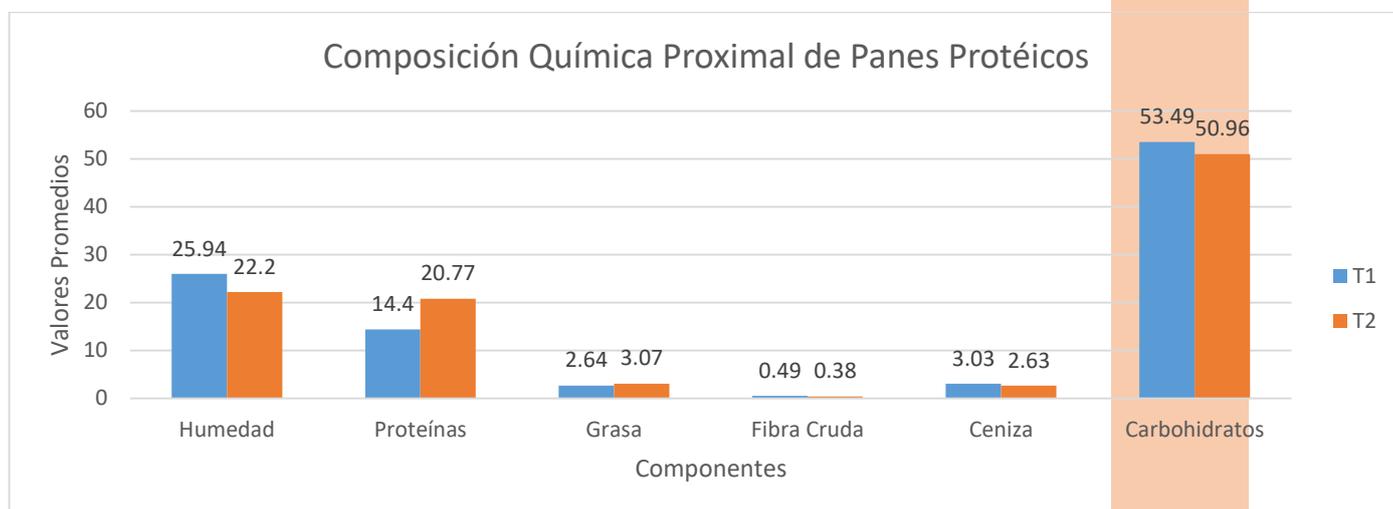
	T1	T2
COMPONENTES	($\bar{X} \pm DE$)	($\bar{X} \pm DE$)
- HUMEDAD	25.94 ± 0.62	22.2 ± 0.35
- PROTEÍNAS (N x 6.25)	14.4 ± 0.26	20.77 ± 0.25
- GRASA	2.64 ± 0.04	3.07 ± 0.12
- FIBRA CRUDA	0.49 ± 0.01	0.38 ± 0.0032
- CENIZA	3.03 ± 0.04	2.63 ± 0.03
- CARBOHIDRATOS	53.49 ± 0.6	50.96 ± 0.44
- ENERGÍA TOTAL (Kcal/100g)	295.32	314.73

T1: 0% de aislado proteico de soya (Testigo)

T2: 10% de aislado proteico de soya

Los resultados son el promedio de calificaciones de 3 repeticiones por tratamiento y la desviación estándar de la Media.

En la Figura 4, se presenta la representación gráfica de los valores promedios del análisis químico proximal de panes proteicos:



T1: 0% de aislado proteico de soya (Testigo)

T2: 10% de aislado proteico de soya

Figura 4: Representación Gráfica de los valores promedios del análisis químico proximal de panes Proteicos y testigo

Determinación del Cómputo Químico de Aminoácidos de Panes con 90% de Harina de Trigo y 10% de Aislado Proteico de Soya

En la Tabla 6, se presenta los resultados del Cómputo Químico de aminoácidos de panes elaborados con 90% de Harina de Trigo y 10% de Aislado Proteico de Soya.

Tabla 6: Determinación del Cómputo químico de aminoácidos de Panes con 90% de Harina de Trigo y 10% de Aislado Proteico de Soya

AMINOÁCIDOS	g AA/100 g Proteína	Proteína de Referencia FAO	% REF
Isoleucina	4.04	4.0	101%
Leucina	7.07	7.0	101%
Lisina	4.52	5.5	82%
Metionina + Cistina	3.10	3.5	93%
Fenilalanina+ Tirosina	8.60	6.0	143%
Treonina	3.24	4.0	*81%
Triptófano	1.16	1.0	116%
Valina	4.40	5.0	88%

* Puntaje Químico de aminoácidos del Pan con 10% de sustitución es 81%, con lisina disponible de 4.52.

Controles microbiológicos

Análisis Microbiológico

En la Tabla 7, se presenta, los resultados del análisis microbiológico de los panes elaborados con 10% de sustitución, comparado con el testigo.

Tabla 7: Resultados del análisis microbiológico de los panes elaborados con nivel óptimo de sustitución, comparado con el testigo.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	TRATAMIENTOS		
	T1 (0%)	T2 (10%)	Min. y Max. *
1. Numeración de Bacteria Coliformes (NMP/g)	<3	<3	3 20
2. Hongos: Numeración de levaduras (ufc/g)	75Est	75Est	10 ² 10 ³
3. Hongos: Numeración de Mohos (ufc/g)	<10Est	<10Est	10 ² 10 ³

* Limites requeridos para productos de panadería según Norma Sanitaria (Resolución Ministerial N°591-2008-MINSA).

DISCUSIÓN

Los panes elaborados fueron evaluados sensorialmente a través de una prueba de aceptabilidad específica en las características de sabor, olor, color, textura y apariencia general, mediante un panel de laboratorio de 16 catadores quienes calificaron utilizando una escala hedónica de 9 puntos, los mismos que determinaron el nivel máximo de sustitución seleccionando el pan con 10% de aislado proteico de soja y calificándolo como “Regularmente Agradable”. Así mismo se aplicó una segunda prueba sensorial de Ranking (ordenamiento por preferencia) entre los seis (6) tratamientos, ocupando el primer lugar en el orden el tratamiento T2 (10%), seguido por el T3 (15%).

Esto concuerda con lo estudiado por Pino (2011), quien ha logrado sustituir la harina de trigo por harina de maíz hasta el 20% de nivel de sustitución en la elaboración de pan, además de enriquecer el producto con 5% de harina de soja sin alterar sus características organolépticas (13).

El análisis de varianza (ANOVA) con una significancia del 5%, mostró que no existe diferencia entre los promedios de los seis (6) tratamientos en el Olor. Sin embargo, se encontró diferencia significativa en el sabor, color, textura y apariencia general. Matos y Muñoz (2010) han estudiado la elaboración de pan con sustitución parcial de harina precocida de ñuña y tarwi, logrando sustituir hasta 30% de estas harinas en la elaboración de pan, con un contenido de proteína de 27.10%, el mismo que guarda relación con nuestro estudio que reporto 20.77% de proteína a pesar de haber sustituido solo el 10% (14).

Los resultados del análisis químico proximal de los panes seleccionados previamente mediante análisis sensorial muestran que el pan testigo con 0% de sustitución presenta un contenido de 14.4% de proteína; mientras que los panes con 10% de sustitución tienen un contenido de 20.77% de proteína, lo cual indica que se ha elevado el contenido de proteína de los panes seleccionados, debido al alto contenido de proteína del aislado proteico de soja (90%). El contenido de humedad, fibra cruda, cenizas y carbohidratos es ligeramente mayor en el pan testigo, mientras que el contenido de grasa es ligeramente menor. El valor nutricional de los aislados se encuentra bien documentado en la literatura científica mundial. Un ejemplo de la buena aceptación del valor nutricional de los aislados lo constituyen los alimentos infantiles. Los aislados prácticamente carecen de fibra y de carbohidratos no digeribles, por esta razón, su uso en alimentos infantiles es particularmente interesante. Ellos son la fuente proteínica de los principales alimentos infantiles hipoalérgicos que se producen en los Estados Unidos de Norteamérica (15).

El cómputo químico (score químico) de aminoácidos del pan con 10% de sustitución de proteína aislada de soja fue

de 81%, lo cual muestra una gran mejora de su calidad proteica. El pan elaborado con 100% de harina de trigo tiene un cómputo químico de 49%, habiéndose incrementado significativamente al sustituir 10% de aislado proteico de soja, debido a su alto contenido de lisina. Así mismo el pan seleccionado presenta un contenido teórico de lisina disponible de 4.52 gramos de aminoácido en 100 gramos de proteína.

Para Visentín et al. (2009), la utilización de harinas de soja y suero de queso concentrado como proteína, ocasionaron un cambio significativo en las propiedades físicas de la masa del pan. El agregado de suero de queso concentrado a un nivel de 6% de reemplazo, aumentó el score químico del pan de 40.2 a 41.4, mientras que adicionando 6% de harina de soja se incrementó el score químico a 52.2., sin causar deterioro de los atributos sensoriales de los panes. Además, la pérdida de lisina disponible que ocurrió con suero de queso fue compensada con la adición de harina de soja. Por otra parte, la adición de harina de soja al 6% mejoró el aporte de proteínas sin perjudicar el de minerales (16).

“La sustitución de harina de trigo por harina de soja, si tiene un efecto significativo en las características tecnológicas de los cupcakes, ya que mejora la retención de agua y disminuye la pérdida de peso; asimismo la sustitución de hasta un 10% de harina de trigo por harina de soja mejora la firmeza de los cupcakes, ya que ésta se ve afectada por la presencia de proteínas las cuales se desnaturalizan al momento del horneado. El volumen específico es afectado significativamente con la sustitución de harina de soja por harina de trigo, pues disminuye proporcionalmente al aumentar la concentración de harina de soja por no contener gluten.” (Paucar-Menacho, Salvador-Reyes, Guillén-Sánchez, y Mori-Arismendi, 2016) (17).

Los resultados de los análisis microbiológicos de panes elaborados con 0 y 10 % de aislado proteico de soja demuestran que se encuentran aptos para el consumo humano y su respectiva comercialización, en vista que los resultados se hallan dentro de los límites establecidos por la Norma sanitaria aprobada con Resolución Ministerial N° 591-2008 – MINSa, para productos de panadería (12).

4. CONCLUSIONES

Es factible la elaboración de panes con un máximo nivel de sustitución de 10% de aislado proteico de soja conservando muy buenas características organolépticas y aceptabilidad, así como una considerable cantidad y calidad de proteína (20.77% de proteína y cómputo químico de 81%) y contiene 4.52 gramos de lisina disponible en 100 gramos de proteína.

El pan elaborado con 10% de sustitución de aislado proteico de soya contiene: 22.2% de humedad, 20.77% de proteína, 3.07% de grasa, 0,38% de fibra cruda, 2.63% de cenizas, 50.96% de carbohidratos y 314.73 Kcal/100g., lo cual demuestra que el pan obtenido es un alimento de considerable valor nutritivo.

Los análisis microbiológicos de panes elaborados con 0 y 10 % de aislado proteico de soya, se encuentran aptos para el consumo humano y su respectiva comercialización, en vista que los resultados se hallan dentro de los límites establecidos por la Norma sanitaria aprobada para productos de panadería.

El análisis sensorial evaluado a través de un panel de laboratorio de 16 personas muestra que el pan con 10% de sustitución, tiene una aceptabilidad específica calificada de "Regularmente Agradable" referido a los atributos de sabor, olor, color, textura y apariencia general y ocupó el primer lugar en la prueba de ordenamiento por preferencia ante los demás tratamientos.

El análisis de varianza para un nivel de confianza del 95%, muestra que no existe diferencia estadística significativa entre las medias de los seis (6) tratamientos en Olor. Sin embargo, se encontró diferencia significativa en sabor, color, textura y apariencia general.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VARGAS, S.R.E. "Elaboración de una Mezcla Alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) y Soya (*Glicine max*). Tesis UNAA. La Molina. Lima – Perú. 1978. 146 p.
- CABIESES, M.C. "Estudios de Mezclas proteicas provenientes de leguminosas y cereales cultivados en el Perú. Ministerio de Alimentación. Lima – Perú. 1976. 20 p.
- VIVAS, B.M (1979). Estudio Técnico para la obtención de una mezcla vegetal básica precocida para consumo humano. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Agraria La Molina. LIMA, Perú.208 pp.
- VILCAS B.J. (2011). Línea de Panadería y Pastelería. Informe profesional UNCP – FAIA Huancayo – Perú.
- PASCUAL CH. G Y RAMOS V.C (2000). Manual de Prácticas de tecnología de cereales y leguminosas. Folleto Universidad nacional Agraria La Molina- Facultad de Industrias Alimentarias. Lima, Perú.
- MACKEY, C.A. ET.AL (1984) "Evaluación Sensorial de los alimentos" Ediciones CIEPE, San Felipe (Venezuela).
- ANZALDUA, M.A. (1994) "La evaluación Sensorial de los alimentos en la Teoría y la Practica" Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. [AOAC] (1995). Official Methods of Analysis. 15 Ed. Washington D.C. Vol. 2. 850 pp.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZACIÓN OF THE UNITED NATIONS (FAO) (1973). Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas N° 24. Roma, 186p.
- FRUTAROM PERÚ S.A. Contenido de Aminoácidos de Proteína Aislada de Soya. Ficha Técnica del Producto SOY PRO 900E. Lima, Perú (2019) Disponible en WWW.frutaromla.com.
- KENT, N. L. Tecnología de los Cereales. Zaragoza, Acribia, 1983. España.
- NORMA SANITARIA (2008). Criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Aprobada con resolución ministerial N°591 – 2008 – MINSA.
- PINO. J. G. (2011). Caracterización físico química de la harina de Maiz Criollo y su aplicación en la elaboración de Pan. Tesis, 70 p.
- MATOS. C. A, & MUÑOZ. A. I. (2010). Elaboración de Pan con sustitución parcial de harina precocida de Ñuña y Tarwi. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 31-35.
- RODRÍGUEZ, P. T. (1981). Obtención de un Aislado Proteico a partir de Lupino. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima -Perú.
- Visentín, Alexis N, Drago, Silvina R, Osella, Carlos A, de la Torre, María A, Sánchez, Hugo D, & González, Rolando J. (2009). Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3), 325-331. Recuperado en 09 de diciembre de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000300014&lng=es&tlng=es
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., & Mori-Arismendi, S. (2016). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia Agropecuaria*, 7(2), 121-132.

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

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

Vilma Reyes^{a,*}, Emilio Yábar^a, Carhuallanqui Shalin^a, Clímaco Diana^b

^aFacultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

^b Investigadora independiente, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú.

*Autor correspondiente: vreyes@uncp.edu.pe

Resumen: Este artículo no da una visión general sobre la posibilidad de utilizar el extracto de tocosh exento de células como biopreservante. Se utilizó principalmente información procedente de google académico, Scielo, Scopus y Scienedirect. Los antecedentes consideran a los alimentos fermentados tradicionales como fuente de bacterias ácido láctica (BAL) dentro de ellas el tocosh, seguido de un análisis sistemático de sus cualidades bioactivas en la salud, la importancia de las bacteriocinas, los factores básicos de conservación de la carne fresca, que incluye el envasado al vacío, para finalmente considerar el sistema de biopreservación de la carne mediante un extracto con potencialidad antimicrobiana. Se observó que existe un vacío de conocimiento por investigar sobre la caracterización molecular del extracto de tocosh libre de células, para ser utilizada como biopreservante de alimentos en forma individual, sinérgico o con otros sistemas de conservación en alimentos perecibles como la carne.

Palabras clave: tocosh, bacterias ácido lácticas, biopreservante, bacteriocinas, alimentos perecibles.

Abstract: This article gives an overview on the possibility of using the cell-free tocosh extract as biopreservative. Information from academic google, Scielo, Scopus and Scienedirect was mainly used. The antecedents consider traditional fermented foods as a source of lactic acid bacteria (LAB) including tocosh, followed by a systematic analysis of their bioactive qualities in health, the importance of bacteriocins, the basic factors of fresh meat preservation, involving vacuum packaging to finally consider the biopreservation system of the meat through an antimicrobial potential extract. It was observed that there is a knowledge gap to investigate on the molecular characterization of cell-free tocosh extract, to be used as a food biopreservative individually, synergistically or in combination with other preservation systems in perishable foods such as meat.

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

1. Introducción

Los productos fermentados en condiciones naturales generan un alimento con cualidades nutritivas y funcionales superiores a las materias primas de origen, además de una biomasa de microorganismos de distintos tipos, mucho de los cuales corresponden a bacterias ácido lácticas (BAL), los cuales están demostrando que producen metabolitos de interés como biopreservantes en alimentos, estos son las bacteriocinas, polipéptidos con acción antagonista. El tocosh, producto tradicional, está demostrando que en su proceso se desarrollan muchas especies de *Lactobacillus* y utilizar un extracto de tocosh posibilitaría ser utilizada como biopreservante en la industria alimentaria, como es la posibilidad técnica de utilizarla en la conservación de filetes de res.

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

Los antimicrobianos naturales, que inhiben el crecimiento microbiano, incluyen productos químicos tradicionales, antimicrobianos naturales o preservación biológica (por ejemplo, microbios beneficiosos, bacteriocinas o bacteriófagos); aunque tienen una gran eficacia antimicrobiana, los desafíos debidos a la adaptación de los patógenos transmitidos por los alimentos a tales métodos de control se están haciendo evidentes, tal adaptación permite la supervivencia de los patógenos en alimentos o ambientes de contacto con alimentos (Abdelhamid & El-Dougdoug, 2020).

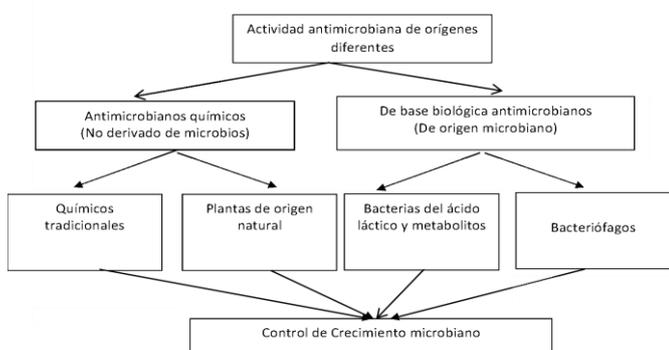


Figura 1. Representación esquemática de la clasificación de antimicrobianos naturales que controlan el crecimiento microbiano como se presenta en el estudio actual (Abdelhamid & El-Dougdoug, 2020).

El objetivo fue analizar la información científica más relevante sobre los posibles metabolitos del extracto de tocosh con actividad biopreservante a partir de las BAL desarrolladas durante el proceso de fermentación.

1. Tocosh

El tocosh de papa es el resultado de un proceso artesanal de fermentación-putrefacción, tiene propiedades nutricionales y medicinales sustentadas por la tradición y algunas referencias científicas, su consumo más importante es como mazamorra (Lechuga & Salas, 2013). Un proceso fermentativo, presenta tres fases; primero se desarrolla una microflora poco exigente, enterobacterias y aerobios mesofílicos, seguido de microorganismos productores de ácidos orgánicos, mayoritariamente bacterias ácido lácticas (BAL), microaerófilas o anaerobias; finalmente, en la tercera fase desarrollan levaduras saprofitas, generando un producto por acidificación láctica y depolimerización parcial del almidón (Chiquiza-Montaño *et al.*, 2016). Las bacterias ácido lácticas de los productos fermentados tienen capacidades limitadas para la síntesis de aminoácidos; sin embargo, poseen un complejo sistema proteolítico (serina proteasa) capaz de hidrolizar proteínas alimentarias a péptidos y aminoácidos que contribuyen a la textura, sabor y aroma (Holzapfel & Wood, 2014).

a. Bacterias ácido lácticas del tocosh

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

Tabla 1. Análisis microbiológico de papas frescas, tocosh al cabo de 1 y 8 meses de fermentación

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

Fuente: Jiménez *et al.* (2018)

La diversidad de BAL asociadas con tocosh, por métodos de cultivo y secuenciación de alto rendimiento (HTS), se identificaron especies de *Lactobacillus* (Lb) (*Lb. sakei*, *Lb. casei*, *Lb. farciminis*, *Lb. brevis*, *Lb. fermentum*) y *Leuconostoc* (Ln) mesenteroides, se investigaron sus características biotecnológicas, como capacidad degradativa de la amilasa y

el fitato, así como producción de exopolisacáridos (EPS) y vitaminas del grupo B (riboflavina y ácido fólico) fueron exhibidas por *Lb. sakei* y *Ln. mesenteroides*, además como actividad antibacteriana y capacidad de producción de aminos biogénicos (Jiménez et al., 2018). Cepas de BAL aisladas de tocosh, demostraron ser efectivas para inhibir varios hongos toxigénicos y no toxigénicos como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, así como patógenos alimentarios, los agentes antimicrobianos (bacteriocinas y/o moléculas antifúngicas), mediante la extracción QuEChERS con detección LC-MS-LIT permitió la identificación y cuantificación de hasta 15 compuestos, *L. fermentum* T3M3 y *Lc. mesenteroides* T1M3 mostraron potencialidad antimicrobiana y no mostraron resistencia a los antibióticos y, por lo tanto, son aptas para aplicaciones alimentarias (Yépez, Luz, Meca, Vignolo, Mañes y Aznar, 2017).

b. Efecto antioxidante y citoprotector del tocosh

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

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

c. Efecto inhibitorio del tocosh

López (2017) evaluó el efecto inhibitorio in vitro del extracto acuoso del tocosh comparado con vancomicina y oxacilina sobre cepas de *Staphylococcus aureus*, con los siguientes tratamientos: extractos acuosos de tocosh al 25, 50 y 100% y 2 controles con oxacilina y vancomicina, se determinó su actividad antibacteriana mediante halos de inhibición y concentración mínima inhibitoria (CMI) mediante unidades formadoras de colonias, el *Staphylococcus aureus* fue muy sensible frente al extracto del 25% (17,75 ± 1,05 mm) e intensamente sensible frente a 50 % y 100% (22,17 ± 0,94 y 25,42 ± 1,62 mm respectivamente), la CMI fue de 500 mg dL⁻¹ (extracto al 50%); se concluyó que el tocosh presentó efecto inhibitorio in vitro sobre cepas de *Staphylococcus aureus*, la aplicación de extractos o usar un producto que haya sido

fermentado previamente con una cepa o biomasa productora de bacteriocina como ingrediente durante el procesamiento de alimentos, es una posibilidad técnica y económica (Daba & Elkhateeb, 2020).

2. Bacteriocinas

Las BAL a menudo se aíslan de hábitats ricos en nutrientes que contienen carbohidratos solubles, vitaminas, proteínas disponibles y tienen baja tensión de oxígeno, los hábitats incluyen productos fermentados como leche, carne, verduras, frutas y productos lácteos (López-Cuellar et al., 2016). Las BAL son microorganismos con potencial biopreservante natural de muchos productos alimenticios, debido a que producen diversos metabolitos como ácido láctico, peróxido de hidrógeno, diacetilo, dióxido de carbono y bacteriocinas (Heredia-Castro, Hernández-Mendoza, González-Córdova, & Vallejo-Cordoba, 2017). Las bacteriocinas se definen como polipéptidos de origen ribosomal que son secretados al medio extracelular y tienen la capacidad de ejercer actividad antagonista contra un grupo de bacterias, hongos y algunos parásitos competidores (López-Cuellar et al., 2016). Las tablas 2 y 3 muestran las características generales y la clasificación de las bacteriocinas.

La producción de bacteriocinas depende del crecimiento y la actividad fisiológica de la cepa productora, las principales variables que afectan la producción de bacteriocinas son la temperatura (20 a 50 °C), el pH (es generalmente mantenido constante para la producción de bacteriocinas, mediante la neutralización de los ácidos producidos), la composición del medio de cultivo (fuente de carbono, glucosa, lactosa, sacarosa y como fuente de nitrógeno, extracto de levadura, extracto de carne o peptona), condiciones anaerobias a 60% de oxígeno y la presencia de inductores, como la adición de surfactantes como Tween 80 que estimula la secreción de péptidos al influenciar la fluidez de la membrana celular (Londoño et al., 2015).

Tabla 2. Características generales de las bacteriocinas

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

Fuente: Heredia-Castro et al. (2017)

Tabla 3. Clasificación de las bacteriocinas

CLASIFICACION	CARACTERISTICAS	SUBCATEGORIA	EJEMPLO
Clase I (antibióticos)	- Péptidos que contienen aminoácidos modificado (lantionina, β-lantioninato).	- Tipo A (moléculas lineales).	- Nisina, subtilina, epidermina.
		- Tipo B (moléculas globulares)	- Mersacidina.
		- Subclase IIa (pediocina-antilisteria).	- Pediocina, enterocina, sakacina.
		- Subclase IIb (compuesto de dos péptidos).	- Plantaracina, lactacina F.
		- Subclase IIc (otras bacteriocinas)	- Lactococina.
Clase II	- Clase heterogénea de péptidos termoestables pequeños.	- Grupo de péptidos lineales.	- Lacticina Q.
		- Degradación de proteínas grandes.	- Propionicina F.
		- Subclase III.	- Helveticina J, millericina B
Clase III	- Péptidos grandes termolábiles.		
Clase IV	- Péptidos cíclicos.*		- Reutiricina G
Clase V	- Péptidos de estructura circular		- Enterocina AS-48, gasericina A.

*Asociado con lípidos o carbohidratos
Fuente: Heredia-Castro et al. (2017)

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

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

a. Modo de acción de las bacteriocinas

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

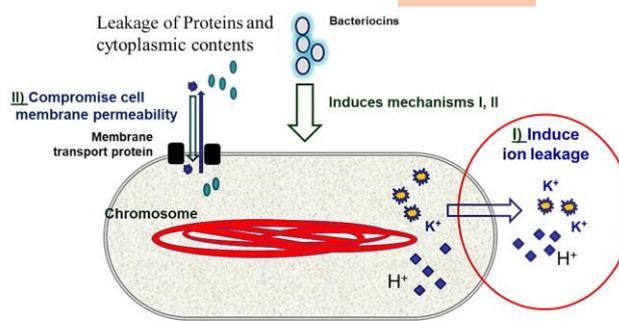


Figura 2. Modo de acción de las bacteriocinas frente a bacterias patógenas transmitidas por los alimentos (Abdelhamid y El-Dougdoug, 2020).

b. Extracción de bacteriocinas y criterios de selección y seguridad de las bacteriocinas

Se han explorado que existen varios métodos de purificación, incluyendo desde un extracto crudo. La bacteriocina bruta de *L. brevis* DF01 (bacteriocina DF01) se aisló con modificaciones menores, *L. brevis* DF01 se cultivó en caldo MRS a 37 °C durante 24 h, y las células bacterianas se eliminaron por centrifugación a 13.000 rpm durante 15 min (4 °C), seguidamente se obtuvieron sobrenadantes libres de células (CFS) usando un filtro (0.2 µm) y se agregó sulfato de amonio en el CFS hasta una saturación del 70% (p/v) para precipitar proteínas a 4 °C durante la noche, las proteínas precipitadas se centrifugaron a 13.000 rpm durante 15 min (4 °C), se disolvieron en agua destilada y, posteriormente, se dializaron frente a agua destilada utilizando un tubo de diálisis (peso molecular 1.200) a 4 °C durante 24 h, y la bacteriocina bruta se mantuvo a -80 °C, hasta su uso. Para examinar la estabilidad térmica de la bacteriocina DF01, la bacteriocina se trató térmicamente a 0, 60, 80 o 100 °C durante 30 min (Kim, Kim & Kang, 2019)

Se han establecido algunos criterios básicos para el uso de bacteriocinas (Johnson *et al.*, 2018), como:

- Seguridad de los consumidores e inofensiva para los consumidores microflora intestinal,
- Amplio espectro antibacteriano de la bacteriocina contra el organismo que estropea los alimentos,
- Resistencia a las enzimas presentes en las matrices alimentarias y
- Estabilidad térmica y actividad en un amplio rango de pH y concentración de sal, para su inclusión en una amplia gama de sistemas de alimentos.

3. Evidencias antimicrobianas del tocosh

Cepas de *Lactobacilos*, aisladas de chicha y tocosh, demostraron ser eficaces para inhibir hongos toxigénicos y no toxigénicos, como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, se

presume que los agentes antimicrobianos sean bacteriocinas y otras moléculas antifúngicas, se identificó y cuantificó hasta 15 compuestos antimicrobianos con potencial como agentes antimicrobianos al inhibir patógenos bacterianos transmitidos por los alimentos, demostraron no tener resistencias antibióticas y, por lo tanto, son adecuadas para aplicaciones alimentarias (Yépez *et al.*, 2017). La diversidad de bacterias del ácido láctico (BAL) asociadas con tocosh, entre ellas *Lactobacillus* (Lb), *Lb. sakei*, *Lb. casei*, *Lb. farciminis*, *Lb. Brevis* y *Lb. Fermentum*, se investigaron sus características biotecnológicas, varias de ellos presentaron capacidad de degradación de la amilasa y el fitato, producción de EPS y vitamina B del grupo B (riboflavina y folato), además actividad antibacteriana y capacidad de producción de aminos biogénicas (Jiménez *et al.*, 2018). En la siguiente figura se muestra la potencialidad de compuestos capaces de ser producidos por las BAL.

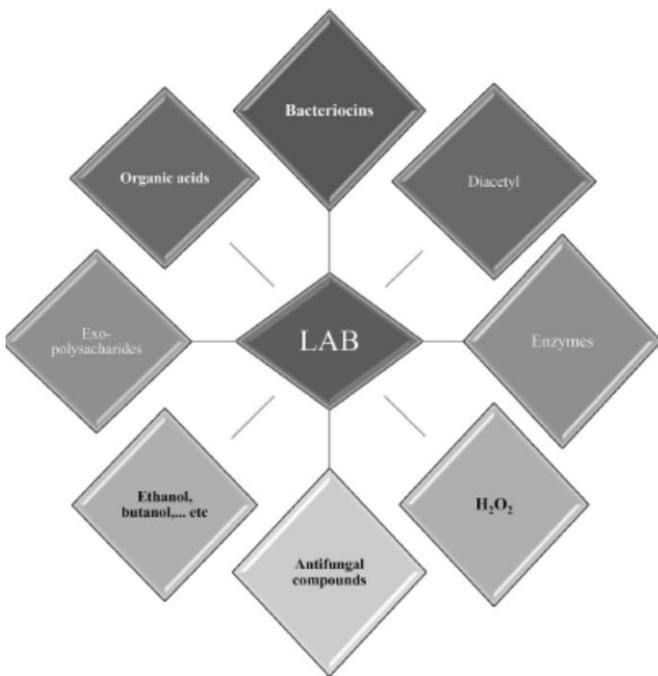


Figura 3. Principales productos que generan las bacterias ácido lácticas (Daba & Elkhateeb, 2020)

4. Conservación de la carne

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

(Woraprayote, Malila, Sorapukdee, Swetwivathana, Benjakul, & Visessanguan, 2016)

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

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

Aunque las bacteriocinas tienen aplicaciones en muchos sistemas alimentarios, los alimentos no deben conservarse solo con bacteriocinas, sino como parte de un sistema de múltiples barreras como N₂, CO₂, bajas temperaturas, presión hidrostática o alta temperatura que incrementen la conservación de la carne, la nisina o su combinación con niveles más bajos de nitrato pueden prevenir el crecimiento de *Clostridium*, se determinó que cuanto menor es el contenido de grasa, mayor es la actividad de nisina en el sistema, también se observó que la nisina junto con el ácido láctico no tienen ventaja alguna (Cleveland *et al.*, 2001).

La carne, es considerada como una fuente importante de enfermedades entéricas humanas; por lo tanto, la seguridad microbiológica es una de las principales preocupaciones de riesgo en la industria cárnica y de alimentos (Figura 4), se han aplicado diferentes procedimientos, incluida la adición de bacteriocinas como conservantes antagonistas proteicos, para inhibir e inactivar la contaminación microbiana y extender la vida útil de estos productos (Pilevar, Hosseini, Beikzadeh, Khanniri, & Alizadeh, 2020).

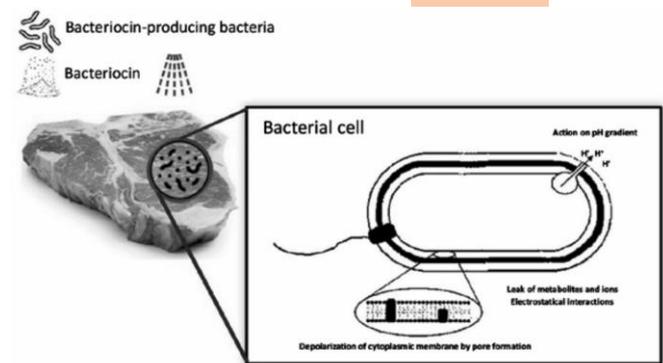


Figura 4. Actividad de las bacteriocinas en la conservación de carne (Pilevar *et al.*, 2020)

Las ocinas son péptidos o proteínas antimicrobianas producidas por especies y cepas bacterianas, su aplicación en la industria alimentaria (Figura 5) incluye la producción ex situ e in situ por cepas ocinogénicas, la principal limitación de las ocinas en la industria alimentaria son los métodos de producción a nivel industrial (Choyam et al., 2019). Se identificaron más de 100 BAL productoras de bacteriocinas y se identificaron los siguientes genes: sapA (curvacin A), sppQ (sakacin Q), sppA (sakacin P), plnEF (plantaricina EF), plnA (plantaricina A), entA (enterocina A), entP (enterocina P), andentB (enterocina B), se determinó el potencial de *L. sakei* y *E. faecium* como cultivos bioprotectores y controladores de *L. monocytogenes* en carne cruda y productos cárnicos (da Costa, Voloski, Mondadori, Duval, & Fiorentini, 2019)

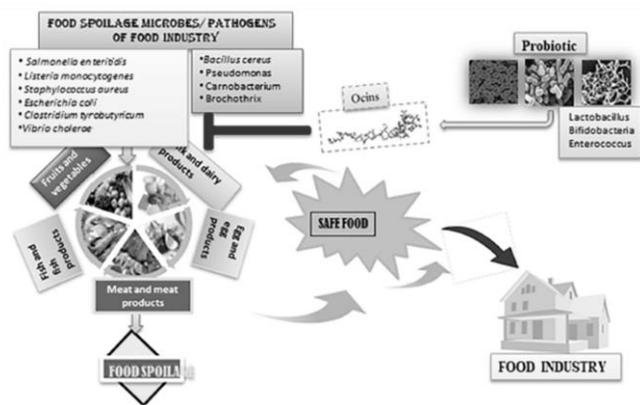


Figura 5. Industria alimentaria y microorganismos deteriorantes y patógenos: La influencia de las ocinas para generar seguridad alimentaria (Choyam, Srivastava, Shin, & Kammara, 2019)

5. Conservación de la carne y bacteriocinas

Las bacteriocinas en alimentos pueden incorporarse a un alimento para mejorar su seguridad: (1) utilizando una preparación purificada o semipurificada de bacteriocina como ingrediente alimentario, se incluye la adición directa en la fórmula alimentaria o inmersión en una solución que contiene el péptido (2) incorporación de un ingrediente previamente producido por un LAB productor de bacteriocina; o (3) mediante el uso de LAB productora de bacteriocinas como iniciador directamente en el producto para la producción in situ de bacteriocinas (da Costa et al., 2019). En la industria cárnica se ha demostrado que la Nisina, Enterocina AS-48, Enterocinas A y B, Sakacina, Leucocina A y especialmente Pediocina PA-1/Ach sola o en combinación con varios tratamientos fisicoquímicos como envasado en atmósfera modificada, alta presión hidrostática (HHP), conservantes térmicos y químicos son eficaces contra *L. monocytogenes* (Sing, 2018).

6. Conclusiones

El tocosh es una buena fuente de bioactivos con actividad antimicrobiana, dentro de ellas, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, bacteriocinas e incluso enzimas que potencian sus posibilidades de uso como biopreservante. Se recomienda realizar trabajos de purificación en el extracto libre de células y su actividad antimicrobiana a cada nivel.

7. Referencias bibliográficas

- Abdelhamid, A.G., El-DougDoug, N. K. (2020). Controlling foodborne pathogens with natural antimicrobials by biological control and antivirulence strategies, *Heliyon*, 6 (9), e05020. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05020.
- Chiquiza-Montaño, L., Montoya, O., Restrepo, Cl. y Orozco-Sánchez, F. (2016). Estudio de la microbiota del proceso de producción de almidón agro de yuca. *Información Tecnológica*.
- Choyam, S., Srivastava, A.K., Jae-Ho Shin, J-H., & Kammara, R. (2019). Review Ocins for Food Safety, *Frontiers in Microbiology*, 10, 1736, 1-13.
- Cleveland J., Montville T.J., Nes I.F., Chikindas M.L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71(1), 1-20. doi: 10.1016/s0168-1605(01)00560-8.
- Daba, G.M. & Elkhateeb, W.A. (2020). Bacteriocins of lactic acid bacteria as biotechnological tools in food and pharmaceuticals: Current applications and future prospects, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 28, 101750, 1-10.
- Da Costa, R.J., Voloski, F.L.S., Mondadori, R. G., Duval, E. H., & Fiorentini, A.M. (2019). Review Article: Preservation of Meat Products with Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria Isolated from Meat. *Hindawi Journal of Food Quality*. Volume 2019, Article ID 4726510, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2019/4726510>
- Heredia-Castro, P.Y., Hernández-Mendoza, A., González-Córdova, A.F., & Vallejo-Cordoba, B. (2017). Bacteriocinas de bacterias ácido lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Interciencia*, 42(6): 340-346.
- Holzappel, W.H. & Wood, B.J.B. (2014). *Lactic Acid Bacteria. Biodiversity and Taxonomy*. Edited by John Wiley & Sons, Ltd.

- Jiménez, E., Yépez, A., Pérez-Cataluña, A., Ramos, E., Zúñiga D., Vignolo, G. & Aznar, R. (2018). Exploring diversity and biotechnological potential of lactic acid bacteria from tocosh-traditional Peruvian fermented potatoes - by high throughput sequencing (HTS) and culturing, *LWT*, 87, 567-574.
- Johnson E.M., Jung D.Y., Jin D.Y., Jayabalan D.R., Yang D.S.H., & Suh J.W. (2018). Bacteriocins as food preservatives: Challenges and emerging horizons. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(16), 2743-2767. doi: 10.1080/10408398.2017.1340870.
- Kim, N.N., Kim, W. J., & Kang, S.S. (2019). Anti-biofilm effect of crude bacteriocin derived from *Lactobacillus brevis* DF01 on *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*. *Food Control*, 98, 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.004>
- Lechuga, H. & Salas, H. (2013). Estudio para la instalación de una planta productora de mazamorra de tocosh con maca, quinua y leche. *Ingeniería Industrial*, 31, enero-diciembre, 115-140.
- Londoño, N.A., Torres-Taborda, M.M., Alvarez-López, C., & Lina M. Vélez-Acosta, L.M. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos, *Revista Alimentos Hoy*, 23 (36): 186-205.
- López, Y.Y. (2017). Efecto inhibitorio in vitro de *Solanum tuberosum* (papa fermentada) comparado con vancomicina y oxacilina sobre cepas de *Staphylococcus aureus*. Tesis pre-grado. Facultad Medicina Humana Universidad Privada Antenor Orrego UPAO-Trujillo - Perú.
- López-Cuellar, M.R., Rodríguez-Hernández, A.I., & Chavarría-Hernández, N. (2016) LAB bacteriocin applications in the last decade, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30: (6), 1039-1050.
- Oliete, B., Moreno, T., Carballo, J. A., Monserrat, L. & Sánchez, L. (2006). Estudio de la calidad de la carne de ternera de raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Archivos de zootecnia*, 55(209), 3-14.
- 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
- Pilevar, Z., Hosseini, H., Beikzadeh, S., Khanniri, E., Alizadeh, A.M. (2020). Application of Bacteriocins in Meat and Meat Products: An Update. *Current Nutrition & Food Science*, 16 (2), 120-133.
- Quispe O. (2017). Evaluación de la conservación de la carne de ovino de raza Corriedale con bacterias ácido lácticas (*Lactococcus lactis* y *Lactobacillus bulgaricus*). Envasado al vacío. (Tesis de pre grado). Universidad Nacional del Altiplano
- Rojas, C. & Vásquez, V. (2016). Phenolic compounds with antioxidant capacity of the native Andean potato (*Solanum tuberosum* L.) Huagalina variety in La Libertad- Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7 (3), 333-340.
- Sandoval, M. H., Tenorio J., Tinco, A., Loli, R. A. & 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.
- Sing, V.P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation - a review. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 104-111. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ovj.v8i1.16>.
- Vásquez, S., Suárez, H., & Zapata, S. (2009). Evaluación de bacteriocinas como medio protector para la biopreservación de la carne bajo refrigeración. *Revista chilena de nutrición*, 36(3), 228-238. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000300005>
- Woraprayote, W., Malila, Y., Sorapukdee, S., Swetwivathana, A., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2016). Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products, *Meat Science*, 120, 118-132.
- Yépez, A., Meca, G., Vignolo, G., Mañes, J., & Aznar, R. (2017). Biopreservation potential of lactic acid bacteria from Andean fermented food of vegetal origin. *Food Control*, 78, 393-400.

Evaluación de la influencia de la textura en la elaboración de salchicha con carne de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

Evaluation of the influence of texture on the preparation of sausage with trout meat (*Oncorhynchus mykiss*)

Jose Solis^a, Luz Buendia^a, Leslie Calcina^a

^aFacultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor correspondiente: jsolis@uncp.edu.pe

Resumen: Dentro de la investigación realizada sobre Evaluación de la influencia de la textura en la elaboración de salchicha con carne de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) se realizó con la finalidad de evaluar la influencia de la textura en la elaboración de salchichas con carne de trucha, determinándose el análisis fisicoquímico el cual se tiene que la humedad es de 57,628%, ceniza 2,74%, grasa 23,62%, proteína 13,86%, fibra bruta 1,86%, Acidez titulable (g/100mL de ácido láctico) 0,4275%, pH 6,7, realizada estos análisis se procedió al análisis de textura como los parámetros de dureza (kg/ms²), elasticidad es adimensional, cohesividad también es adimensional, gomosidad (kg/m.s²), teniendo como conclusión que el perfil de textura como la dureza, cohesividad, elasticidad y gomosidad presentaron algunas variaciones que no influyeron en las características organolépticas de la salchicha de trucha

Palabras clave: textura, salchicha, carne

Abstract: Within the investigation carried out on the Evaluation of the influence of the texture in the elaboration of sausage with trout meat (*Oncorhynchus mykiss*), it was carried out with the purpose of evaluating the influence of the texture in the preparation of sausages with trout meat, determining the physicochemical analysis which has that the humidity is 57.628%, ash 2.74%, fat 23.62%, protein 13.86%, crude fiber 1.86%, Titratable acidity (g / 100mL of lactic acid) 0,4275%, pH 6.7, after performing these analyzes, the texture analysis was carried out as the hardness parameters (kg / ms²), elasticity is dimensionless, cohesivity is also dimensionless, rubberiness (kg / m²), with the conclusion that the texture profile such as hardness, cohesiveness, elasticity and rubberiness presented some variations that did not influence the organoleptic characteristics of trout sausage

Keywords: texture, sausage, meat

1. Introducción

En la actualidad en los mercados no se encuentra salchichas elaboradas a base de carne de trucha y mucho menos con material de inclusión como puede ser la carne de cuy y que tengan una buena textura y apariencia, también en vista de que el mercado en la actualidad exige nuevos productos con mayor calidad, la innovación de productos y el aprovechamiento de materias primas saludables y nutritivas se propone el uso de carne de trucha un alimento rico en proteínas, que en la actualidad marca la pauta para que se elaboren productos que impacten al consumidor y además le brinden una sana alternativa de alimento en su dieta cotidiana.

La industria alimentaria se ha visto sujeta a serios cambios debido a que los consumidores están optando por productos con menos contenido de conservadores, a causa de los efectos perjudiciales para la salud humana. Por este motivo el sector agroindustrial invierte muchos esfuerzos y medios en la búsqueda de nuevas alternativas, tenemos el valor nutritivo de la trucha para aprovechar el consumo de su carne en una forma que sea agradable para el consumidor y evitar grasas que puede crear enfermedades en el consumidor y este puede llegar a ser determinante para que un producto comestible sea aceptado o rechazado.

2. Materiales y Métodos

Se usaron como materia prima la carne de trucha provenientes de la piscigranja el Ingenio Huancayo-Perú, carne de cerdo y la grasa de cerdo. En los materiales de laboratorio se usaron los materiales de vidrios en general como vasos de precipitación, baguetas, matraces, fioles, piceta, termómetros y otros usados en el laboratorio. Dentro de los equipos los más importantes fueron, Cutter (mezcladora), Moledora de carne, Embutidora de pistón, Texturometro, Balanza analítica, Potenciómetro. Los métodos de análisis usados fueron:

Determinación de humedad: Método de la Association of Official Agricultural Chemists [AOAC], (1990), se determinó llevando a la estufa a 105 °C por 5 h.

Determinación de pH: Método AOAC, (2000), método potenciométrico, con buffer pH= 4,0 Y 7,0.

Análisis de textura, Evaluación microbiológica: aerobios mesofilos se utilizó el agar *Plate Count Agar* (PCA) en placas petri estériles pipeteando 1 mL de la dilución incubando a 32 °C por 48 horas. En caso de *Staphylococcus* se utilizó placas petrifilm se pipeteó 0,1 mL de la dilución anteriormente descrita por el método de extensión incubando a 37 °C por 40 horas.

3. Resultados

Tabla 1. Análisis físico-químico de la salchicha de trucha

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Humedad	57,268±0.15 %
Ceniza	2,74 %
Grasa	23,62 %
Proteína	13,86 %
Fibra bruta	1,28 %
Acidez titulable (g/100mL de ácido láctico)	0,4275%
pH (a 20 °C)	6,7

Análisis de perfil de textura de salchicha de trucha

Análisis de perfil de textura de la salchicha de trucha: Se realizaron 4 repeticiones para el perfil de textura

$$\text{COHESIVIDAD} = \text{ÁREA 2} / \text{ÁREA 1}$$

$$\text{GOMOSIDAD} = \text{DUREZA} \times \text{COHESIVIDAD}$$

$$\text{DUREZA} = \text{FUERZA MÁXIMA EN 1ERA COMPRESIÓN}$$

$$\text{ELASTICIDAD} = \text{LONGITUD 1} / \text{LONGITUD 2}$$

$$\text{Área 1} = \text{área 4} + \text{área 5}$$

$$\text{Área 2} = \text{área 6} + \text{área 7}$$

Tabla 2. Análisis de textura de salchicha de trucha

		Dureza	A1	A2	D1	D2
S	R1	5.572 N	912.236	34048.094	3	4
T	R2	1.825 N	1039.12	26563.07	5	6
	R3	1.6088 N	1311.804	10899.869	3	4
	R4	1.344 N	1289.459	6383.8675	2	5

	Cohesividad	Elasticidad	Masticabilidad
R1	7.805	0.75	99.209 N
R2	25.563	0.83	46.6525 N
R3	8.309	0.75	13.37 N
R4	4.951	0.4	6.654 N

En la tabla 2 se muestran los resultados de la textura analizadas a 4 muestras el cual indican que la dureza no hay mucha variación de muestra a muestra siendo la dureza como una fuerza que tiene en cualquier tiempo durante el primer intento de compresión es decir es la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar.

4. Discusiones

Análisis fisicoquímico de la salchicha de trucha: El porcentaje de humedad para la salchicha de trucha resulta de 57.268 ± 0.15 %; resulta menor comparado al porcentaje de humedad en salchicha de atún que es 68 ± 0.16 % evaluado por Guzmán y Acevedo (2013). El porcentaje determinado resulta menor debido a la composición de la salchicha, si bien la carne de trucha representa casi el 50% de la composición también hay ingredientes que son más secos como el almidón y pack, lo cual le da casi un equilibrio entre el contenido húmedo y la materia seca presente. Las cenizas de los productos alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que puede haber habido pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes. El valor de las cenizas puede considerarse como una medida general de la calidad mínima y necesaria en los alimentos comestibles, y a menudo es un criterio útil para determinar la identidad de un alimento. Cuando hay un alto contenido de cenizas se sugiere la presencia de un adulterante inorgánico. El porcentaje de ceniza que se obtuvo de la salchicha de trucha fue de 2.74 %. El resultado nos indica que el contenido es la cantidad de componentes inorgánicos específicos. Una característica importante a tomar en cuenta en la alimentación humana es el contenido de grasa de un alimento, ya que ésta proporciona la palatabilidad del mismo y es una fuente importante de energía, pero al mismo tiempo es importante considerar las cantidades ingeridas, ya que puede elevar los triglicéridos y el colesterol en el torrente sanguíneo. En este sentido se puede notar que el resultado del análisis proximal del embutido escaldado, reporta niveles de grasa de 23.62 %, está se encuentra fuera de los rangos normales para este tipo de producto (10 – 15%), lo cual da a conocer que la cantidad de grasa utilizada para la emulsión es la excesiva, según (Mahan y Arlin, 1995). El contenido de proteína no presento gran diferencia con respecto a salchichas comerciales elaboradas con diferentes materias primas tales como res, cerdo, pavo y pollo (Small et al., 1995); al igual que los embutidos a partir de diferentes pescados. Cabe mencionar que últimamente se han realizado estudios de la calidad de las salchichas comerciales que se expenden en los supermercados, encontrándose que dichos productos tienen una cantidad de proteína muy por debajo del encontrado en la presente investigación, ya que reporta 13,86% de proteína,

mucho mayor a los embutidos escaldados tipo hot dog comerciales de cerdo y res que presentan valores entre 10 y 13% (Recinos, 2000). Según Cabrera (1987) indica que se debe considerar como fibra bruta al residuo que se obtiene después de la sucesiva ebullición del alimento con álcali y ácido, y que en caso de productos cárnicos elaborados esta debería ser nula, Lo que a comparación con el resultado obtenido del análisis obtenido difiere en un 1.28 % posiblemente por los ingredientes que usa la salchicha de trucha como por ejemplo al agregar ají amarillo o ajo esta conserva algunos rasgos de su textura, lo que le da ese ligero porcentaje de fibra bruta

El análisis de perfil de textura que se muestra en la tabla 2, determinaron propiedades de la salchicha relacionadas con la dureza, cohesividad, elasticidad y gomosidad, que son complementarios entre sí, los valores de la dureza tiene relación con la capacidad de retención de agua, la dureza es baja debido a la cantidad de grasa adicionada y a la longitud del tejido muscular que es corta de la trucha, los valores de cohesividad positiva indican que no es pegajosa la salchicha y se comprueba al pelar la salchicha cuando se usa tripa artificial.

5. Conclusión

El diagrama seguido en la elaboración de salchicha de trucha es materia prima, deshuesado, cortado, trozado, molido, mezclado, embutido, oreado, escaldado, enfriado y refrigerado.

El análisis fisicoquímico de la salchicha de trucha es se encuentra dentro de los parámetros óptimos encontrándose la fibra bruta debido a los ingredientes usados como son ajos, cebolla, ají amarillo.

El perfil de textura como la dureza, cohesividad, elasticidad y gomosidad presentaron algunas variaciones que no influyeron en las características organolépticas de la salchicha de trucha.

Contribución de los autores: Autor 1 realizó los experimentos y procesamiento de datos. Autor 2 realizo la búsqueda de información. Autor 3 realizo la búsqueda de artículos científicos y procesamiento de datos.

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

6. Referencias bibliográficas

Arreola J., (2012). Determinación de pH y acidez. Investigación análisis a cárnicos

AOAC, Association of official Methods of Analytical Chemist Inc. Washington, U.S.A., Chapter 32 (2003).

Bolaños, N., Lutz, G., Herrera, C. 2003. *Química de Alimentos: Manual de laboratorio*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Guzmán, L., Acevedo, D. 2013. *Análisis Proximal, Sensorial y de Textura de Salchichas Elaboradas con Subproductos de la Industria Procesadora de Atún (Scombridae thunnus)*. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería de Alimentos, Avenida el Consulado, Calle 30 No. 48-152. Cartagena, Bolívar-Colombia

FAO. *Análisis proximales*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/AB489S/AB489S03.htm>

Medina L., (2009). Ingeniería alimentaria. DISPONIBLE EN: <http://ingenieria-alimentaria.blogspot.com/2009/12/carnicos-practica-01.html>

Small, A.; Claus, J.; Wang, H. y Marriot, N. (1995). "Particle size and mixing time effects on sensory and physical properties of low-fat, high-moisture pork frankfurters". *Journal Food Science*. 60 (1): 40.

RECINOS, T. industrialización de especies de bajo valor comercial de la pesca artesanal y aprovechamiento de subproductos de otras especies hidrobiológicas. Universidad de san Carlos de Guatemala – CEMA – DIGI. Guatemala, 2002. Consultado: 20/12/2019 URL: http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/investigacion_files/INFORMES/PUIDI/INF-2002-042.pdf

Hart, 1991 y Kierket, 1996; Manual de fundamentos y técnicas de análisis de alimentos.

FENNEMA, O.; Química de alimentos. Acribia, Segunda edición. Editorial Acribia España

EFICACIA DE UN DESINFECTANTE BIODEGRADABLE A BASE DE RESIDUOS DE NARANJA Y QUINUA EN EL CONTROL DEL CRECIMIENTO DE *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

EFFICACY OF A BIODEGRADABLE DISINFECTANT BASED ON ORANGE AND QUINUA RESIDUES IN THE CONTROL OF THE GROWTH OF *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

Corilla Flores, D.⁽¹⁾, Yabar Villanueva, E.⁽¹⁾, Reyes De la Cruz, Vilma, V.⁽¹⁾, Quispe Solano, M.⁽¹⁾,

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

E-mail: corillafdd@gmail.com

Resumen: El presente trabajo realizado en el laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, buscó determinar la eficacia del desinfectante biodegradable a base de residuos de naranja y quinua sobre cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Además, se determinó cuál de los extractos hidroalcohólicos a base de residuos de naranja y quinua fue más efectivo y los tiempos de contacto óptimos en el tratamiento de desinfección sobre diferentes cargas microbianas de estos microorganismos. Se aplicaron 3 extractos hidroalcohólicos y 4 mezclas con 2 tipos de solventes de maceración (etanol al 70% y éter de petróleo), sobre tres cargas microbianas de ambas especies por separado, frente a dos tiempos de contacto (5 y 10 min). Para *Escherichia coli*, el estudio reveló que el mejor efecto antimicrobiano del desinfectante se logró con una maceración de etanol al 70%, frente a la carga microbiana baja (6×10^8 ufc/mL), con el extracto hidroalcohólicos de semilla y cáscara (naranja), con un tiempo de contacto de 10 minutos. Para el caso del *Staphylococcus aureus* el estudio reveló que el mejor efecto antimicrobiano del desinfectante se logró con una maceración de etanol al 70%, frente a la carga microbiana baja (6×10^8 ufc/mL), con el extracto hidroalcohólicos de semilla con un tiempo de contacto de 10 minutos.

Palabras claves: eficacia, biodegradable y hidroalcohólico

ABSTRACT

Abstract: The present work, carried out in the Food Microbiology laboratory of the Faculty of Food Industry Engineering of the Universidad Nacional del Centro del Perú, sought to determine the efficacy of a biodegradable disinfectant based on orange and quinoa residues on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* strains. In addition, it was determined which of the hydroalcoholic extracts based on orange and quinoa residues was most effective and the optimum contact times in the disinfection treatment on different microbial loads of these microorganisms. Three hydroalcoholic extracts and four mixtures with two types of maceration solvents (70% ethanol and petroleum ether) were applied on three microbial loads of both species separately, against two contact times (5 and 10 min). For *Escherichia coli*, the study revealed that the best antimicrobial effect of the disinfectant was achieved with a 70% ethanol maceration, against the low microbial load (6×10^8 cfu/mL), with the hydroalcoholic extract of seed and peel (orange), with a contact time of 10 min. For *Staphylococcus aureus*, the study revealed that the best antimicrobial effect of the disinfectant was achieved with a 70% ethanol maceration, against low microbial load (6×10^8 cfu/mL), with the hydroalcoholic seed extract with a contact time of 10 minutes.

Key words: efficacy, biodegradable and hydroalcoholic.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad sanitaria de los alimentos se ha convertido en los últimos años imprescindible para el consumidor, por lo tanto, las plantas de procesamiento de alimentos deben emplear recursos en programas que ayuden a garantizar la calidad del producto, como el programa de limpieza y desinfección además de utilizar como insumos

desinfectantes biodegradables para superficies que están en contacto con alimentos.

Un desinfectante según la Food and Drug Administration (FDA), es una sustancia que, depositada sobre un material inerte, destruye en 10 o 15 minutos como máximo todos los microorganismos patógenos, alterando lo menos posible el sustrato donde residen y abarcando todas las formas vegetativas de bacterias, además de los hongos y virus.

Por otro lado, los microorganismos indicadores son aquellos que determinan la calidad sanitaria de los alimentos y advierten oportunamente de un manejo inadecuado o contaminación, que incrementan el riesgo de presencia de patógenos en alimentos.

Escherichia coli es el indicador más confiable de contaminación fecal en alimentos, especialmente aquellos que han recibido algún tratamiento antimicrobiano severo (Canché, 2015).

Otro microorganismo de importancia en alimentos es *Staphylococcus aureus* que está presente en piel de animales y personas, además en sus fosas nasales y garganta. Los manipuladores de alimentos pueden favorecer su rápida extensión, por lo cual es fundamental su supervisión y control a nivel de industria elaboradora de alimentos (Aza, J., 2019).

Es ase sentido, el presente trabajo de investigación tuvo por objetivo, evaluar la eficacia del desinfectante biodegradable a base de residuos de naranja y quinua, sobre cepas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, teniendo en cuenta el tipo de solvente utilizado para la maceración, los extractos hidroalcohólicos, las diferentes cargas microbianas y el tiempo de contacto entre microorganismo y desinfectante.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de residuos de naranja fueron provistas por vendedores a paso de jugos de naranja, mientras que la saponina fue provista por la empresa "Ingenia-t S.A.C.". Ambas Provenientes de la provincia de Huancayo que se encuentra a 3250 m.s.n.m. Siendo está trasladado en cooler hasta el laboratorio de microbiología de alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El tipo de investigación utilizada fue la experimental con nivel aplicado (Hernandez Sampieri *et al.*, 2014). Debido a que utiliza conocimientos científicos para la obtención de un extracto hidroalcohólico a partir de residuos de naranja y quinua que enfoca la atención sobre la solución de problemas más que sobre la formulación de teorías, (Largo Ávila et al., 2015).

2.1. Métodos de análisis

2.1.1. Preparación del desinfectante

Extracto etéreo: Se tomaron 100 g de muestra de las cáscaras pulverizadas de naranja y se colocó en una bolsa de tela prefabricada para hacer diálisis y fomentar el paso de las sustancias requeridas para esta investigación, en un vaso de precipitación y se adicionó 900 ml éter de petróleo para extraer los compuestos de baja polaridad. Se realizó el mismo procedimiento para la semilla de la naranja (100 g harina de semilla de naranja) (Molina, J. y Vilchez, M., 2015).

Los vasos de precipitación se almacenaron durante 6 días a temperatura ambiente para asegurar una buena extracción, posteriormente se centrifugó a 200 rpm por 15min y se utilizó el sobrenadante para concentrar los extractos a 50 °C por 30 min, con un rotaevaporador (Büchi), obteniendo las fracciones etéreas, las cuales se almacenaron en frascos con tapa rosca de color azul (Mina, A., 2018). El material sólido contenido en tela prefabricada se pone en un vaso de precipitación para su posterior utilización.

Extracto etanólico: Se tomó el material sólido residual del proceso anterior y se adicionó 900 ml de etanol al 70% para extraer los componentes de alta polaridad. Se realizó el procedimiento anterior para obtener las fracciones etanólicas, (Franco, G., 2019).

El mismo procedimiento se realizó para el desinfectante elaborado con residuos de quinua.

A los extractos obtenidos se les calculó el peso seco y el rendimiento con respecto al material vegetal empleado.

2.1.2. Medición de parámetros

Determinación de pH: Método potencio métrico recomendado por la AOAC (1998).

Se procede a medir el pH y temperatura, antes y después de la maceración del extracto obtenido.

2.1.3. Caracterización química de los extractos

- a. **Lieberman - Burchard:** Se toma 2 mL de extracto disuelto en éter de petróleo y se le adicionó, 1 mL de anhídrido acético y 2 gotas de ácido sulfúrico, con el fin de identificar la presencia de esteroides y triterpenos, (Martinez, A., 2016).
- b. **Prueba de Baljet:** Se toma 2 mL de extracto disuelto en éter de petróleo y se le adicionó 0,1 mL de ácido pícrico y 0,1 mL NaOH al 1 N, con el fin de identificar la presencia de glucósidos cardiotónicos y sesquiterpenlactonas, (Palpa y Fernández, 2019).
- c. **Hidroxamato férrico:** Se toma 2 mL de extracto disuelto en éter de petróleo y se le adicionaron 2 gotas de solución metanólica de clorhidrato de hidroxilamina y 2 gotas de solución metanólica de hidróxido de potasio. Posteriormente se calentó en baño maría y se le agregó una gota de cloruro férrico y ácido clorhídrico. Esto con el fin de identificar la presencia de sesquiterpenlactonas, (Martínez, A., 2016).

A los extractos etanólicos se les realizo las siguientes pruebas químicas:

Shinoda: Se le adicionó 1 g de magnesio y 1 gota de ácido clorhídrico a 2 mL del extracto disuelto en etanol para identificar la presencia de flavonoides, (Luna, Z., 2020).

- d. **Cloruro férrico:** Se le adicionó 1 ml de cloruro férrico a 2 mL del extracto disuelto en etanol para identificar la presencia de fenoles, (Martínez, A., 2016).
- e. **Antrona:** Se toma 2 mL de extracto disuelto en etanol y se le adicionó por la pared del tubo 1 ml de antrona disuelta en ácido sulfúrico. Esto con el fin de identificar la presencia de glucósidos de flavonoides, (Ortiz, 2018).
- f. **Dragendorff:** Se toma 2 mL de extracto disuelto en etanol y se le adicionó 1 ml de ácido clorhídrico y 2 gotas del reactivo de Dragendorff para identificar la presencia de alcaloides, (Ortiz, 2018).
- g. **Espuma:** Se le adicionó 1 ml de agua destilada a 2 mL de extracto disuelto en etanol y se agitó fuertemente durante 5 minutos para identificar la presencia de saponinas (Ortiz, 2018).

Por otro lado, a los extractos de residuos de quinua se les realizó las siguientes pruebas: Espuma, Lieberman y Burchard y espuma.

2.1.4. Preparación del cultivo axénico

Se utilizaron como medios de cultivo el agar Chromocult para *Escherichia coli* y Agar Baird Parker para *Staphylococcus aureus*. Para la confirmación de *Escherichia coli* se hicieron las pruebas bioquímicas de Indol y Rojo Metilo y para la confirmación de *Staphylococcus aureus* se realizaron las pruebas bioquímicas de Catalasa y Coagulasa, (Elles, E., 2018).

2.1.5. Preparación del inóculo

Para la carga microbiana baja, se esterilizó un tubo de ensayo con tapa rosca con 10 mL de agua peptonada, se dejó enfriar y con asa de kolle estéril se añadió la cantidad de cepa adecuada de los cultivos madre que correspondiera con el patrón de turbidez del tubo # 2 de Mac Farland (6×10^8 ufc/mL), (Huanquis y Leon, 2015). El mismo procedimiento se realizó para la carga microbiana media y alta.

2.1.6. Evaluación de la eficacia del desinfectante

Se evaluaron dos tipos de solventes de maceración (etanol al 70% y éter de petróleo), así como también siete tipos de desinfectante (Saponina, semilla, cáscara, saponina y semilla, saponina y cáscara, semilla y cáscara así como también la combinación de los tres), sobre tres cargas microbianas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* por

separado, frente a dos tiempos de contacto (5 min y 10 min) de la siguiente manera:

Para *E. Coli* en dos tubos de ensayo previamente esterilizados se vertieron 1.4 mL de desinfectante hecho a base de residuos de quinua, se procedió hacer lo mismo para el resto de los desinfectantes. A cada uno de los catorce tubos de ensayo se añadieron 0.2mL de inóculo (carga microbiana baja 6×10^8). Trabajando así con una relación (1:7) microorganismo y desinfectante respectivamente.

Para *S. Aureus* en dos tubos de ensayo previamente esterilizados se vertieron 1.0 mL de desinfectante hecho a base de saponina, se procedió hacer lo mismo para el resto de los desinfectantes. A cada uno de los catorce tubos de ensayo que contenían los diferentes tipos de desinfectante se añadieron 0.2mL de inóculo (carga microbiana baja 6×10^8). Trabajando así con una relación (1:5) microorganismo y desinfectante respectivamente.

Se agitaron los tubos y a partir de ese momento se empezó a contabilizar los tiempos de contacto, 5 min y 10 min. Posteriormente según se iba cumpliendo el tiempo se retiraron 0.1 mL de las muestras de cada tubo y se sembraron en las placas petri con los medios de cultivo Agar Chromocult para *Escherichia coli* y agar Baird Parker con emulsión yema de huevo telurito para *Staphylococcus aureus*. Las placas se incubaron a 37°C por 24 horas.

Este procedimiento se llevó a cabo para cada carga microbiana alta (15×10^8), media (9×10^8), baja (6×10^8) y en todos los casos se hizo por duplicado. Tanto para *Escherichia coli* como para *Staphylococcus aureus* se realizó el mismo procedimiento.

2.2. Diseño experimental

El análisis estadístico se realizó utilizando los datos experimentales a quienes se aplicaron un DCA. Con un nivel de confiabilidad del 95% utilizando el software SPSS v. 21. Así mismo, al evidenciar diferencia significativa entre los tratamientos se procedió a aplicar la prueba de Tukey determinando el mejor tratamiento.

3. RESULTADOS

En el presente capítulo se detalla los resultados de la investigación presentados en tablas en las que se detallan la desviación estándar de cada uno de los datos.

3.1. Rendimiento de los desinfectantes

Los resultados obtenidos en el rendimiento de los desinfectantes hidroalcohólicos con etanol al 70% se detallan en la tabla 1 que se expresa en porcentaje.

Tabla 1.

Rendimiento macerado con éter de petróleo y etanol al 70%.

	Desinfectante macerado con éter de petróleo	Desinfectante macerado con etanol al 70%
Rendimiento ± D.E. (%)*		
Saponina	2,213 ± 0.968	5,40 ± 1.532
Semilla	3,505 ± 1.275	7,17 ± 0.876
Cáscara	1,032 ± 0.875	4,37 ± 1.246

(*): La media se obtuvo de 2 repeticiones.

3.2. Pruebas químicas preliminares

Una vez obtenido el extracto hidroalcohólico con maceración de etanol al 70%, se procedió a realizar pruebas químicas cualitativas que se muestran en la tabla 2, Las mismas que evidencias mayor cantidad de pruebas positivas en las semillas de naranja.

Tabla 2.

Resultado de las pruebas químicas.

	Saponina	Semilla	Cáscara
Lieberman-Burchard	-	+	+
Baljet	-	+	-
Hidroxamato férrico	-	+	+
Shinoda	-	+	+
Cloruro férrico	-	+	+
Antrona	+	+	+
Dragendorff	-	-	-
Espuma	+	-	-

3.3. Eficacia del desinfectante para E. coli.

Comprobado de forma cualitativa la existencia de compuestos que ayudan a la eliminación de bacterias Gram (+) y Gram (-), se procedió a verificar la eficacia de estos frente a E. Coli, mostrados en la tabla 3, donde se evidencia que la combinación de semillas y cáscaras de naranja en una relación de (1:1), obtuvo mejores resultados frente a los demás tipos de desinfectantes.

Tabla 3.

Ufc de Escherichia coli residual tratados con el desinfectante natural macerado con etanol al 70 % y éter de petróleo.

Ufc/mL Inicial	Tipo de desinfectante	Tiempo de contacto	Etanol al 70 % Ufc/mL ± D.E. (*)	Éter de petróleo Ufc/mL ± D.E. (*)
Ufc/mL Alta (15,0 x 10 ⁸)	Saponina	5 min	19670 ± 5,66	28185 ± 0,71
		10 min	13570 ± 5,66	21585 ± 3,54
	Semilla	5 min	935 ± 2,12	21605 ± 2,12
		10 min	0	17065 ± 4,95
	Cáscara	5 min	23770 ± 2,83	24320 ± 2,83
		10 min	19225 ± 3,54	18195 ± 2,12
	Saponina y semilla	5 min	7480 ± 2,83	18110 ± 5,66
		10 min	0	10140 ± 4,24
	Saponina y cáscara	5 min	15615 ± 7,78	18115 ± 6,36
		10 min	13780 ± 2,83	12225 ± 6,36
	Semilla y cáscara	5 min	7690 ± 18,38	15315 ± 2,12
		10 min	0	9995 ± 0,71
Saponina, semilla y cáscara	5 min	2675 ± 2,12	18260 ± 5,66	
	10 min	415 ± 2,12	10075 ± 3,53	
Ufc/mL Media (9,0 x 10 ⁸)	Saponina	5 min	11245 ± 23,33	23680 ± 1,41
		10 min	6555 ± 0,70	16195 ± 2,12
	Semilla	5 min	290 ± 1,41	16325 ± 4,95
		10 min	0	10355 ± 2,12
	Cáscara	5 min	12160 ± 2,83	17610 ± 1,41
		10 min	5595 ± 6,36	13585 ± 3,53
	Saponina y semilla	5 min	4475 ± 3,54	13705 ± 4,95
		10 min	0	4795 ± 3,53
	Saponina y cáscara	5 min	11090 ± 2,83	12835 ± 0,71
		10 min	8290 ± 8,48	9540 ± 1,41
	Semilla y cáscara	5 min	4140 ± 2,83	10315 ± 3,53
		10 min	0	5530 ± 2,83
Saponina, semilla y cáscara	5 min	2505 ± 27,58	13785 ± 4,95	
	10 min	75 ± 3,54	9800 ± 2,83	
Ufc/mL Baja (6,0 x 10 ⁸)	Saponina	5 min	9120 ± 15,56	15200 ± 4,24
		10 min	2790 ± 2,83	11685 ± 3,53
	Semilla	5 min	0	13545 ± 4,95
		10 min	0	5245 ± 3,53
	Cáscara	5 min	7780 ± 2,83	13755 ± 4,95
		10 min	5150 ± 18,38	9210 ± 2,83
	Saponina y semilla	5 min	3945 ± 7,78	8300 ± 4,24
		10 min	0	5330 ± 4,24
	Saponina y cáscara	5 min	9155 ± 7,78	9480 ± 2,83
		10 min	4760 ± 14,14	5420 ± 4,24
	Semilla y cáscara	5 min	2770 ± 14,14	6090 ± 4,24
		10 min	0	5070 ± 5,66
Saponina, semilla y cáscara	5 min	1630 ± 9,89	9205 ± 4,95	
	10 min	0	6175 ± 4,95	

(*): La media se obtuvo de 2 repeticiones.

A través del análisis de varianza se ha establecido que existe diferencia significativa entre los tratamientos es decir un valor de $p < 0,05$, para todas las variables independientes. Lo cual nos indicó que estas variables influyen en la eficacia del desinfectante. Se procede a realizar la prueba de Tukey identificando que el mejor efecto, se logró utilizando un desinfectante macerado con etanol al 70 %, con una carga microbiana baja (6×10^8 Ufc/mL), con el desinfectante a base de semilla y cáscara, con un tiempo de contacto de 10 minutos. Así mismo, se reporta la desviación estándar de cada resultado lo cual nos indica que la población en estudio es poco dispersa y bastante homogénea.

3.4. Eficacia del desinfectante para S. aureus

Así mismo, se comprobó la eficacia de estos extractos hidroalcohólicos frente a la bacteria (Staphylococcus aureus), mostrados en la tabla 4, donde se evidencia una mayor eficacia utilizando el extracto macerado con etanol al 70%.

Tabla 4.

Ufc de Staphylococcus aureus residual tratados con el desinfectante natural obtenido con etanol al 70% y éter de petróleo.

Ufc/mL Inicial	Tipo de desinfectante	Tiempo de contacto	Etanol al 70 %	Éter de petróleo
			Ufc/mL ± D.E. (*)	Ufc/mL ± D.E. (*)
Ufc/mL Alta (15,0 x 10 ⁸)	Saponina	5 min	22170 ± 4,24	31225 ± 7,78
		10 min	15940 ± 2,83	22840 ± 1,41
	Semilla	5 min	4480 ± 2,83	16895 ± 4,95
		10 min	885 ± 2,12	9780 ± 5,66
	Cáscara	5 min	17810 ± 1,41	39240 ± 5,66
		10 min	14350 ± 5,66	16305 ± 3,53
	Saponina y semilla	5 min	12755 ± 3,54	31320 ± 5,66
		10 min	2435 ± 3,54	22645 ± 4,95
	Saponina y cáscara	5 min	21110 ± 8,49	40570 ± 8,48
		10 min	14280 ± 5,66	21780 ± 7,07
	Semilla y cáscara	5 min	3885 ± 2,12	16325 ± 6,36
		10 min	420 ± 2,83	10800 ± 4,24
Saponina, semilla y cáscara	5 min	4900 ± 4,24	25930 ± 2,83	
	10 min	865 ± 3,54	15840 ± 1,41	
Ufc/mL Media (9,0 x 10 ⁸)	Saponina	5 min	16050 ± 5,66	21745 ± 2,12
		10 min	8140 ± 4,24	13885 ± 6,36
	Semilla	5 min	2545 ± 2,12	13460 ± 2,83
		10 min	0	5820 ± 4,24
	Cáscara	5 min	15240 ± 4,24	33945 ± 4,95
		10 min	14860 ± 2,83	23220 ± 4,24
	Saponina y semilla	5 min	7695 ± 4,95	26665 ± 4,95
		10 min	0	16900 ± 4,24
	Saponina y cáscara	5 min	15830 ± 5,66	38800 ± 5,66
		10 min	13640 ± 4,24	31465 ± 3,53
	Semilla y cáscara	5 min	1345 ± 3,54	14890 ± 2,83
		10 min	425 ± 2,12	12190 ± 5,66
Saponina, semilla y cáscara	5 min	3300 ± 4,24	19885 ± 3,53	
	10 min	0	9160 ± 2,83	
Ufc/mL Baja (6,0 x 10 ⁸)	Saponina	5 min	5855 ± 7,78	16355 ± 2,12
		10 min	2835 ± 4,95	12390 ± 7,07
	Semilla	5 min	970 ± 4,24	9150 ± 4,24
		10 min	0	0
	Cáscara	5 min	7770 ± 4,24	23305 ± 2,12
		10 min	3910 ± 4,24	17890 ± 7,07
	Saponina y semilla	5 min	1590 ± 4,24	16315 ± 3,53
		10 min	0	0
	Saponina y cáscara	5 min	9190 ± 4,24	27960 ± 4,24
		10 min	4910 ± 2,83	16395 ± 7,78
	Semilla y cáscara	5 min	725 ± 3,54	4865 ± 10,61
		10 min	0	0
Saponina, semilla y cáscara	5 min	2605 ± 20,51	5835 ± 10,61	
	10 min	70 ± 2,83	660 ± 2,83	

(*): La media se obtuvo de 2 repeticiones.

De igual forma en el análisis de la eficacia de los extractos hidroalcohólicos frente a (*Staphylococcus aureus*), se evidencia en su análisis de varianza que todas las variables influyen en la eficacia por lo tanto existe un valor de $p < 0,05$, para todas las variables independientes. Acto seguido se procede a realizar la prueba de Tukey demostrando que el mejor efecto, se logró con el desinfectante macerado con etanol al 70 %, con una carga microbiana baja (6×10^8 Ufc/mL), con el desinfectante a base de semilla, con un tiempo de contacto de 10 minutos.

4. DISCUSIONES

Los rendimientos obtenidos en el trabajo de (Jiménez, et. al., 2017). Quienes hicieron un extracto etanolico a partir de diversas cáscaras de cítricos. Reportaron valores de 11 y

7,88 % de las fracciones etanólicas y etéreas respectivamente. Comparado con estos resultados, la fracción etérea obtenida tuvo mucho menor rendimiento, por lo que el cítrico empleado en ese estudio pudo ser diferente a los empleados en el presente trabajo. En cuanto a las semillas de naranja en la fracción etérea se observa que obtiene un mayor rendimiento frente a los otros 2 desinfectantes, en la fracción etanólica se observa de igual forma un mayor rendimiento en comparación con los otros 2 desinfectantes. Pero tanto en la fracción etérea como etanólica, la cantidad de alcaloides encontrados en el desinfectante de semillas son mayores que los otros 2. Ello demuestra la eficacia de este desinfectante.

En el trabajo realizado por (Mantell y Casas, 2020), en donde utilizaron acetato de etilo (un solvente menos polar que el etanol y más polar que el éter de petróleo) para extraer los metabolitos de cáscaras de mandarina y toronja, se obtuvieron rendimientos de 2,44 % y 1,57 % respectivamente. Estos rendimientos son más bajos que los obtenidos en este trabajo por la fracción etérea y etanólica, apoyando la sugerencia planteada que a mayor polaridad del solvente se extrae una mayor cantidad de metabolitos (saponina, aldehídos, cetonas, ésteres, flavonoides, sustancias azufradas y nitrogenadas) y por lo tanto se mejora el rendimiento de los extractos.

(Bucay, 2018), nos dice que las pruebas químicas preliminares realizadas a diferentes partes de las plantas son pruebas cualitativas que sirven para determinar algunos metabolitos entre ellos, terpenos, esteroides, triterpenos, glicósidos, cumarinas, flavonoides, carbohidratos y glucósidos de flavonoides. Que ayudan a realizar una posterior investigación cuantitativa de dichos compuestos. En esta investigación se logró identificar la mayoría de estos metabolitos secundarios dando positivo a algunas pruebas preliminares.

Según (Jiménez-Zurita, et, al., 2016), nos dice que la desviación estándar de un trabajo de investigación realizado en laboratorio debe encontrarse cercanos a cero, para considerarse datos fiables y cercanos entre sí En esta investigación se reporta valores variado algunos cercanos y otros no tan cercanos a cero, evidenciando la teoría del autor.

5. CONCLUSIONES

Analizado los datos se pudo determinar el rendimiento de los extractos etanólicos elaborados a partir de residuos de quinua, cáscaras y semillas de naranja fueron, 5,40, 4,37, 7,17%, respectivamente. Así mismo, el rendimiento de los extractos etéreos elaborados a partir de residuos de quinua, cáscaras y semillas de naranja fueron, 2,213, 1,032, 3,505%, respectivamente. Siendo para *Escherichia coli* el mejor efecto, con un extracto etanólico al 70 %, con una carga microbiana baja (6×10^8 Ufc/mL), con el desinfectante a base de semilla y cáscara, con un tiempo de contacto de 10

minutos. Mientras, que para *Staphylococcus aureus* el mejor efecto, se logró con un extracto etanólico al 70%, con una carga microbiana baja (6×10^8 Ufc/mL), con el desinfectante a base de semilla, con un tiempo de contacto de 10 minutos. Es así que los extractos hidroalcohólicos obtenidos a partir de cáscaras y semilla de naranja evidencia una eficacia frente a las dos cepas representativas en alimentos *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aza, J., (2019). Evaluación bacteriana en utensilios y manos de los expendedores de carne de res en mercados de la ciudad - puno 2018. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Barahona, C, y Buña, D., (2020). Estudio químico y actividad antioxidante de la pulpa del mate. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Bucay, L., (2018). Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de mentha frente a candida albicans. Tesis de pregrado. Universidad Regional Autónoma de los Andes. Ecuador.
- Constantino, I., (2015). Desinfección de *Escherichia Coli* en muestras fortificadas de agua mediante foto-fenton. Tesis de pregrado. Universidadde Quintana Roo. México.
- Franco, G., (2019). Valorización de la cáscara de cítricos como fuente de antioxidantes para la industria alimentaria mediante el empleo de procesos de extracción no convencionales. Tesis de pregrado. Universidad nacional de Colombia. Colombia.
- Gonzales, M., (2018). Determinación de ácidos grasos, compuestos fenólicos y efecto gastroprotector de semillas de uva (*vitis vinífera*) variedad malbec, sub producto de la industria vitivinícola, Ica-Perú. Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima - Perú.
- Hernández Sampieri, R. F. (2014). Metodología de la investigación. Editorial Mc Graw Interamericana.
- Huanquis, L. y León, M., (2015). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos metanólicos de las hojas y flores de la especie vegetal mastuerzo (*tropaeolum majus l.*) frente al crecimiento de microorganismos (*escherichia coli* y *staphylococcus aureus*). Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- Jiménez, A., (2017). Actividad antimicrobiana de cáscaras y semillas de Citrus limonia y Citrus sinensis. Revistas biológicas. 39(106): 53.59. DOI. 10.17533/udea.acbi.v39n106a05
- Jiménez-Zurita, J., (2016). Caracterización de frutos de guanabana (*Annona muricata L.*) en Tepic, Nayarit, México. Revista mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(6): 1261-1270.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artt_ext&pid=S2007-09342016000601261
- Juárez, M., (2018). Identificación de metabolitos secundarios de Eichhornia Crassipes (Jacinto de Agua) del Río Chira, Sullana. Universidad San Pedro. Sullana-Perú.
- Mantell, C. y Casas, L., (2020). Estudio de la extracción a alta presión de activos de piel de limón y su posible uso en la impregnación de CO₂ supercrítico en la obtención de envases activos para su uso alimentario. Tesis de pregrado. Universidad de Cádiz.
- Martinez, A., (2016). Obtención y caracterización de extracto etanólico de hamelia patens jacq. para aplicación tópica. Tesis de posgrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Mina, A., (2018). Evaluación de las propiedades funcionales de concentrados proteicos de hojas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP-Tunkahuan obtenidos con dos procedimientos de extracción. Tesis de pregrado. Universidad Central del Ecuador. Ecuador.
- Molina, J. y Vilchez, M., (2015). Comparación en el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) utilizando alimento para tilapia: alimento comercial al 28 % proteína más harina de cáscara de naranjas vs. alimento comercial para tilapia al 28 % proteína. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua.
- Navarro, E., (2018). Guía de laboratorio de bromatología y microbiología de alimentos. Tesis de posgrado. Facultad ciencia de la salud. Colombia.
- Palpa, D. y Fernandez, C., (2019). Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de Muehlenbeckia tamnifolia (kunth) Meisner (Guano) frente a cepas de *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*. Tesis de pregrado. Universidad Inca Garcilaso de la vega. Perú.

Diseño y construcción de un prototipo para fermentación higiénica de tocosh de papa (*Solanum tuberosum*)

Design and construction of a prototype for hygienic fermentation of potato tocosh (*Solanum tuberosum*)

Ramos Gómez, Juan Federico^{a*}, Yábar Villanueva, Emilio Fredy^a, Ccora Huamán, Ángela Margot^a

^aFacultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor correspondiente: jramos@uncp.edu.pe

Resumen: Para el proceso de diseño del fermentador de tocosh se utilizó las fases sugeridas por Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote, (2007). Se dio inicio con la identificación de necesidades, a partir del diálogo con los productores de tocosh asentados en Junín y Huánuco, seguido de la clarificación de la tarea, que concluyó en la generación de las especificaciones técnicas como insumo fundamental para las fases posteriores. El diseño conceptual fue la fase que permitió establecer las estructuras necesarias y las funciones de cada uno de los componentes, se continuó con la fase de diseño de materialización donde se completó los detalles del diseño definitivo, y durante la etapa de diseño de detalle se desarrolló los esquemas y planos del producto final, como el conjunto de dibujos de disposición general y específicos que permitieron la fabricación del prototipo. Las pruebas a las que fue sometido el prototipo indican que este tiene una capacidad de 25 kg por carga, el tiempo de fermentación fue de 30 días, el equipo es completamente higiénico puesto que fue fabricado en acero inoxidable y por la forma que posee facilita la limpieza y desinfección del tanque de fermentación.

Frases clave: Tocosh, Fermentador tocosh, Fermentador papa, Fermentador piloto

Abstract: For the design process of the tocosh fermenter, the phases suggested by Pahl, Beitz, Feldhusen and Grote, (2007) were used. It began with the identification of needs, from the dialogue with the tocosh producers settled in Junín and Huánuco, followed by the clarification of the task, which concluded in the generation of technical specifications as a fundamental input for the subsequent phases. The conceptual design was the phase that allowed to establish the necessary structures and the functions of each of the components, the materialization design phase was continued where the details of the final design were completed, and during the detailed design stage, the the diagrams and drawings of the final product, such as the set of general and specific layout drawings that allowed the prototype to be manufactured. The tests to which the prototype was subjected indicate that it has a capacity of 25 kg per load, the fermentation time was 30 days, the equipment is completely hygienic since it was manufactured in stainless steel and due to its shape it facilitates the cleaning and disinfection of the fermentation tank.

Key phrases: Tocosh, Tocosh fermenter, Potato fermenter, Pilot fermenter.

1. Introducción

El diseño de ingeniería para el desarrollo de una máquina debe enfrentarse de manera multidisciplinaria, con equipos cuyos integrantes sean cooperantes o colaborativos y vean el proceso de manera sistémica, a partir de sus calificaciones y competencias en el manejo de métodos y herramientas de ingeniería como la teoría de máquinas y mecanismos, cálculo y simulación, soluciones constructivas, accionamientos y su control, aplicación de materiales, tecnologías de fabricación, técnicas de representación, ergonomía, seguridad y reciclabilidad (Koski, 2021; Baschi, Inkermann y Vietor, 2019; Riba, 2002).

El diseño es un proceso que pueden lograr inventores, aficionados, empresarios y seres humanos comunes. Sin embargo, cuando el proceso se aplica a sistemas complejos creados por el hombre, este involucra a la ingeniería. El diseño de ingeniería es un proceso creativo, contingente y de resolución de problemas que incluye componentes tecnológicos y sociales necesarios para la realización del producto. Los responsables del diseño de ingeniería son ingenieros (Adams, 2015), que dentro del proceso complejo de diseño combinan creatividad pensamiento, experiencia, intuición y análisis cuantitativo (Ishii, 1988). Como ingrediente técnico clave en el proceso de realización del producto, el diseño de ingeniería tiene la responsabilidad de determinar en detalle cómo se fabricarán los productos para cumplir con los objetivos de rendimiento y calidad para el cliente a un costo que permita un precio competitivo (NRC, 1991).

El diseño de ingeniería tiene componentes tanto tecnológicos como sociales. El componente tecnológico incluye conocimientos sobre ciencias de la ingeniería, métodos de diseño, modelos de ingeniería, materiales, fabricación y computadoras. El componente social incluye la organización y cultura corporativas, los métodos de diseño del equipo, la naturaleza de la tarea de diseño y del diseñador, los atributos del cliente y la participación de los empleados (NRC, 1991), sin embargo, el diseño de ingeniería debe ser considerado siempre como un proceso contingente, sujeto a complicaciones e influencias imprevistas a medida que se desarrolla el diseño. Los resultados precisos del proceso no se pueden deducir de su objetivo inicial. El diseño no es, como algunos libros de texto nos hacen creer, un proceso secuencial formal que se puede resumir en un diagrama de bloques (Ferguson, 1994).

Según Ulrich y Eppinger (2012), las especificaciones de diseño son los requisitos que debe cumplir un producto y que permiten al diseñador definir y comprender el problema que está tratando de resolver.

La ingeniería se define como la aplicación creativa de principios científicos para diseñar o desarrollar estructuras, máquinas, aparatos o procesos de fabricación, o trabajos que los utilicen individualmente o en combinación; o para construir u operar el mismo con pleno conocimiento de su

diseño; o pronosticar su comportamiento en condiciones operativas específicas; todo con respecto a una función prevista, economía de funcionamiento y seguridad para la vida y la propiedad. El diseño consta esencialmente de dos partes, la primera sobre el concepto y la creatividad en la elaboración del esquema y luego la segunda parte sobre la aplicación de la ciencia para realizar un diseño analítico (Rao, 2017).

La contribución integrada del diseño de ingeniería y el diseño industrial es esencial para lanzar productos exitosos al mercado, sin embargo, tienen prácticas considerablemente diferentes, con enfoques de alguna manera opuestos entre sí (Kwan-Myunq y Kun-Pyo, 2016). El rol de los diseñadores industriales incluye mejorar la experiencia del usuario de un producto desarrollando sus formas e interfaz externas, empleando conocimientos y habilidades en estética y ergonomía (Ulrich & Eppinger, 2012; Eder, 2013), en cambio los diseñadores de ingeniería desarrollan soluciones técnicas para colocar y operar partes funcionales internas, proporcionan un medio para que el producto funcione, sea confiable y se fabrique, para este efecto, aplican sus conocimientos científicos y de ingeniería a la solución de problemas técnicos, de optimización de soluciones dentro de los requisitos y limitaciones establecidos por consideraciones materiales, tecnológicas, económicas, legales, ambientales y humanas (Hubka & Eder, 2012; Pahl, Wallace & Blessing, 2007; Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote, 2007).

El diseño es una actividad de ingeniería interesante que: afecta a casi todas las áreas de la vida humana, utiliza las leyes y conocimientos de la ciencia, se basa en una experiencia especial, proporciona los requisitos previos para la realización física de ideas de solución y requiere integridad y responsabilidad profesionales. El diseño de ingeniería se considera el centro, que recibe por una parte el aporte de la política, de la sociología, psicología, por otra de ciencia y de la ciencia de la ingeniería, y una tercera arista aportada por el arte, la arquitectura, y el diseño industrial. El output es la producción de los equipos las máquinas facilitada por la tecnología de la ingeniería (Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote, 2007).

Koski (2021) sostiene que los pasos en el proceso de diseño de ingeniería son: definir el problema, generar soluciones alternativas, evaluarlas, seleccionar una solución, detallar el diseño, diseñar la defensa, fabricar y probar, evaluar el desempeño y preparar el informe de diseño final; mientras Beschin, Inker y Vietor, (2019) plantean el proceso definido en tres pasos esenciales: diagnóstico del problema con un análisis del problema basado en relaciones causa-efecto, en el segundo paso decisión donde se evalúan y determinan los cambios necesarios, finalmente solución del problema etapa que define los objetivos de mejora y se derivan las medidas de optimización, todo basado en herramientas de software como plataforma de trabajo colaborativo que permita iniciar y coordinar reflexiones y adaptaciones.

Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote, (2007) proponen cuatro pasos fundamentales para el proceso de diseño y desarrollo de equipos y máquinas. La clarificación de la tarea que tiene como insumo las necesidades recogidas de la sociedad y desemboca en la generación de especificaciones técnicas. Estas últimas son la base para el desarrollo del segundo paso el diseño conceptual, donde se establece las funciones y estructuras, se plantean los principios de solución y sus combinaciones. El tercer paso denominado diseño de materialización donde se divide el todo en módulos realizables, se desarrollan los diseños de los módulos clave (diseños preliminares), y se completa todo el diseño (diseño definitivo), finalmente el diseño de detalle que tiene como insumo el diseño definitivo que es utilizado para la preparación de la producción y las instrucciones de operación (documentación del producto).

La Norma de la Asociación de Ingenieros Alemana (1987), mencionado por Blanco (2018), Propone una metodología muy parecida al de Pahl, et al., (2007) basada en siete pasos: definición y clarificación de la tarea que da lugar a la propuesta de las especificaciones técnicas, estructura funcional donde se establecen las estructuras y sus funciones, principios de solución en el que se analizan las diversas propuestas de solución planteadas, estructura modular donde se divide el total en módulos realizables, diseño preliminar donde se desarrollan los diseños de los módulos clave, diseño definitivo que permite integrar los diseños de las partes y diseño de detalle que se utiliza para iniciar la producción.

Adams (2015) en función de lo sugerido por Asimow (1962), plantea tres etapas implicadas con la fase de diseño y cuatro etapas relacionadas con la fase de producción. El proceso se da inicio con la identificación de las necesidades (de los clientes, en suma la sociedad), seguido del análisis de factibilidad o viabilidad etapa donde se plantea un conjunto de soluciones útiles al problema de diseño; el diseño preliminar para establecer cuál de las alternativas ofrecidas posee el mejor concepto de diseño y el diseño al detalle que permite proporcionar la descripción de ingeniería de un diseño probado y producible. La fase de producción se inicia con el plan de fabricación, el plan de distribución, plan de consumo y plan de retirada del mercado.

French (1999), plantea un proceso en diagrama de bloques que se inicia con la necesidad a satisfacer, con la mayor precisión posible o deseable, seguido de un análisis del problema es una parte pequeña pero importante del proceso general. El resultado es una declaración del problema y puede tener tres elementos: a) una declaración del problema de diseño propiamente dicho, b) limitaciones impuestas a la solución, como códigos de práctica, requisitos legales, estándares de los clientes, fecha de finalización, etc y c) el criterio de excelencia a trabajar. Entre ellos la confiabilidad, eficiencia, seguridad, etc., que en el fondo se reducen a costos. El diseño conceptual es la fase que sigue y se constituye en el tema principal del proceso. Aquí se generan las soluciones diversas al problema. Es la fase que más exige

al diseñador y donde hay más margen para mejoras notables. Es la fase en la que es necesario unir la ciencia con la ingeniería, los conocimientos prácticos, los métodos de producción y los aspectos comerciales, y donde se toman las decisiones más importantes. La realización de esquemas con mayor detalle, el producto final suele ser un conjunto de dibujos de disposición general. Finalmente, detalles, fase en la que quedan por decidir un gran número de puntos pequeños pero esenciales, con el fin de reducir retrasos, gastos o incluso fallas.

De acuerdo a Ullrich, Eppinger & Yang (2019), el proceso se inicia con la identificación de oportunidades (necesidades), un insumo vital para el desarrollo del concepto, donde se generan y evalúan conceptos de productos alternativos y se seleccionan uno o más conceptos para su posterior desarrollo y prueba; donde concepto es una descripción de la forma, función y características de un producto y generalmente va acompañado de un conjunto de especificaciones. Diseño a nivel del sistema esta fase de diseño incluye la definición de la arquitectura del producto, la descomposición del producto en subsistemas y componentes, el diseño preliminar de los componentes clave y la asignación de la responsabilidad del diseño detallado a los recursos internos y externos. La fase de diseño de detalle que incluye la especificación completa de la geometría, los materiales y las tolerancias de todas las piezas únicas del producto y la identificación de todas las piezas estándar que se comprarán a los proveedores. El resultado de esta fase es la documentación de control del producto, los dibujos o archivos de computadora que describen la geometría de cada pieza y sus herramientas de producción, las especificaciones de las piezas compradas, la cadena de suministro de producción y los planes de proceso para la fabricación y el ensamblaje. Fase de prueba y refinamiento implica la construcción y evaluación de múltiples versiones de preproducción del producto. Los prototipos Alpha se utilizan para determinar si el producto funcionará según lo diseñado y si el producto satisface las necesidades clave del cliente, finalmente la fase aceleración de la producción destinada a la fabricación del producto utilizando el sistema de producción previsto. Para Ullman (2010), las fases de diseño de un producto o maquinaria se inicia con la identificación de la necesidad, dictado por un requisito del mercado, el desarrollo de una nueva tecnología o el deseo de mejorar un producto existente. Planificación del proceso consiste en planificar para que los recursos de dinero, personas y equipo de la empresa puedan asignarse y contabilizarse y favorezcan el desarrollo de un producto eficiente. Definición del producto, el objetivo aquí es comprender el problema y sentar las bases para el resto del proyecto de diseño el producto es el conjunto de especificaciones que permitan desarrollar conceptos que ahorren tiempo, dinero y alcance la calidad deseada. Diseño conceptual, fase importante en el desarrollo de un producto, ya que las decisiones que se toman aquí afectan a todas las fases posteriores. Aquí los requisitos del cliente sirven como base para desarrollar un modelo funcional del producto. Desarrollo de producto, que

consiste en convertir un concepto en un producto fabricable que es el desafío de ingeniería. Esta fase finaliza con las especificaciones de fabricación y el lanzamiento a producción.

Para Blanco (2018), el proceso de diseño se describe mejor como una espiral de mejora continua y de aproximaciones sucesivas de las fases críticas de: plantear, definir, desarrollar, construir (fabricar), evaluar, decidir, volviendo nuevamente a la fase de definir, pero con un segundo nivel ciclo espiral Figura 1.

Los prototipos son claramente artefactos críticos en el proceso de diseño, que ayudan a los diseñadores y equipos de diseño a avanzar hacia un producto finalizado, estos van desde aquellos de baja fidelidad compuesto por modelos físicos simples hasta los de alta fidelidad, que son dispositivos o sistemas en pleno funcionamiento y son utilizados para comunicar ideas y recopilar comentarios de los usuarios y tiene un impacto positivo en la calidad del producto. Las tres funciones principales de los prototipos son: 1) catalizar el aprendizaje durante el diseño funcional del subsistema; 2) actuar como variables de decisión en la optimización de la planificación y el desarrollo de productos; y 3) permitir interacciones más ricas y profundas entre diseñadores y usuarios finales (Menold, Jablow & Simpson, 2017).

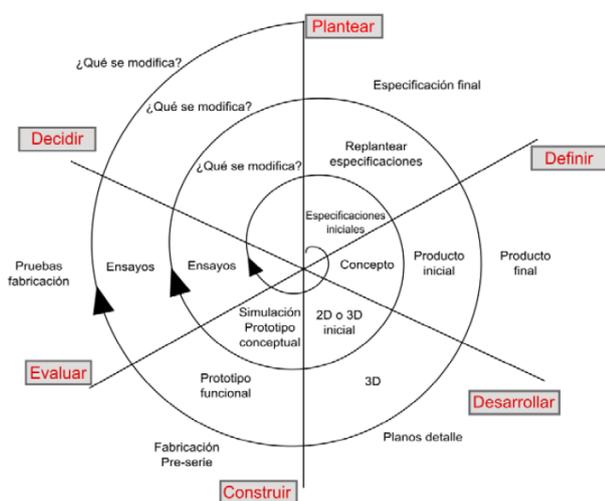


Figura 1: Proceso de diseño de productos (Blanco, 2018)

2. Materiales y métodos

Lugar de ejecución

El diseño del equipo y el desarrollo de esquemas preliminares y planos se realizó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la FAIIA/UNCP.

Procedimiento

En función de lo sugerido por Koski (2021); Beschin, Inker y Vietor, (2019); Ullrich, Eppinger & Yang (2019); Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote, (2007); Adams (2015); French

(1999); Ullman (2010) y Blanco (2018) las necesidades para el inicio del proceso de diseño del equipo fueron recogidas de los clientes, constituido por los productores de tocosh, asentados en la zonas alto andinas de los departamentos de Huánuco, Junín y Huaraz, con quienes se tuvo la oportunidad de conversar, a la vez, visitar sus zonas de producción donde se pudo observar que las pozas de fermentación indefectiblemente se encuentran en la ribera de un río o asequia de donde se proveen de agua corriente. La forma de las pozas observadas fue en su mayor parte cilíndricas con diámetro que va de 1,0 a 1,7 m de diámetro, y algunas de forma cúbica con dimensiones de 1,0 a 1,5 m de lado. La profundidad varía desde 1,0 a 1,5 m de acuerdo a lo manifestado por los productores, porque en el momento de la visita las pozas estaban en operación y fue difícil tomar estas últimas medidas.

Las paredes de las pozas muestran una cobertura de ichu o paja al igual que la tapa superior, sobre esta cobertura superior acostumbran colocar piedras para evitar que el viento levante la cubierta.

El flujo de agua hacia y desde la poza es constante, con caudales variados en cada poza observada en función de la disponibilidad de agua y de la etapa de fermentación en la que se encuentran los tubérculos.

Esta información fue fundamental para el inicio del proceso de diseño del fermentador de tocosh. Los componentes fundamentales considerados para el fermentador fueron: una poza o tanque de fermentación higiénica dotado con una tapa, chaqueta entre la pared interior y exterior del fermentador para control de temperatura con uso de agua helada, conducto para ingreso y salida constante de agua a la poza de fermentación, un agitador para remoción facultativa de papa en fermentación, contenida en el interior de la poza o tanque de fermentación. Todos estos componentes como un todo y como partes servirán para emular la fermentación de la papa orientada a la producción de tocosh, pero en condiciones completamente higiénicas.

Para el proceso de diseño se utilizó las fases sugeridas por Ullrich, Eppinger & Yang (2019), que indica que esta debe iniciarse con la identificación de oportunidades (necesidades) conocido por Pahl, Beitz, Feldhusen y Grote, (2007) como clarificación de las tares, por Koski (2021) como definir el problema, por Beschin, Inker y Vietor, (2019) como diagnóstico del problema, Adams (2015) identificación de las necesidades de los clientes, o French (1999) necesidad a satisfacer. La visita los lugares de producción, la observación directa de las pozas de fermentación y la conversación con los productores respecto al proceso de elaboración del tocosh permitió configurar estas necesidades como aspecto fundamental e insumo que sirvieron para alimentar las siguientes fases del proceso de diseño: como el desarrollo del concepto, el diseño a nivel de sistema, diseño de detalle, prueba y refinamiento y aceleración de la producción.

3. Resultados

Desarrollo del concepto. La figura 2 muestra el esbozo a mano alzada del diseño de la poza de fermentación y los componentes que le brindarán la funcionalidad requerida, todo esto como respuesta a las estructuras y funciones requeridas identificadas en la etapa de procedimiento.

Se observa que el tanque de fermentación tiene doble pared metálica una interior (1) y otra exterior (2) y un espacio entre estas dos al que denominados chaqueta (3), que servirá para la circulación de agua helada. Existe una tubería para el acceso y salida de agua helada a la chaqueta (4 y 5) y otra tubería para el ingreso y salida de agua hasta la poza de fermentación que contendrá la papa (6 y 7).

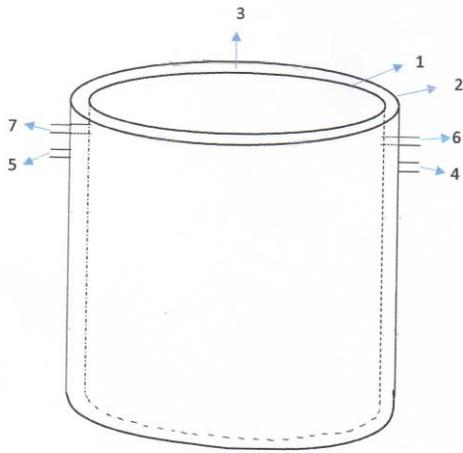


Figura 2: Trazado a mano alzada de fermentador

Del mismo modo, la figura 3 evidencia los componentes del agitador trazados a mano alzada, donde se observa el eje (9) y las paletas (10) del agitador que tienen una forma peculiar para facilitar una agitación sumamente lenta pero efectiva de la papa en fermentación.

Luego se tiene el soporte del tanque de fermentación, que lo mantendrá suspendido en el aire. La figura 4 muestra la estructura principal de metal (11) y los tubos salientes (12) a donde será insertado el tanque a través de tubos de mayor diámetro, de manera que pueda tener articulación para facilitar el vaciado de la papa fermentada por volcado del tanque. El producto principal de esta fase son las especificaciones técnicas evidenciadas en los diferentes esquemas desarrollados a mano alzada, para este efecto fue necesario unir la ciencia con la ingeniería, los conocimientos prácticos, los métodos de producción y los aspectos comerciales, donde también se tomaron las decisiones más importantes, actividades avaladas por French (1999).

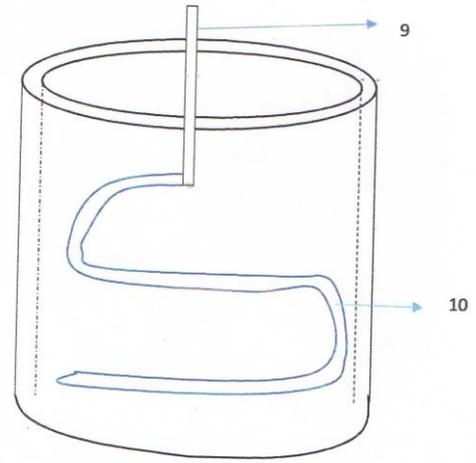


Figura 3: Trazo a mano alzada de agitador

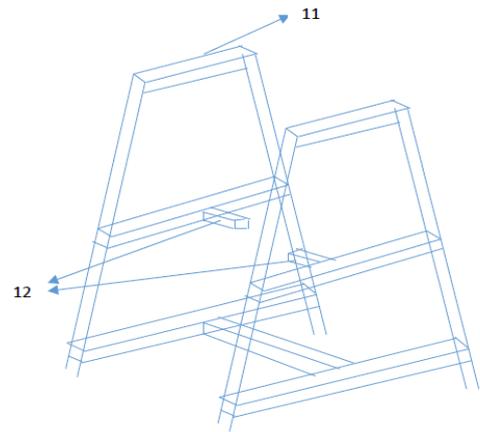


Figura 4: Trazo a mano alzada de estructura principal

Diseño a nivel de sistema. Es fase de acuerdo con Ullrich, Eppinger & Yang (2019) incluyó la definición de la arquitectura del producto, la descomposición del producto en subsistemas y componentes, se mejoró el diseño preliminar de los componentes clave figura 5. También acorde a la sugerencia de French (1999) se desarrollaron los esquemas con mayor detalle del producto final como un conjunto de dibujos de disposición general, los que se muestran en la figura 6 fueron desarrollados utilizando el software de Solid Works.

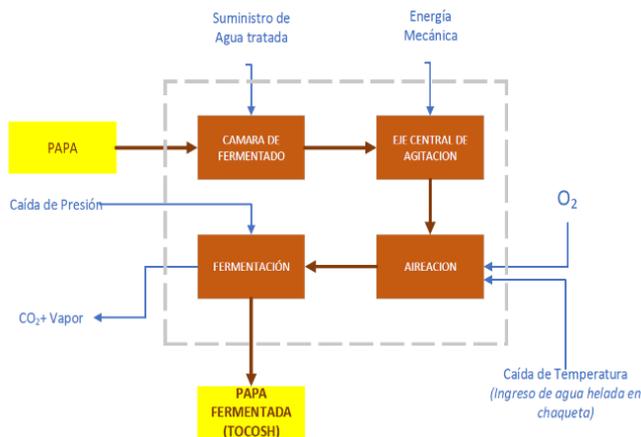


Figura 5: Estructura de funciones para la fabricación de fermentador



Figura 6: Disposición general del equipo en diseño

Aquí se evidencia el ensamble de los componentes independientes que se esbozaron a mano alzada en la fase anterior. Se tiene un mayor detalle respecto a la disposición de la tapa, el montaje del tanque de fermentación, la necesidad de incorporar un motor al agitador equipado con un variador de velocidad que permita obtener velocidades de agitación bastante bajas, el soporte del motor, el brazo de basculación del tanque, la forma del soporte principal, etc.

Diseño de detalle. De acuerdo Ullrich, Eppinger & Yang (2019) en esta fase se desarrolló la especificación completa de la geometría, los materiales y las tolerancias de todas las piezas del producto y la identificación de todas las piezas estándar que se adquirirán a los proveedores. El resultado de esta fase fue la documentación de control del producto, los dibujos o archivos de computadora que describen la geometría de cada pieza y sus herramientas de producción,

las especificaciones de las piezas a comprar, la cadena de suministro de producción y los planes de proceso para la fabricación y el ensamblaje.

Estos documentos según Ullman (2010) permitieron convertir un concepto en un producto fabricable que ahora se constituye en el desafío para ingeniería.

Prueba y refinamiento. Esta fase requirió la fabricación a nivel piloto del fermentador de tocosh, en estricto cumplimiento del diseño de detalle. Este equipo prototipo permitió ser sometido a prueba de funcionamiento obteniéndose información valiosa que de acuerdo a Menold, Jablow & Simpson (2017), ayudaron al equipo de diseño a avanzar hacia un producto finalizado, toda vez que permitió comunicar ideas y recopilar comentarios de los potenciales usuarios que tendrá un impacto positivo en la calidad del producto. Estos resultados permitirán avanzar a la siguiente fase de aceleración del producto destinada a la fabricación del equipo utilizando sistemas de producción estandarizados para satisfacer la demanda de los productores de tocosh.

4. Discusiones

El proceso propuesto por Ullrich, Eppinger & Yang (2019), permitió la fabricación del equipo a nivel piloto y el desarrollo de las pruebas de funcionamiento correspondientes que de acuerdo a lo sostenido por Menold, Jablow & Simpson (2017), esta es la función que tienen los equipos piloto con el fin de obtener información fresca que permitan incorporar la corrección de errores de funcionamiento, de practicidad de operación y otros.

Las pruebas desarrolladas nos mostraron que el equipo tiene la capacidad para albergar 20 kg de papa por carga. El proceso de fermentación al que fue sometido indica que el equipo es totalmente higiénico, de fácil operación, bastante funcional para el desarrollo de investigaciones que demanden el manejo de varias variables independientes, y control exigente de estos. Se evidenció también la facilidad para la limpieza y el mantenimiento preventivo y correctivo.

5. Conclusiones

- Se visitó los lugares de producción ubicados en el departamento de Huánuco.
- Se diseñó el fermentador de tocosh haciendo uso de procesos de diseño y de ingeniería sugerido por autores de renombre internacional.
- Se materializó la fabricación del fermentador higiénico de tocosh de papa (*Solanum tuberosum*). Incorporando equipos que permiten controlar la temperatura de

fermentación, caudal de circulación de agua lixiviante, velocidad de agitación.

- El prototipo fabricado fue puesto en marcha y operación con el fin de someterlo a pruebas de funcionamiento, orientado a la optimización de parámetros de trabajo.
- El tiempo de fermentación para la elaboración de tocosh fue de 30 días.

6. Referencias bibliográficas

- Adams, K. (2015). *Non-functional Requirements in Systems Analysis and Design*. Ed. Springer. USA.
- Beschin, J., Inker, D. and, Vietor, T. (2019). *Agile Process Engineering to support Collaborative Design*. 29 th CIRP Design 2019. *Procedia CIRP* 84, 1035-1040.
- Eder, W. (2013). *Engineering Design vs. artistic design: some educational consequences*. *US-China Education Review. A*, 3, 259-280.
- Elmogahzy, Y. (2020). *Engineering textiles. Engineering design for sustainability in the textile and garment industry*, 119-155. Doi:10.1016/B978-0-08-102488-1.00006-X.
- Ferguson, E. (1994). *Engineering and the Mind's Eye*. MIT Press. Cambridge, MA.
- Hubra, V. & Eder, W. (2012). *Design Science: Introduction to the Needs. Scope and Organization of Engineering Design Knowledge*. Springer Science & Business Media.
- Ishii, K., Adler, R., & Barkan, P. (1988). *Application of design compatibility analysis to simultaneous engineering. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 2(1), 53–65.
- Kosky, P. (2021). *Introduction to engineering design*. En: *Exploring Engineering*. 481-488. Doi:10.1016/B978-0-12-815073-3.00021-1.
- Kwan-Myunq y Kun-Pyo. (2016). *Collaborative product design processes of industrial desing and engineering design in consumer product companies*. *Design Studies*. Doi:10.1016/j.destrud.2016.06.003.
- Menold, J., Jablokow, K. & Simpson, T. (2017). *Prototipe for X (PFX). A holistic framework for structuring prototyping methods to support engineering design*. *Design Studies*, 50, 70-112.
- NRC. (1991). *Improving engineering design: Designing for competitive advantage*. National Academy Press. Washington, DC.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, H. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3th ed. Springer.
- Pahl, G., Wallace, K., & Blessing, L. (2007). *Engineering design: A systematic approach*, Vol. 157. Springer.
- Rao, J. (2017). *Creativity in design Science to engineering model. Mechanism and Machine Theory*. Doi:10.1016/j.mechmachtheory.2017.08.023.
- Ulrich, K., Eppinger, S., Yang, M. (2019). *Product Design and Development*. 7th Ed. McGraw Hill, New York.
- Ulrich, K. & Eppinger, S. (2012). *Product Desing and Development*. 5th ed. McGraw-Hill. Irwin.
- Ullman, D. (2010). *The Mechanical Desing Process*. 4th ed. McGraw Hill. Boston.

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPA Y MAÍZ EN EL VALLE DEL MANTARO 2005 – 2018

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON POTATO AND CORN PRODUCTION IN THE MANTARO VALLEY 2005 - 2018

Gómez Herrera John Fred^{a*}, Limas Amorín César Julián^{a*}

^aDepartamento, Facultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor corresponsal: jgomez@uncp.edu.pe, climas@uncp.edu.pe

RESUMEN: El cambio climático es un fenómeno global fundamentalmente de origen antropogénico mundial y particularmente en América Latina, una región vulnerable a estos cambios, dándose el fenómeno del Niño y de la Niña, sequías y heladas como en nuestro país y que cuyos efectos deben ser evaluados en el sector agrícola, despensa de nosotros en la calidad y cantidad de alimentos. Los efectos el cambio climático fueron analizados para el valle del Mantaro en el periodo 2005 al 2018, basada en la teoría de la función de producción, donde el atributo ambiental es un insumo dentro de este proceso, estimándose este el valor. La temperatura promedio de la región Junín ha tenido una tendencia a variar en 0,1°C durante los últimos años. Se utilizó fuentes de la Dirección Regional de Agricultura de Junín y del SENAHMI, luego los indicadores generados fueron procesados mediante un análisis estadístico de comparaciones, analizándose los efectos del cambio climático de la precipitación y temperatura en la producción de papa y maíz en el valle del Mantaro durante los años 2005-2018. Los resultados para la papa y el maíz muestran que estos efectos de las variables que explican el cambio climático sobre la producción y rendimiento de los cultivos fue positiva, a pesar que en el período 2012-2015 y en el 2018 ha caído la temperatura. Esto se puede contrastar encontrándose niveles de temperatura mínima y máxima que oscilan entre 3,24 °C y 21,50 °C respectivamente y una precipitación acumulada de 1,16 mm en el valle del Mantaro.

Palabras clave: cambio climático, temperatura, precipitación y producción agrícola.

ABSTRACT: Climate change is a global phenomenon fundamentally of global anthropogenic origin and particularly in Latin America, a region vulnerable to these changes, with the phenomenon of El Niño and La Niña, droughts and frosts as in our country and whose effects must be evaluated in the agricultural sector, pantry of us in the quality and quantity of food. The effects of climate change were analyzed for the Mantaro valley in the period 2005 to 2018, based on the theory of the production function, where the environmental attribute is an input within this process, estimating the value. The average temperature of the Junín region has tended to vary by 0.1 ° C in recent years. Sources from the Junín Regional Directorate of Agriculture and SENAHMI were used, then the generated indicators were processed through a statistical analysis of comparisons, analyzing the effects of climate change of precipitation and temperature on potato and corn production in the valley of Mantaro during the years 2005-2018. The results for potatoes and corn show that these effects of the variables that explain climate change on crop production and yield were positive, despite the fact that in the period 2012-2015 and in 2018 the temperature dropped. This can be contrasted by finding minimum and maximum temperature levels that range between 3.24 ° C and 21.50 ° C respectively and a cumulative rainfall of 1.16 mm in the Mantaro valley.

Keywords: climate change, temperature, precipitation and agricultural production.

1. Introducción

Los efectos del cambio climático en estos últimos años se están incrementando por los informes de las distintas organizaciones que están analizando y verificando los cambios potenciales que se están dando a nivel del clima,

valores de temperatura, cambio en los niveles de precipitación, entre otros, en la producción de papa y de maíz. El cambio climático es un fenómeno global, principalmente afectan en la temperatura y que genera cambios térmicos con consecuencias del retroceso de los glaciares, originan los fenómenos del Niño y de la Niña con

mayor frecuencia en nuestro país, donde hay aumento de precipitaciones, sequías y heladas que afecta a las reservas de agua en la región.

La presente investigación analiza la producción y rendimiento del cultivo de papa y de maíz en el valle del Mantaro en el período 2005 al 2018 por efectos del cambio climático. Está basada en la teoría de la función de producción, donde el atributo ambiental es un insumo dentro del proceso de producción, estimando el valor del atributo ambiental que el medio natural proporciona a una actividad económica existente (IUCN-TNC-WB, 2016), esta se sustentó en cuatro provincias de la región: Jauja, Concepción, Chupaca y Huancayo, con datos proporcionados por la Dirección Regional de Agricultura (DRA) Junín y el SENAHMI.

Según el INEI (2018), la temperatura promedio de la región Junín ha tenido una tendencia a variar en 0,1°C durante los últimos años 2009-2018, en que se percibe esta variabilidad en el clima que está en nuestro entorno; es por ello que es necesario saber cómo incide este cambio a nivel de producción agrícola en el valle del Mantaro, especialmente a los cultivos referentes como la papa y el maíz. El objetivo de la investigación: Analiza los efectos del cambio climático en la producción de papa y maíz en el valle del Mantaro durante los años 2005 al 2018. Los objetivos específicos fueron: a) Analizar los efectos de la precipitación en la producción de papa y maíz en el valle del Mantaro durante los años 2005 al 2018, b) Analizar los efectos de la temperatura en la producción de papa y maíz en el valle del Mantaro durante los años 2005 al 2018.

Las evidencias más relevantes a nivel global de la presencia del cambio climático se sostienen sobre las observaciones en el aumento de la temperatura media del planeta, ha aumentado en 0,89 °C (entre 0,69 y 1,08 °C) en el periodo 1901-2012, observándose cambios extremos desde 1950, además se observó que once de los últimos años (1995-2006) se encuentran entre los 12 años más cálidos desde 1850. Otra de las evidencias se muestra en el nivel medio del mar que a nivel global se incrementó a una tasa promedio de 1,8 m por año (1961-2013), la tasa más rápida fue de 3,1 m por año durante 1993-2003, mientras que el aumento total del siglo pasado se calcula en 0,17 m, y se estima un incremento del nivel del mar de 0,18 a 0,59 m al final del siglo 21 (IPCC, 2014).

Ante tales evidencias mundiales es más que vinculante la presencia del problema, en nuestra región Junín, por otra parte, y aunque, el cambio climático resulta ser un fenómeno global, también es asimétrico. Se observa que históricamente regiones como las de América Latina y el Caribe que tienen una participación reducida en las emisiones (9 % de las emisiones mundiales al 2011), las cuales son las más vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, debido principalmente a su ubicación

geográfica, clima, condiciones socioeconómicas, demográficas y la alta sensibilidad de sus activos naturales; se tienen incluso estimaciones realizadas al 2050 de los costos económicos del cambio climático para la región, relacionadas con un aumento de 2,5 °C que indican que este sería entre el 1,5 % y el 5 % del PBI regional, siendo la agricultura la actividad más afectada económicamente (CEPAL, 2014).

El Perú lamentablemente no está exento de las estimaciones y proyecciones hechas por los diversos estudios realizados a nivel regional. Es más, de acuerdo con el Tyndall Centre for Climate Change Research, el Perú se encontraría entre los diez países más vulnerables ante el cambio climático, lo que estaría asociado a la alta dependencia de algunas regiones a sectores sensibles a este cambio, tales como el agrícola; así como al bajo nivel institucional, que dificulta la planificación y ejecución de acciones de adaptación concretas (Vargas, 2009).

2. Materiales y metodos

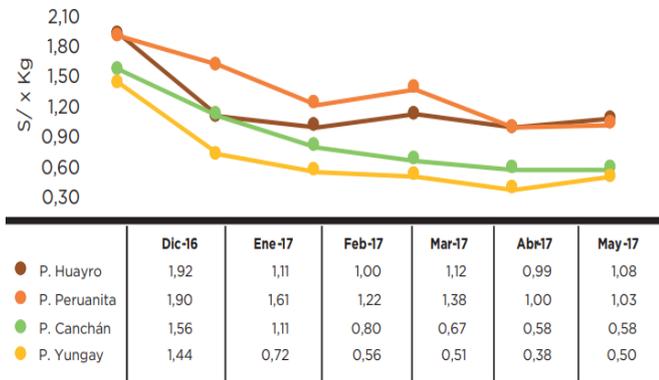
Se utilizó parte de una realidad concreta observable que se puede cualificar y cuantificar. Una vez obtenidos los datos de las fuentes de información, realizamos el análisis y la síntesis. El estudio fue del tipo hermenéutico, descriptivo y aplicativo. Se verifica el conocimiento de las condiciones de producción, comercialización y consumo para finalmente establecer una relación con el cambio climático. Su diseño fue cuasi experimental y se realizó en el Valle del Mantaro, se analizó y explicó la relación que existe entre la unidad de observación y la unidad de análisis a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento, porque se debe dar cuenta de un aspecto de la realidad, explicando su significatividad dentro de una teoría de referencia.

3. Resultados

Precios promedios mayorista Junín, 2016 - 2017

En el Mercado Mayorista Maltería-Lima se oferta variedades de papa como Canchan, Huayro, Peruanita y Yungay (Ver Gráfico 01), las cuales son las que presentan mayor consumo, además tenemos a las variedades de Negra Andina, Perricholi, Huamantanga y Única. La producción está en las zonas de Jauja, Concepción, Junín y Huancayo, las cuales son distribuidas a las ciudades de Lima, Ica, Pisco y Arequipa (aproximadamente en un 70%) y, el resto de la cosecha se destina al consumo local (cerca de un 30%) (MINAG, 2017).

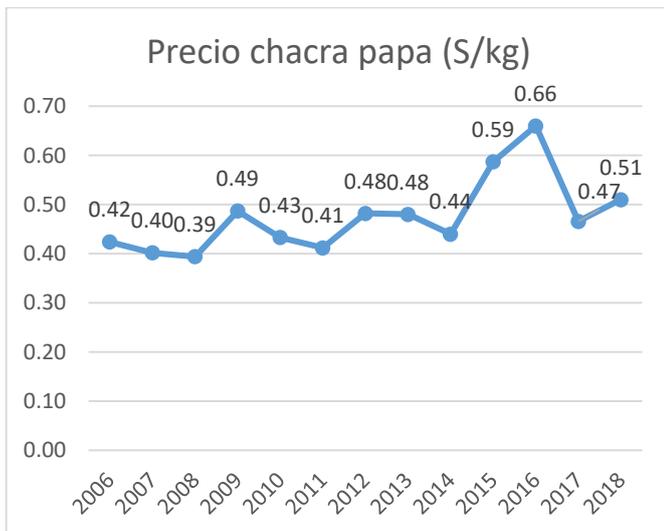
Gráfico 1. Precio mayorista promedio mensual de papa en Junín, 2016 – 2017.



Fuente: MINAGRI-DGESEP
 Elaboración: MINAGRI-DGPA
 (*) Los datos de mes de mayo fueron registrados hasta el día 24/05/2017

En la región Junín, el precio de la papa en soles por cada kilogramo ha estado fluctuando entre S/0,39 a S/0,66, siendo este valor más alto correspondiente al año 2016, lo cual se aprecia en el gráfico 2, con data de la Dirección Agraria de la Región Junín para el período comprendido entre el 2006 hasta el 2018, cuyo valor más alto alcanzado fue en el 2016 en chacra. Siendo el periodo evaluado desde el 2006 al 2018 en donde el precio más bajo por kilogramo en chacra fue de S/ 0,39 que corresponde al año 2008 (MINAG, Plan Nacional de Cultivos: Campaña Agrícola 2019-2020, 2020).

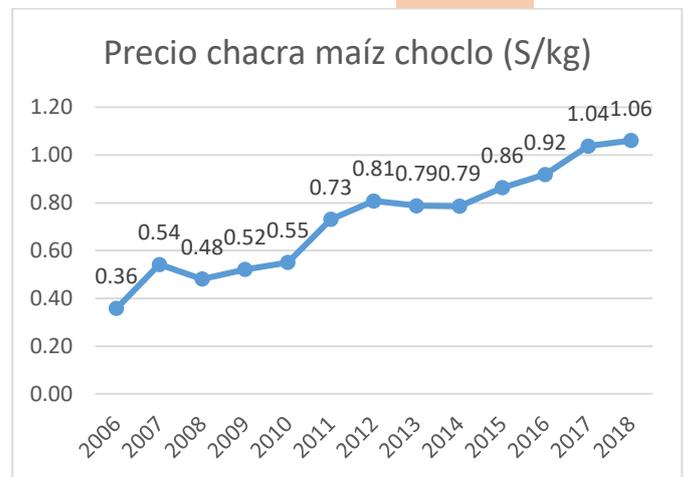
Gráfico 2. Precio chacra de papa (S/kg), 2006–2018.



Fuente: DRA, Junín 2018.

Con respecto a la evolución de los precios promedio en chacra de maíz, en la región Junín podemos indicar que, durante los últimos 13 años, los precios crecieron a una tasa de 9% por año. Mientras que, si comparamos entre el 2006 y 2018, se tuvo un crecimiento acumulado aproximado de 102%, pasando de S/0,36 a S/1,06 por kg. En el gráfico 3, se presenta la evolución de los precios en chacra de maíz por años en ese periodo; observándose que los mayores precios en chacra se presentan entre los últimos años, especialmente el 2018 (MINAG, 2020).

Gráfico 3. Precio chacra de maíz (S/kg), 2006–2018.



Fuente: DRA, Junín 2018.

Análisis descriptivo

Se realizó este análisis evaluando el comportamiento de las variables en estudio y determinando un nivel de relación entre estas.

En la producción de papa de las provincias de la región Junín que conforman el Valle del Mantaro tenemos a Chupaca, Concepción, Huancayo y Jauja, las cuales se muestran en el cuadro 1 en toneladas métricas respectivamente; observándose que en el año 2015 se alcanzó la mayor producción con un total de 431 981 TM, y un promedio en la región de 379 2861 TM a lo largo del periodo entre los años del 2006 al 2018. La provincia de Chupaca es la provincia que menos produce el cultivo de papa en el año 2006 y la provincia de Concepción en el 2013 fue la mayor produjo en el 2012.

Cuadro 1. Producción del cultivo de papa en el Valle del Mantaro durante el periodo (2006-2018)

PROVINCIA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL PROD	335258	293520	360495	384721	356138	407092	409552	402733	409676	431981	386024	365677	395332
CHUPACA	11166	11360	12537	13628	14784	14015	14393	15044	22642	24107	23362	19923	19387
CONCEPCION	62232	46728	60086	51603	60884	60882	72235	64324	60408	61371	59305	48112,3	65135
HUANCAYO	31332	29517	35890	39241	44688	44379	47072	46578	50748	51203	54127	56368	55316
JAUIJA	62804	38227	58852,8	63662	70177	68656	64413	60840	59985	65158,7	57345	51996	54978

Fuente: DRA, Junín 2018.

Respecto al rendimiento de papa en el Valle del Mantaro (kg/ha)

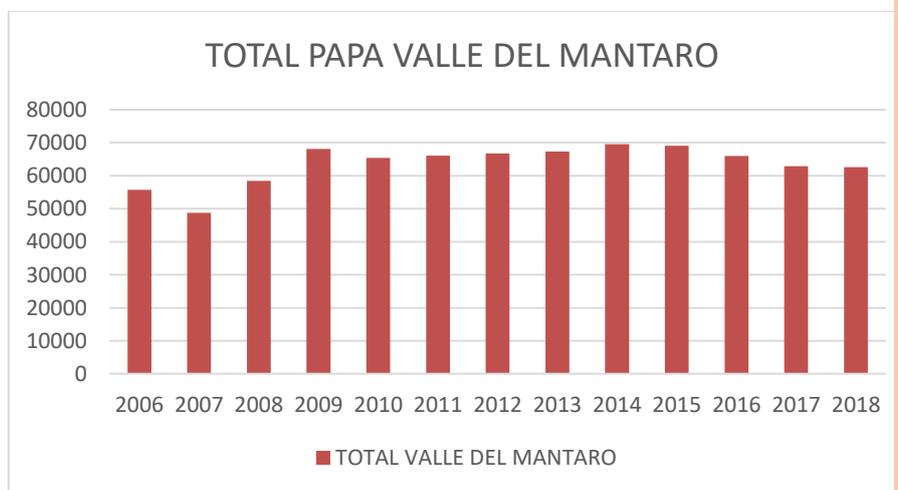
Con respecto al rendimiento de papa en el Valle del Mantaro, alcanza su mayor rendimiento en el año 2014, llevando a obtener 69 574 kg/ha, muy por encima de lo convencional, que tan solamente está por promedio inferiores a ésta, la provincia que tiene mejores índices de producción y consecuentemente rendimientos elevados corresponde a Chupaca cuyos promedios oscilan entre 16 961 kg/ha. Haciendo un análisis de la variabilidad en su rendimiento desde los años 2006 al 2018, existen marcadas diferencias en cada provincia (Ver cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de papa en el Valle del Mantaro durante el periodo (2006-2018).

PROVINCIA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL PROD	55755	48774	58392	68042	65387	66067	66744	67343	69574	69089	65998	62888	62587
CHUPACA	13502	13286	15160	16660	17332	17606	17704	18347	18423	18402	18138	18010	17917
CONCEPCION	14041	12876	14731	17218	16398	16671	17281	17162	17254	17053	15785	14465	14120
HUANCAYO	13248	12507	14408	16371	16656	16844	16859	17251	17548	17656	17200	17105	17286
JAUIJA	14964	10105	14093,1	17793	15001	14946	14900	14583	16349	15978,1	14875	13308	13264

Fuente: DRA, Junín 2018.

Gráfico 4. Total de rendimiento de kg/ha del cultivo de papa (2003-2018), en el Valle del Mantaro.

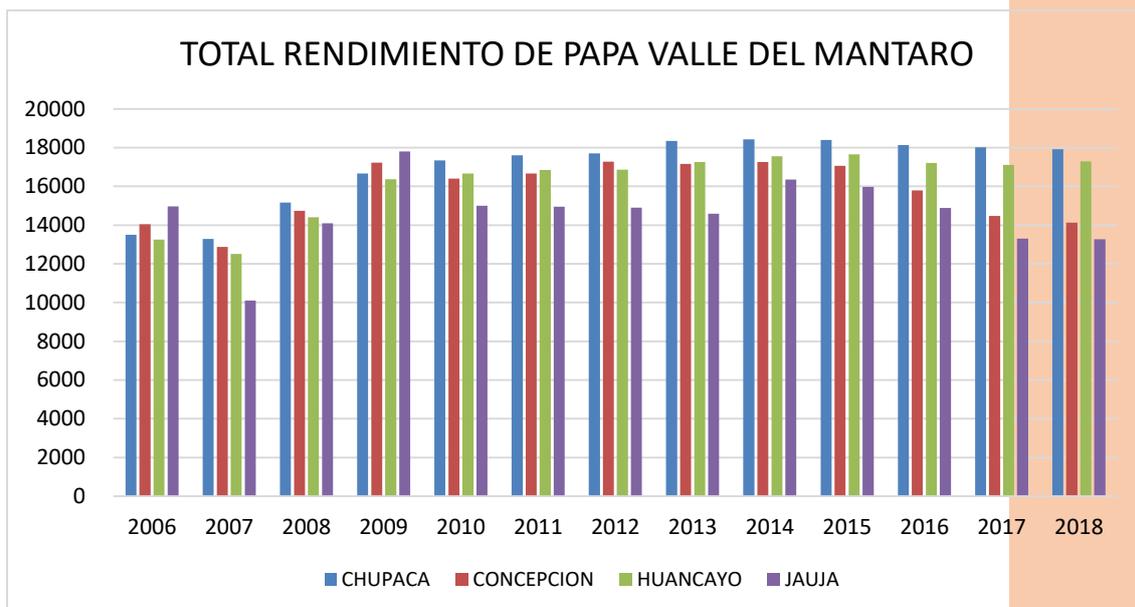


Fuente: DRA, Junín 2018

En el gráfico 4, se observa una marcada tendencia a tener un rendimiento mayor a 60 000 kg/ha en total en el Valle del Mantaro, a partir del año 2009 hasta el 2018. Se observa que la mayor producción de papa se presenta en la provincia de Chupaca, sin embargo, durante el año del 2014, alcanzó la provincia de Chupaca la cantidad de 18 423 kg/ha, en otras provincias están en la media de 15 897 kg/ha.

La que tiene menores índices de rendimiento son las provincias de Jauja y Concepción, debido a las alternativas de otros cultivos importantes para la región que aún sigue siendo muy potencial para el mercado nacional e internacional como es el caso de quinua entre otros (Ver gráfico 5).

Gráfico 5. Total de rendimiento de kg/ha del cultivo de papa, Valle del Mantaro por provincias (2006-2018).



Fuente: DRA, Junín 2018

Este rendimiento, en términos porcentuales solamente las provincias de Huancayo y Chupaca alcanzan promedios considerables, producto de las buenas condiciones de suelo y demás atributos de cada zona dentro de los últimos seis años; la provincia de Concepción y Jauja han empezado a reducir este rendimiento porcentual en estos seis años últimos (Ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución porcentual del rendimiento del cultivo de papa (2006-2018)

PROVINCIA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CHUPACA	24,22%	23,83%	27,19%	29,88%	31,09%	31,58%	31,75%	32,91%	33,04%	33,01%	32,53%	32,30%	32,14%
CONCEPCION	25,18%	23,09%	26,42%	30,88%	29,41%	29,90%	30,99%	30,78%	30,95%	30,59%	28,31%	25,94%	25,33%
HUANCAYO	23,76%	22,43%	25,84%	29,36%	29,87%	30,21%	30,24%	30,94%	31,47%	31,67%	30,85%	30,68%	31,00%
JAUJA	26,84%	18,12%	25,28%	31,91%	26,91%	26,81%	26,72%	26,16%	29,32%	28,66%	26,68%	23,87%	23,79%

Fuente: DRA, Junín 2018.

Respecto a la producción de maíz, en las provincias de la región Junín se muestran en el cuadro 4, se puede observar que en el año 2018 alcanzó la mayor producción con un total de 93 736 TM, y un promedio en la región de 77 061 TM a lo largo del periodo entre los años del 2005 al 2018.

Cuadro 4. Producción del cultivo de maíz en el Valle del Mantaro durante el periodo (2005-2018)

PROVINCIA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL PROD	77757	60294	68222	77666	82924	78144	77955	80154	82809	81729	7024	63374	93736
CHUPACA	14129	11540	10603	11324	11856	10549	9650	9694	9381	9383	8755	4692	6796
CONCEPCION	14393	7616	13062	16680	16522	14956	15407	18734	19253	18918	16415	8836,3	17917
HUANCAYO	31034	22828	22374	24608	27096	23399	22396	22467	22150	21660	21582	19610	22615
JAUJA	10101	9087	11948	14097	15777	16962	18262	17672	20558	20627	20674	21188	35424

Fuente: DRA, Junín 2018.

Respecto al rendimiento de maíz en el Valle del Mantaro (kg/ha)

Con respecto al rendimiento de maíz en el valle del Mantaro, alcanza su mayor rendimiento en el año 2014, llevando a obtener 64 084 kg/ha, muy por encima de lo convencional que tan solamente está por promedio inferiores a esta, la provincia que tiene mejores índices de producción y consecuentemente rendimientos elevados corresponde a la provincia de Huancayo cuyos promedios oscilan entre 23 371 kg/ha. Haciendo un análisis de la variabilidad en su rendimiento desde los años 2013 al 2018, existen marcadas diferencias en cada provincia (Ver cuadro 5).

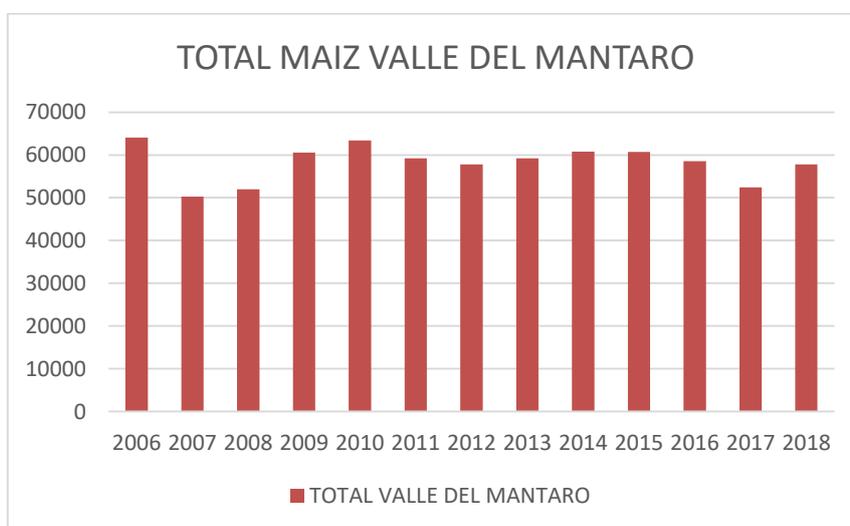
Cuadro 5. Rendimiento de maíz en el Valle del Mantaro durante el periodo (2006-2018).

PROVINCIA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL PROD	64084	50287	51984	60563	63381	59196	57791	59206	60752	60695	58542	52448	57796
CHUPACA	10996	8981	9605	11783	12148	12181	12107	12271	12409	12378	12059	11575	11051
CONCEPCION	11683	9243	9506	11957	11869	10814	10509	12196	12835	13417	12052	9710,2	11657
HUANCAYO	31034	22828	22374	24608	27096	23399	22396	22467	22150	21660	21582	19610	22615
JAUJA	10371	9235	10499	12215	12268	12802	12779	12272	13358	13240	12849	11553	12473

Fuente: DRA, Junín 2018.

En el gráfico 6, se aprecia que la mayor producción de maíz se presenta en el año 2006 seguido por el año 2010, después en su mayoría está por encima de 51 000 kg/ha durante cada año en el periodo 2006 al 2018.

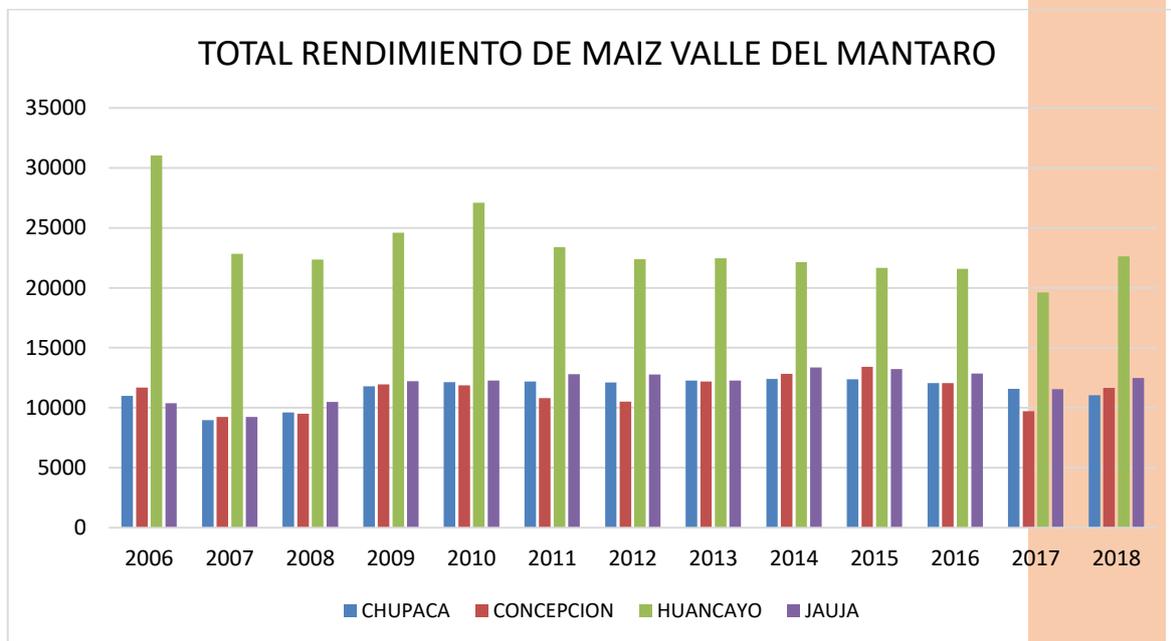
Gráfico 6. Total de rendimiento de kg/ha del cultivo de maíz (203-2018), en el Valle del Mantaro.



Fuente: DRA, Junín 2018

La que tiene menores índices de rendimiento esta la provincia de Huancayo de manera constante en el periodo de estudio lo que señala que es el cultivo de mayor preferencia por los agricultores de esta zona (Ver gráfico 7), señalamos también que las provincias de Chupaca, Concepción y Jauja poseen casi el mismo rendimiento de kg/ha entre ellas.

Gráfico 7. Total de rendimiento de kg/ha del cultivo de maíz, Valle del Mantaro por provincias (2006-2018).



Fuente: DRA, Junín 2018

Al analizar el cuadro 6, el rendimiento en términos porcentuales solamente la provincia de Huancayo alcanza promedios considerables por encima del 34%, producto de las buenas condiciones de suelo entre otras cualidades; la provincia que presenta menores porcentajes de rendimiento es la de Jauja dentro del 16,18% al 20,84%.

Cuadro 6. Distribución porcentual del rendimiento del cultivo de maíz (2006-2018).

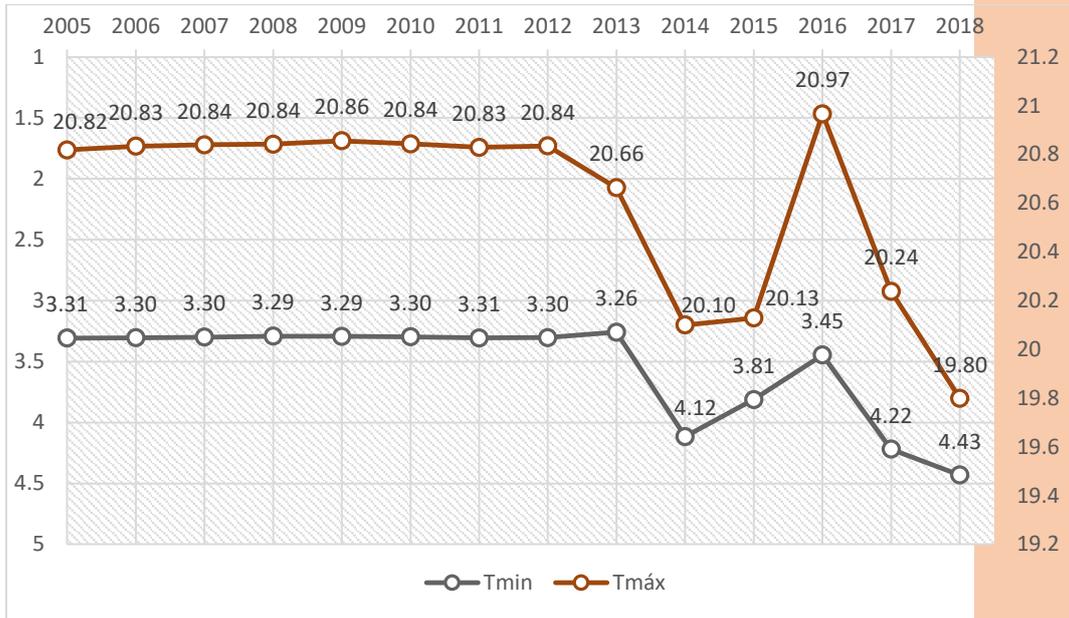
PROVINCIA	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CHUPACA	17,16%	14,01%	14,99%	18,39%	18,96%	19,01%	18,89%	19,15%	19,36%	19,32%	18,82%	18,06%	17,24%
CONCEPCION	18,23%	14,42%	14,83%	18,66%	18,52%	16,87%	16,40%	19,03%	20,03%	20,94%	18,81%	15,15%	18,19%
HUANCAYO	48,43%	35,62%	34,91%	38,40%	42,28%	36,51%	34,95%	35,06%	34,56%	33,80%	33,68%	30,60%	35,29%
JAUJA	16,18%	14,41%	16,38%	19,06%	19,14%	19,98%	19,94%	19,15%	20,84%	20,66%	20,05%	18,03%	19,46%

Fuente: DRA, Junín 2018.

Relación a las temperaturas del Valle del Mantaro; provincias de Huancayo, Jauja, Chupaca y Concepción.

De acuerdo a la información se tiene en estas cuatro provincias que a partir del año 2005 al 2018, las temperaturas máximas y mínimas difieren cuya tendencia entre ambas van a la par, las temperaturas se mantuvieron entre 20,82 °C y 20,84 °C desde el 2005 hasta el 2012; la temperatura más elevada se presenta en la provincia de Huancayo en el año 2016 con temperatura máxima de 20,97 °C y una mínima de 3,26 °C en el año 2013, se evidencia con estas bajas temperaturas en promedio de 3,30 °C una disminución en la producción de la papa por presencia de factores abióticos como son las heladas, que ocasionaron pérdidas en los productores (Ver gráfico 8).

Gráfico 8. Temperaturas máximas y mínimas provincia de Huancayo (2005-2018) (°C).



Fuente: SENAMHI, 2018.

El gráfico 9 evidencia que la temperatura más alta en la provincia de Jauja, se presenta en el año 2015 alcanzando 20,87 °C y la mínima en el año 2012 con 3,72 °C, estas variaciones se dan a causa del incremento en las temperaturas en consecuencia del calentamiento global.

Las bajas temperaturas ocasionan severos daños a las plantas que traen consigo varios rendimientos en cosecha, que posteriormente afecta al sector.

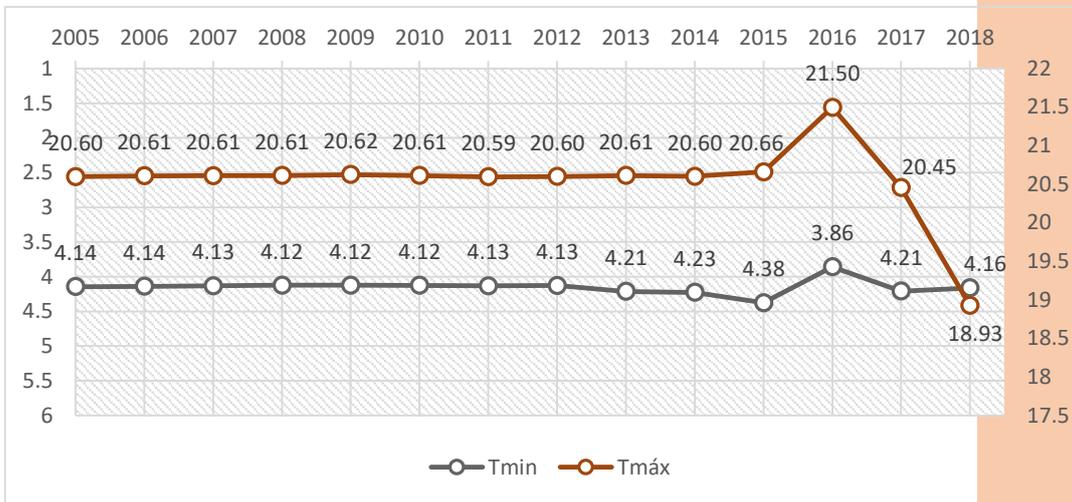
Gráfico 9: Temperaturas máximas y mínimas provincia de Jauja (2005-2018) (°C)



Fuente: SENAMHI, 2018.

En el gráfico 10, se aprecia las temperaturas máximas y mínimas de la provincia de Chupaca, siendo la temperatura más alta de 21,50 °C la cual se registró en el año 2015 en esta provincia, posteriormente este se redujo considerablemente hasta alcanzar 18,93 °C en el año 2018, en este sector la temperatura mínima se da el 2016 registrándose 3,86 °C, similar a los presentados en Huancayo y Concepción.

Gráfico 10: Temperaturas máximas y mínimas provincia de Chupaca (2013-2018) (°C).



Fuente: SENAMHI, 2018.

La temperatura más alta registrada ocurrió en el año 2008 con 19,69 °C en la provincia de concepción y la mínima de 3,24 °C, según se observa en el gráfico 11, aún mantiene la relación máxima y mínima, probablemente por múltiples factores que acompañan a este incremento de temperatura, este resultado muy similar al comportamiento de las temperaturas registradas en la provincia de Huancayo, se debe a efectos colaterales, lo que ocasiono la reducción en la producción de la papa y de maíz.

La disminución de temperaturas ocasiona severos daños a la planta de la papa durante su desarrollo fisiológico, causando estrés hídrico y en ocasiones marchitez por la quemadura de las hojas por las bajas temperaturas, así como a las plantas de maíz. Esto ocasiona que baja notablemente la producción de la papa y de maíz, en su defecto no se logra obtener rendimientos esperados durante la campaña agrícola.

Gráfico 11: Temperaturas máximas y mínimas (°C) provincia de Concepción (2005-2018).



Fuente: SENAMHI, 2018.

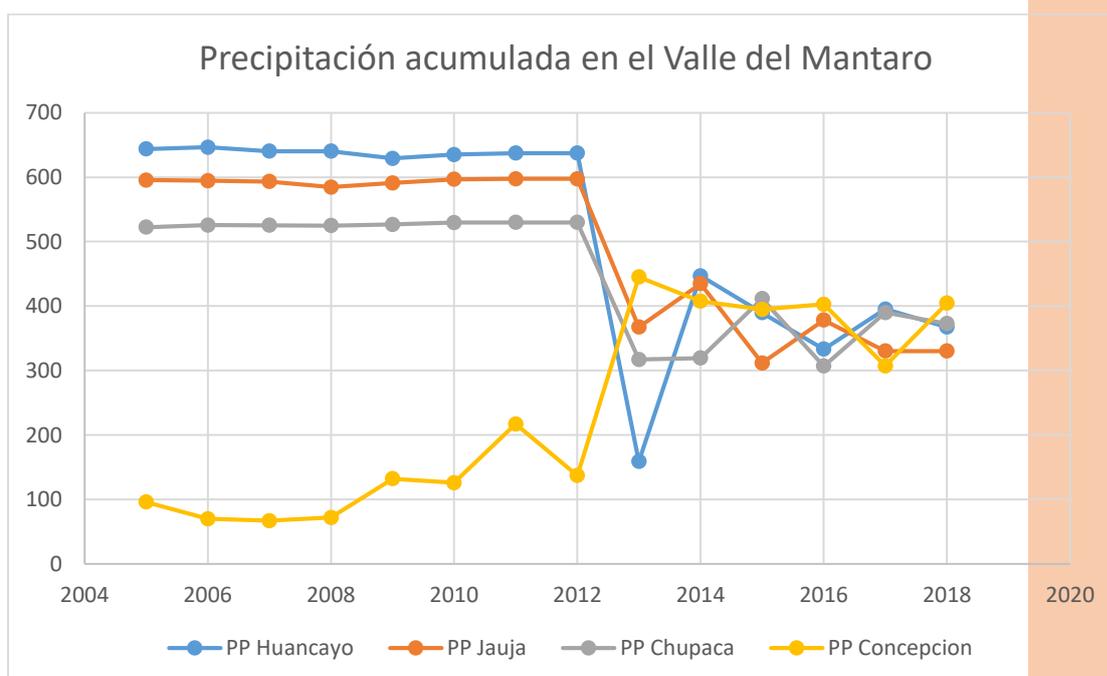
Cuadro 7. Precipitaciones acumuladas promedio (mm/año), Huancayo, Jauja, Chupaca y Concepción (2005-2018)

Año	PP Huancayo	PP Jauja	PP Chupaca	PP Concepción
2005	643,7	595,4	522,3	96,0
2006	646,6	594,4	525,6	70,0
2007	640,2	593,3	525,3	67,0
2008	640,3	584,5	524,8	72,0
2009	629,2	591,1	526,7	132,0
2010	635,0	596,7	529,7	126,0
2011	637,2	597,5	529,8	217,0
2012	637,2	597,5	529,8	137,0
2013	158,9	367,25	317,195	445,2
2014	446,95	434,7	319,22	407,45
2015	389,55	311,65	411,45	394,95
2016	333,10	378,2	306,9	402,8
2017	395,35	330,16	389,85	307,2
2018	367,4	330,22	372,85	404,55

Fuente, SENAMHI, 2018.

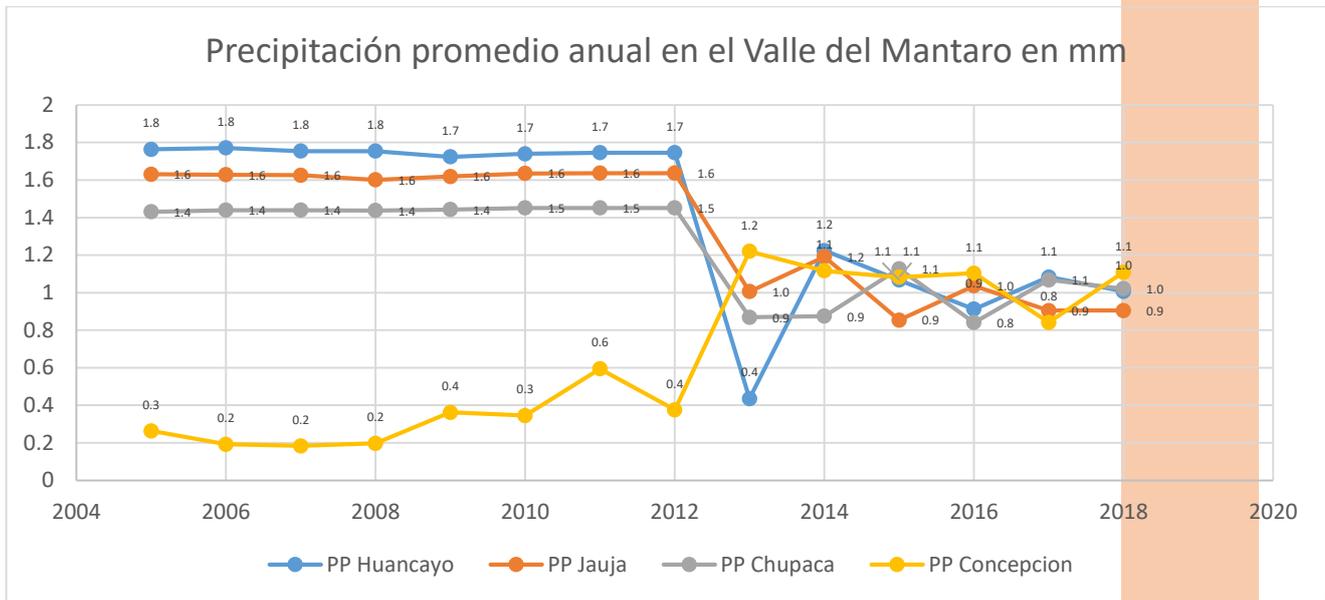
El comportamiento de las precipitaciones acumuladas promedio en las provincias de Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja; se puede considerar que Concepción, ha tenido la menor cantidad de precipitación acumulada en el año 2007 con 67 mm/año de las cuatro provincias, mientras que Huancayo tuvo 158,9 mm/año como su valor más bajo, Jauja tuvo 330,22 mm/año en el año 2018 y para Chupaca fue de 306,9 mm/año en el año 2016. Dentro de los valores máximos para Huancayo fue de 646,6 mm/año en el 2006, para Jauja fue de 597,5 mm/año dentro de 2011 y 2012, para Concepción fue de 445,2 mm/año para el año 2013 y para Chupaca fue de 529,8 mm/año para los años 2011 y 2012. Para los cuatro sectores en materia de comparación, se puede mencionar que la tendencia ha sido muy similar, excepto para la provincia de Concepción (Ver gráfico 12).

Gráfico 12. Precipitación acumulada Promedio (mm), en Huancayo, Jauja, Chupaca y Concepción, 2005-2018.



Fuente: SENAMHI, 2018.

Gráfico 13. Precipitación promedio anual (mm), en en Huancayo, Jauja, Chupaca y Concepción, 2005-2018.



Fuente: SENAMHI, 2018.

4. Discusiones

Existen ejes temáticos a considerar en los cultivos de papa y de maíz, como las técnicas agroambientales, los aspectos sociales y económicos para evaluar el clima y la producción agrícola a futuros; estas técnicas y aspectos deben tener la debida difusión y ser participativos, sobre el impacto del cambio climático para la promoción de actitudes y responsabilidades individuales y comunales, considerados como los actores directos e indirectos involucrados en la producción, según su realidad cultural.

Tener en cuenta la tendencia del clima dado por el Servicio Nacional de Metrología e Hidrología SENAMHI permite evaluar el cambio climático y su comportamiento en la producción de papa y de maíz en el valle del Mantaro.

Es necesario revalorar al conocimiento ancestral “tecnologías tradicionales altoandinas”, para los cultivos de papa y de maíz, brindando sostenibilidad frente a los efectos del cambio climático hacia escenarios futuros donde se está incrementándose los valores mínimos y máximos de la temperatura del aire en el Valle del Mantaro, cultivos de gran importancia en la alimentación de regional y nacional. Estos conocimientos han sido heredados de generación en generación, practicados principalmente en las zonas medias y altas de la cuenca o zona quechua.

En el cultivo de papa, tenemos variedades de papas nativas comerciales como la amarilla del centro, peruanita y huayro, cuyo valor agregado es más apreciado y son parte

de la seguridad alimentaria de las familias campesinas y comunidades. Las papas nativas son cultivadas para autoconsumo y se siembra como policultivos: papa, olluco, oca, o diversas variedades de papa en la misma parcela, entre otras, tratando de proteger los recursos genéticos; además es necesario tener en cuenta los sistemas agrosilvoculturales, es decir, árboles como barreras vivas o cortadores de viento, entre otros aspectos.

Los conocimientos adquiridos localmente en los últimos años manifestados en la práctica de algunos agricultores para prevenir los daños por heladas (hacer fogatas) o para las granizadas (reventar cohetes) o el uso de agroquímicos promovido por los técnicos del MINAG para contribuir a recuperar las plantas cuando han sufrido daños por heladas o granizadas en las primeras fases fenológicas, son posibles soluciones ante el cambio climático.

Para el cultivo de maíz, indicamos que este cultivo no presenta tanto daño por evento climático, pues se realiza a menor altitud que el cultivo de la papa. También se debe revalorar los saberes ancestrales y los conocimientos de policultivos en mezcla con frijoles, calabaza, hierbas aromáticas para dar la sostenibilidad a este cultivo. El uso de agroquímicos para aliviar los daños por heladas o granizadas en el cultivo de maíz y el uso de riego complementario entre otros, son prioridades medias frente a las heladas, granizadas, al cual no tienen acceso todos los agricultores del valle del Mantaro.

Dentro de las medidas sociales y económicas que son transversales para todo el sector agrícola, para viabilizar las

propuestas técnicas agroambientales en los cultivos de papa y de maíz, tenemos el fortalecimiento de los programas de comunicación y las relaciones institucionales para los agricultores, con una actualización de la Estrategia Regional de Cambio climático en la Región Junín con el liderazgo de la Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente, fortaleciendo a las instituciones y medios de difusión para el pronóstico del clima y eventos climáticos desfavorables para la agricultura, riesgos de heladas, granizadas, sequías, entre otros. En las medidas económicas, se debe implementar el seguro agrario catastrófico para daños en la agricultura y la búsqueda del comercio justo para los agricultores que cultivan papa y maíz, y a su vez incentivando la producción orgánica o ecológica, el empleo de fertilizante según el estadio fenológico del cultivo, y el empleo de agua tecnificando con sistemas de regadío, así como organizar corredores turísticos mostrando que se poseen sistemas agrosilvopastoriles.

Impacto del Cambio Climático en el Rendimiento de los Cultivos

a) Cultivo de papa

Para el período comprendido entre 2006 a 2018 el rendimiento promedio de papa varió entre los 55 755 kg/ha (55t/ha) a 62 587 kg/ha (62 t/ha). Bajo un escenario de clima futuro el rendimiento promedio del cultivo de papa presenta una tendencia a incrementarse, según se comprueba con la evaluación de los datos procesados de la DRA Junín y del SENAMHI para el valle del Mantaro, tiende a ganar mayores áreas hacia las partes más bajas; asimismo, las condiciones climáticas tienden a favorecer el desplazamiento del cultivo entre los 3400 a 3700 msnm y lograr mayores rendimientos (15 t/ha a 18 t/ha), incluso con posibilidades de registrar valores superiores a 18 t/ha en cada provincia que conforman el valle del Mantaro. Sin embargo, es importante considerar que el probable desplazamiento del cultivo hacia mayores altitudes podría incrementar el riesgo de ser impactado por eventos como heladas.

b) Cultivo de maíz amiláceo

Para el período 2006-2018 el rendimiento del cultivo de maíz, se estimó en promedio entre los 50 287 (50 t/ha) a los 64 084 kg/ha (64 t/ha). Ante un escenario de cambio climático, el rendimiento promedio tiende a incrementarse ligeramente en la provincia de Huancayo, más no la frontera agrícola, pues en el año 2016 se tenía mayor rendimiento que era 31 034 kg/ha y para el 2018 está en 22 615 kg/ha, cuya altitud de cultivo está entre los 3300 a 3400 msnm.

5. Conclusiones

Los efectos del cambio climático en la producción de papa y maíz en el valle del Mantaro durante los años 2005 al 2018, considerando los valores de la Dirección Regional de Agricultura de Junín y del SENAHMI, para la producción y el rendimiento de los cultivos estudiados basada en la teoría de la producción, así como en la temperatura mínima, temperatura máxima y la precipitación, poseen valores positivos en la evaluación del periodo seleccionado.

El comportamiento de las precipitaciones acumuladas promedio para la producción de papa y de maíz en el 2005-2018, considera con la menor cantidad de precipitación acumulada al año 2007 con 67 mm/año en la provincia de Concepción, mientras que en las provincias de Huancayo tuvo 158,9 mm/año, Jauja tuvo 330,22 mm/año en el año 2018 y Chupaca fue de 306,9 mm/año en el año 2016 respectivamente. En los valores máximos la provincia de Huancayo tuvo 646,6 mm/año en el 2006, Jauja tuvo 597,5 mm/año en el 2011 y 2012, Concepción tuvo 445,2 mm/año para el año 2013 y Chupaca tuvo 529,8 mm/año para los años 2011 y 2012; con una tendencia muy similar para tres provincias, excepto para la provincia de Concepción.

Dentro de los efectos de la temperatura en la producción de papa y maíz en el valle del Mantaro durante los años 2005 al 2018 indicamos que las temperaturas máximas y mínimas difieren, cuya tendencia entre ambas van a la par; las temperaturas se mantuvieron entre 20,82 °C y 20,84 °C desde el 2005 hasta el 2012; la temperatura más elevada se presenta en la provincia de Huancayo en el año 2016 con temperatura máxima de 20,97 °C y una mínima de 3,26 °C en el año 2013, además debemos considerar que esta disminución de temperaturas ocasiona severos daños a la plantas durante su desarrollo fisiológico, causando estrés hídrico y en ocasiones marchitez; sin embargo, la cantidad obtenida no ha disminuido en la producción y el rendimiento de estos cultivos, a pesar que en el período 2012-2015 y en el 2018 ha disminuido la temperatura; igualmente se debe revalorar las tecnologías ancestrales altoandinas, para el manejo de los cambios de temperatura.

6. Referencia bibliográfica

- (IPS), A. d. (2018). *Cambio climático: ambientalistas arremeten contra el banco mundial*. Obtenido de <http://ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=90750>
- Bernet, T. D. (2008). *Centros de acopio de papa: Factibilidad de promover e implementar este concepto en la sierra peruana*. Obtenido de <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/>

- especiales/congreso_papa/centros_de_acopio_de_la_papa.pdf
- BID, C. (2014). *La Economía del cambio climático en el Perú*. Lima Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- CEPAL. (2014). *Cambio climático, agricultura y pobreza en América Latina: Una aproximación empírica*. Santiago de Chile: CEPAL.
- CEPAL. (2014). *Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe : Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Santiago: CEPAL.
- CEPLAN. (2011). *Plan Bicentenario Hacia el 2021*. Lima.
- Consortio de Investigación Económica y Social, C. (2017). *Balance de Investigación en Políticas Públicas 2011-2016 y Agenda de Investigación 2017-2021*. Obtenido de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4290.pdf>
- Cornish, E. (2004). *Futuring: La exploración del futuro*. Meryland, U. S. A.: World Future Society.
- Enger, E. S. (2006). *Ciencia ambiental: Un estudio de interrelaciones*, Editorial McGraw-Hill/Interamericana Editores, México. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Obtenido de Cambio Climático 2007, Informe de síntesis: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- INEI. (2018). *Anuario de Estadísticas Ambientales*. Obtenido de <http://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/medio-ambiente/>
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013: Bases Físicas: Resumen para responsables de políticas, Resumen Técnico y Preguntas Frecuentes*. Ginebra: IPCC.
- IPCC. (2014). *Anexo II: Glosario. En: Cambio Climático 2014: Informe de síntesis: Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPCC. 129.
- IUCN-TNC-WB, M. (2016). *Guía de Valoración Económica del patrimonio natural*. Lima: MINAM. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GVEPN-30-05-16-baja.pdf>
- Loyola, R. O. (2011). *El costo económico del cambio climático en la Agricultura Peruana: el caso de la Región Piura y Lambayeque*. Lima: CIES.
- Martens, S. J. (1998). El cambio climático, la salud humana y el desarrollo sostenible. <https://www.scielo.org/article/rpsp/1998.v4n2/100-105/>.
- Miller, G. (2007). *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*. México: 8va edición, Editores Internacional Thomson.
- MINAG. (2017). *Papa: características de la producción nacional y de la comercialización en Lima Metropolitana*. Obtenido de DRA. Boletín informativo.: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/boletin-produccion-nacional-papa.pdf>
- MINAG. (2020). *Plan Nacional de Cultivos: Campaña Agrícola 2019-2020*. Lima.
- ONU. (2018). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Foro de ministros de medio ambiente de América Latina y el Caribe, Declaración de Santo Domingo*. Obtenido de <http://www.pnuma.org//XVIForoAmbiente/stoDomingo>
- Redclift, M. W. (2002). *Sociología del medio ambiente: Una perspectiva internacional*. España: McGraw-Hill/interamericana de España, S.A.U. Obtenido de Redclift, M. & Woodgate, G., 2002, Sociología del medio ambiente: Una perspectiva internacional, España: Editorial McGraw-Hill/interamericana de España, S.A.U
- SENAMHI. (2016). *Glosario*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Solano D., C. A. (2016). *Desarrollo sostenible y estándares de calidad ambiental ¿La política de regulación ambiental debe mantenerse en un país que busca sostener su crecimiento y desarrollo económico?* Obtenido de http://www.desco.org.pe/recursos/site/files/CONTENIDO/1118/19_Solano_et_al_PHj17.pdf
- Vargas, P. (2010). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú*. Lima: Moneda; BCRP, 25-29.

Perspectivas tecnológicas del osmodeshidratado en cultivos andinos para la seguridad alimentaria

Technological perspectives of osmodehydrate in Andean crops for food security

Shalin Carhuallanqui Avila^a, Lizve Vilcapoma Ureta^a, Nancy Elisa Saavedra Mallma^a, José Paúl Casas Vásquez^a

^aDepartamento, Facultad: Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor correspondiente: scarhuallanqui@uncp.edu.pe

RESUMEN: El mercado busca alimentos funcionales con tecnologías no convencionales, es por ello que mediante técnicas de osmodeshidratados se busca obtener productos con alto valor funcional. Se realiza recopilación de investigaciones de osmodeshidratado, métodos de conservación que permite obtener un producto de mayor vida útil, que permite evitar pérdidas por sobreproducción. Se consideran cultivos andinos como la maca, alimento que contiene 18 o 19 aminoácidos, siendo 7 de ellos esenciales, contiene ácidos grasos insaturados (linoleico y oleico de 52,7% a 60,3% de ácidos grasos totales), calcio, fósforo y hierro y metabolitos secundarios como macaenos y macamidas, glucosinolatos, alcaloides, ésteres de ácidos grasos y fitoesteres. El yacón, raíz con alto contenido de agua entre 83 y 90%, carbohidratos el 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, siendo de 50 y 70% los fructooligosacáridos y el resto sacarosa, fructosa y glucosa, potencial de nutrientes prebióticos, beneficioso para personas que sufren diabetes. Y el aguaymanto planta con excelente fuente de vitaminas A, proteínas, lípidos, minerales, alto contenido de fitoquímicos bioactivos y ácido ascórbico (Vitamina C) con capacidad antioxidante. Se concluye que la osmodeshidratación de frutos y cultivos permite la disminución requerida de agua, asegurando la estabilidad microbiológica, influyendo en su composición química, propiedades organolépticas y en su conservación de compuestos bioactivos naturales y actividad antioxidante.

Palabras clave: Osmodeshidratación, compuestos bioactivos, fructooligosacáridos, prebiótico, fitoquímicos.

ABSTRACT: The market looks for functional foods with unconventional technologies, which is why osmodehydrated techniques are used to obtain products with high functional value. A compilation of osmodehydrated research is carried out, preservation methods that allow to obtain a product with a longer useful life, which allows to avoid losses due to overproduction. Andean crops such as maca are considered, a food that contains 18 or 19 amino acids, 7 of which are essential, contains unsaturated fatty acids (linoleic and oleic from 52.7% to 60.3% of total fatty acids), calcium, phosphorus and iron and secondary metabolites such as macaenes and macamides, glucosinolates, alkaloids, fatty acid esters and phytosterols. Yacon, a root with a high water content between 83 and 90%, carbohydrates 90% of the dry weight of the freshly harvested roots, with 50 and 70% fructooligosaccharides and the rest sucrose, fructose and glucose, potential of prebiotic nutrients, beneficial for people suffering from diabetes. And the aguaymanto plant with an excellent source of vitamins A, proteins, lipids, minerals, high content of bioactive phytochemicals and ascorbic acid (Vitamin C) with antioxidant capacity. It is concluded that the osmodehydration of fruits and crops allows the required decrease in water, ensuring microbiological stability, influencing their chemical composition, organoleptic properties and their preservation of natural bioactive compounds and antioxidant activity.

Keywords: Osmodehydration, bioactive compounds, fructooligosaccharides, prebiotic, phytochemicals.

1. Introducción

La Industria busca responder a los desafíos actuales y desarrollar nuevos productos para que el consumidor pueda ingerir alimentos que además de los beneficios originales que éste les pueda ayudar en el mantenimiento de su salud y en la prevención de enfermedades; es así que estos cultivos andinos por sus propiedades funcionales pueden ser utilizados en productos procesados utilizando tecnologías adecuadas de conservación. Por lo que las técnicas combinadas de conservación, como la osmodeshidratación, técnica que proporciona la eliminación parcial de agua de un producto alimenticio, con bajo consumo energético a moderadas temperaturas (Mendonça, Corrêa, Junqueira, De Angelis Pereira, Cirillo, 2017). Este método se basa en la inmersión de trozos de frutas o verduras frescas en una solución hipertónica, el proceso implica la difusión simultánea de agua a contracorriente del alimento a la solución y la difusión del soluto en el alimento, bajo la influencia de gradiente de presión osmótica (Vieira, Pereira, Hubinger, 2012). Se considera un pretratamiento para muchos procesos y conserva las características físicas, químicas y sensoriales de los alimentos con pocos cambios en su integridad (Corrêa, Ernesto, Alves, Andrade, 2014).

El objetivo de este trabajo fue investigar los avances en nuevos productos osmodeshidratados de cultivos andinos, revisando investigaciones similares referidas a estos métodos de conservación, como el osmodeshidratado en materias primas de la zona, para obtener productos con características organolépticas y funcionales.

Los cultivos andinos que forman la base de la alimentación del poblador andino podrían ser revalorizados utilizando una tecnología adecuada para darle un valor agregado. Uno de estos cultivos es la maca tubérculo andino con gran potencial de transformación en productos procesados; producto resistente a granizadas, heladas y sequías prolongadas, se cultiva de 3800 a 4500 m.s.n.m., planta valorada por su alto valor nutricional y su papel medicinal. Siendo los componentes químicos como los glucosinolatos, esteroides, ácidos grasos (macaeno), amidas (macamidas), alcaloides (lepidilinas A y B, macaridina) y polifenoles, que se relacionan por sus acciones terapéuticas (aumento de la fertilidad, niveles de energía, acción antioxidante, mejora del deseo sexual). La composición de la raíz de maca (*Lepidium meyenii Walp*) contiene proteína (10 - 18%), hidratos de carbono (59 - 76%), así como un elevado número de aminoácidos libres y contenido considerable de minerales, también contiene fitoquímicos con la capacidad de disminuir el peroxinitrito, producida fisiológicamente en la inflamación crónica y tiene compuestos solubles en agua que contribuyen a descomponer peróxidos producidos durante los estados inflamatorios (Lemus-Moncada et al., 2012). Otro producto con alto valor funcional es el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), raíz nativa cultivada en el Perú que no requiere de fertilizantes químicos ni pesticidas, alimento rico en fructooligosacáridos (FOS). Los FOS son un

tipo de azúcar compuesto por fructosas unidas por un enlace glucosídico β (2 \rightarrow 1) a una sacarosa, que son capaces de resistir la hidrólisis por las enzimas del sistema digestivo humano. Son compuestos prebióticos para la flora bacteriana intestinal, que contribuye a una mejor función gastrointestinal y alivia los desórdenes alimenticios, fortalece el sistema inmunológico, aumenta la absorción de calcio, reduce el nivel de colesterol, su consumo no aporta calorías y no eleva el nivel de glucosa en la sangre (Mejía, 2015). Tanto en las raíces y hojas se han encontrado una acción hipoglucemiante, antioxidante, con propiedades prebióticas y antienvjecimiento (raíces) (Perez, Gilari & Copa, 2016). Asimismo, el aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*) planta de excelente fuente de vitaminas A (1460mg/100g), proteínas (1900mg/100g), lípidos (0,5 g/100g) y minerales (55,41 mg/100g), con alto contenido de fitoquímicos bioactivos, compuestos fenólicos, carotenoides y ácido ascórbico (Vitamina C = 43 mg/100g) que le dan propiedad de capacidad antioxidante, que neutralizan la acción oxidante de los radicales libres (Tacanga, 2015).

El osmodeshidratado de cultivos andinos permiten obtener nuevas formas de productos con sabores únicos y colores diferentes, siendo esta una técnica que aplicada a productos hortofrutícolas que reduce su contenido de humedad (hasta un 50% - 60% en base húmeda) e incrementa el contenido de sólidos solubles. Investigaciones indican que los factores condicionantes en el proceso de osmodeshidratado son: Tipo de materia prima, tiempo, temperatura, velocidad de agitación, peso molecular, tipo y concentración de la solución osmótica, y se puede reforzar el deshidratado osmótico con el secado convectivo para mejorar las características físico-químicas de los cultivos andinos a procesar. Cabe destacar que estas operaciones combinadas reducen sustancialmente el tiempo de secado, minimizando los costos de consumo energético y mejorando la calidad de los tubérculos, frutas y hortalizas durante el almacenamiento (Arias, 2016).

El mercado para estos cultivos y sus derivados es prometedor, si a ello se adiciona otros atributos como certificación orgánica, comercio justo y el desarrollo de alternativas modernas, amigables y confiables de procesamiento aumentaría significativamente. El aprovechamiento de los compuestos funcionales de estos cultivos andinos aplicado en alimentos industrializados se desconoce. La disponibilidad de alimentos, y la capacidad para aprovisionarse y acceder a ellos, son requisitos fundamentales para una adecuada seguridad alimentaria, de manera que garantice el derecho alimentario (FAO, FIDA y PMA, 2015).

2. Materiales y métodos

Se realizó la búsqueda sistemática usando las siguientes bases de datos: SCOPUS, WEB OF SCIENCE, MEDLINE y GOOGLE ACADÉMICO. La búsqueda se realizó en español e inglés utilizando palabras clave como osmodeshidratado,

alimentos funcionales, prebióticos, maca, yacón, aguaymanto. Se considero todos los artículos científicos relevantes publicados entre los años 1998 al 2020. Los artículos originales y de revisión fueron evaluados en el contexto del título de la revisión propuesta.

3. RESULTADO Y DISCUSIONES

En las comunidades de los Andes, su alimentación es a base de vegetales, prevaleciendo tubérculos ricos en hidratos de carbono, pero pobres en algunos aminoácidos esenciales, consumo de granos, leguminosas. Para evaluar adecuadamente la dieta de las comunidades donde el aporte de los cultivos andinos es básico, es necesario conocer todos los productos alimenticios que forman parte de la dieta, incluyendo los frutales andinos y la tecnología con que son obtenidos, los insumos y la preparación de los diferentes procesos de conservación (Peña, 2014).

Materias primas

Maca. - Las macamidas son los principales compuestos bioactivos de la maca *Lepidium meyenii Walp.*, son una clase única de N-bencilamidas de ácidos grasos de cadena larga no polares con efectos mejoradores de la fertilidad, neuroprotectores, neuromoduladores, antifatiga y antiosteoporosis (Zhu et al., 2020). Investigaciones recientes se han centrado en desarrollar procesos de secado en condiciones controladas que puedan modular la bioquímica de la hidrólisis del glucosinolato para optimizar el contenido de compuestos bioactivos en la harina de maca. El secado en horno a baja temperatura (35 °C) de las raíces de maca trituradas bajo un flujo de aire controlado genera bencilamina como producto de acumulación primario, que representa hasta el 94% del glucosinolato hidrolizado en la harina (Esparza et al., 2020)

Yacón. - Dahal et al. (2020) en su investigación utilizó el potencial prebiótico de la fruta de yacón mediante la preparación de jugo de yacón simbiótico que contiene el microorganismo probiótico *Lactobacillus acidophilus*. Además, señalaron que las altas propiedades terapéuticas y los numerosos beneficios para la salud del yacón, cuando se combinan con los beneficios para la salud de las bacterias probióticas, podrían conducir al desarrollo de bebidas comerciales con altos valores nutricionales y para la salud. En este sentido Mejía-Águila et al. (2021) estudiaron la incorporación de FOS prebióticos de yacón en rodajas de manzana mediante impregnación al vacío. Los resultados obtenidos fue que el FOS en rodajas de manzana se mantuvo estable durante 4 semanas de almacenamiento, mientras que la Aw, el color y el punto de fractura cambiaron durante el almacenamiento. Este trabajo demostró la viabilidad del yacón FOS para mejorar las propiedades funcionales de rodajas de manzana deshidratadas. Además, Watanabe et al

(2021) evaluaron una bebida a base de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como vehículo no lácteo para probióticos (*Bifidobacterium animalis ssp. Lactis*, BB-12®), en cuanto a estabilidad y viabilidad de probióticos. Obteniendo como resultado un producto probiótico potencial de bajo costo en comparación con las bebidas probióticas a base de lácteos. Finalmente, Limbaga et al. (2020) investigaron los efectos de diferentes condiciones de blanqueo sobre los parámetros de pardeamiento y algunos componentes químicos del yacón. En estas condiciones, la actividad de la polifenol oxidasa PPO se redujo al 70%, se mantuvo la firmeza y se desaceleró el pardeamiento. Además, el contenido fenólico total (TPC), la actividad antioxidante, la glucosa, la sacarosa y la fructosa no fueron significativamente diferentes del yacón sin blanquear, pero el contenido de fructooligosacárido (FOS) se redujo del 51,36 al 36,29% en peso seco.

Aguaymanto.- Camayo et al. (2020) determinó la velocidad de secado del Aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*) en tres tipos secadores solares. Por lo que recomendamos secar a temperaturas menores de 65 °C para mantener mayores cantidades de vitamina C presentes en el aguaymanto. Por otro lado, Guiné et al. (2020) evaluaron los compuestos fenólicos en *Physalis peruviana*, así como su actividad antioxidante y bioaccesibilidad, utilizando un modelo in vitro del sistema gastrointestinal. Mostraron que solo alrededor del 40-50% de los compuestos fenólicos permanecían disponibles para la absorción intestinal, y solo el 23-34% de la actividad antioxidante se conservaba después de pasar por el sistema gastrointestinal. Finalmente Bazalar et al. (2020) desarrollaron y caracterizaron una formulación de néctar innovadora de frutos de *Physalis peruviana*. Obteniendo la formulación para el néctar con 65% de jugo y pulpa de frutas y 8% de sacarosa. Contenido de β-caroteno y vitamina C (1.13 ± 0.02 and 16.56 ± 0.52 mg/ 100 mL respectivamente) y actividad antioxidante DPPH₁ (EC50: 2.43 ± 0.07 mg/mL), ABTS⁺ (3.48 ± 0.07 μmol Trolox/mL) and FRAP (10.16 ± 0.10 μmol).

Osmodeshidratado

En los alimentos, el desarrollo de reacciones químicas y microbiológicas están vinculadas principalmente a la presencia de agua, la limitación de este componente evita en gran medida el deterioro de los mismos. La deshidratación es una de las técnicas más usadas para la preservación, almacenamiento y distribución de alimentos, la reducción de la actividad de agua aumenta la estabilidad de estos, por tanto, su tiempo de vida útil es mayor (Moreno et al., 2013). La osmodeshidratación OD de vegetales (Figura 1) tiene como fin la eliminación parcial de agua y el aumento en la cantidad de solutos hasta llegar a una condición de equilibrio. La técnica consiste en sumergir los alimentos enteros o en partes en una solución hipertónica, la transferencia de masa se da a través de una membrana semipermeable bajo la

influencia de una gradiente de presión osmótica (Vieira et al., 2012)

La deshidratación osmótica en vegetales, cuando se utiliza soluciones azucaradas presenta varias ventajas como son: la reducción del pardeamiento enzimático y las reacciones de oxidación, pérdida mínima de color y sabor, eliminación de ácidos, el tiempo de vida útil de los productos resultantes mejora en gran medida, se requieren equipos simples por lo que el procedimiento es de un costo relativamente bajo. También indican que existe mayor pérdida de agua que absorción de sólidos, la transferencia de masa dependerá de la proporción entre la concentración de almibar y el alimento a deshidratar (Yadav & Singh, 2014).

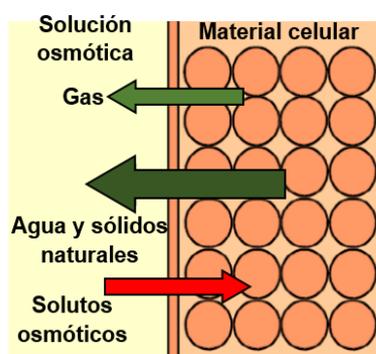


Figura 1. Patrón de transferencia de masa en el material celular (Shi & Le Maguer, 2002).

La OD ocurren simultáneamente (Figura 2) la pérdida de humedad celular ocasionada por el descenso de la actividad de agua, la difusión de sólidos solubles y la absorción celular causada por el cambio de volumen. Otros cambios que se presentan son en las propiedades viscoelásticas de las células.

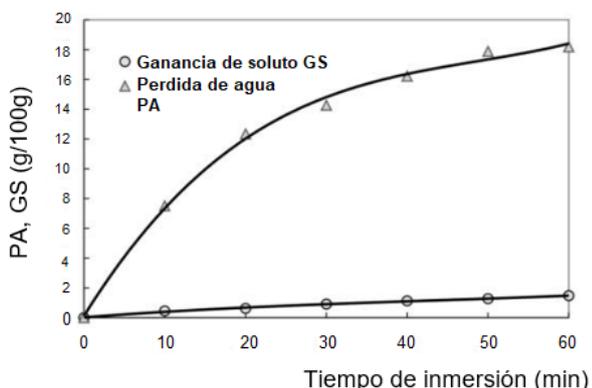


Figura 2. Eliminación de agua y ganancia de soluto en material celular durante el proceso de osmodeshidratación. (Shi & Le Maguer, 2002)

Factores condicionantes en el proceso de OD

Temperatura y tiempo.- El rol de la temperatura es incrementar la gradiente de presión osmótica, lo que da como resultado que el agua fluya mejor. (Falade et al., 2007) evidenciaron en sus investigaciones en Sandía que, a mayor temperatura la ganancia de sólidos y la pérdida de agua se dio de forma más rápida. Probablemente una temperatura más alta promueve que la pérdida de agua sea más rápida a través del hinchamiento y plastificación de las membranas celulares, permitiendo una mejora transferencia de agua. Temperaturas entre 30 – 50 °C podrían ofrecer una baja degradación térmica en los nutrientes (Cieurzyńska et al., 2016). (Devic et al., 2010) menciona que una temperatura promedio de 45 °C se evidenció efectos positivos en las características nutricionales de manzanas (*Malus domestica*) osmodeshidratadas, debido a que a esta temperatura se redujo los niveles de fructosa, glucosa, se limitó la impregnación de sacarosa y la pérdida de ácido ascórbico fue total pero se logró retener entre 74 – 85% de lo polifenoles iniciales según cultivar, en este estudio también se establece que el tiempo del proceso de OD debe de estar entre 15 y 60 min para que las pérdidas de compuestos biocativos sea mínimo en esta fruta. Las altas temperaturas favorecer la reacción de Maillard y el pardeamiento enzimático lo que conduciría a una reducción de compuestos fenólicos por oxidación (Almeida et al., 2015). Otro efecto que se pueda dar para la reducción de compuestos fenólicos es la hidrólisis molecular, mecanismo que a razón de (Devic et al., 2010) está más asociado al tiempo que la temperatura del proceso.

Agente osmótico.- Dentro de los reductores de actividad de agua que más se utilizan están las soluciones azucaradas y salinas. Otros factores de vital importancia son: la temperatura, la relación de masas y la concentración de la solución son los aspectos que determinan la tasa de difusión de agua durante la OD. Si se utilizan solutos de peso molecular alto se favorece la pérdida de agua, mientras que si se eligen solutos cuyo peso molecular es bajo la impregnación de soluto al alimento será mayor ya que las moléculas de éste pueden pasar más fácilmente hacia el interior del tejido celular (Sareban & Abbasi Souraki, 2016).

El agente osmótico más utilizado tradicionalmente ha sido la sacarosa sin embargo, ante el impacto negativo del consumo de alimentos con altas concentraciones de azúcar, el uso de otras sustancias cobran relevancia, por ejemplo el uso de glúcidos de esteviol (Nowacka et al., 2018). En este contexto, uno de los factores más importantes en la elección del agente osmótico es el factor sensorial el cual estará en función del público al cual va dirigido el producto deshidratado. En el caso del yacón los carbohidratos presentes están en forma de fructoligosacáridos (FOS) que evidencian características benéficas para la salud, el yacón contiene el 37% de FOS en su materia seca de raíz (Paredes et al., 2018). Tortoe (2010) indica que los agentes osmóticos

más utilizados son: la sacarosa, glucosa, sorbitol, jarabe de maíz, jarabe de glucosa y fructooligosacáridos.

El proceso de osmodeshidratación en cubos de manzana de 10 x 10 x 10 mm, temperaturas de 40 – 60 °C, soluciones osmóticas (40 – 60 % P/V) comparando las características de los agentes osmóticos sacarosa y FOS. Los cálculos se realizaron asumiendo que los procesos de difusión en estado inestable seguían la Ley de Fick. Los coeficientes de transferencia estaban en el orden de 10^{-9} m²/s y se concluye que el tipo de soluto utilizado afecta significativamente el proceso. En el caso de los FOS su comportamiento en la OD es diferente al de la sacarosa, al tener mayor peso molecular hace que la gradiente de difusión sea más baja (Matusek et al., 2008).

Concentración de solución osmótica.- La gradiente de concentración osmótica está directamente relacionada con la velocidad de difusión en la etapa inicial de la OD. Sin embargo, si la concentración es muy elevada, aumenta la viscosidad dificultando la transferencia de masa (Song et al., 2020). Las altas concentraciones de soluto podrían favorecer la retención de la capacidad antioxidante, (Almeida et al., 2015) indican en una investigación de plátanos, que el soluto ingresa al tejido celular a manera de protección, evitando que se pierdan sólidos solubles de características funcionales como los taninos y compuestos fenólicos. Falade (2007) menciona en su investigación sobre la sandía que los coeficientes de difusión efectiva del agua y del soluto dependen de la concentración del soluto, la temperatura y el espesor de la muestra.

Forma.- Es habitual que los datos experimentales para los estudios de transferencia de masa en la OD deben de tener las mismas dimensiones y forma geométrica, así también el peso, volumen y contenido de humedad. Cuando se utiliza un promedio de los datos antes mencionados, es importante que el grado de maduración sea el mismo para todas las muestras (Azuara et al., 1998). (Falade et al., 2007) indican que la difusividad del agua y el soluto aumenta con la disminución del grosor de la sandía. La velocidad de transferencia de masa puede acelerarse en relación a la forma geométrica del alimento, por ejemplo, (Aredo et al., 2013) reportaron una difusividad media entre 10^{-9} – 10^{-11} m²/s, una velocidad superior al promedio indicando que esto podría verse influenciado por la forma geométrica empleada (láminas delgadas). La estructura interna del alimento también influye en la liberación del aire atrapado en el tejido, permitiendo que la eliminación de agua sea más eficaz (Cieurzyńska et al., 2016). (Aredo et al., 2013) mencionan que para el caso de láminas de olluco (*Ullucus tuberosus*) de 0.5 cm de espesor las características estructurales propias de este alimento permitieron un alto intercambio de materia.

Nutrientes.- En el proceso de OD los compuestos bioactivos presentes en los alimentos pueden verse afectados por reacciones bioquímicas, lixiviación y la temperatura (Landim et al., 2016). Siendo la lixiviación, el principal mecanismo de reducción de compuestos fenólicos durante el proceso de osmodeshidratación Almeida et al. (2014). En cuanto a la retención de nutrientes por lixiviación, los reportes son contradictorios por ejemplo (Nowacka et al., 2018) mencionan que los nutrientes solubles en agua, como es el caso de los compuestos fenólicos y la vitamina C se filtran parcialmente del tejido vegetal a la solución de OD. (Devic et al., 2010) indica que el aumento de la temperatura reduce la capacidad de protección de la membrana celular, esto provocaría que los compuestos fenólicos solubles en agua se pierdan con mayor facilidad por lixiviación. En otras investigaciones se han reportado pérdidas menores, no relevantes de vitamina C (Alam et al., 2010).

Almeida et al (2014) analizaron los compuestos bioactivos en rodajas de plátano a temperaturas de 30, 40 y 50 °C, y una solución de sacarosa (45, 55 y 65 % P/P); llegando a las siguientes conclusiones: capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos se mantuvieron (retención superior al 97 % de actividad antioxidante) en el caso de compuestos fenólicos y taninos la retención fue por encima del 53 y 69% respectivamente, también se determinó que a mayor temperatura mayor grado de lixiviación de fenoles, pero no de taninos.

(Nowicka et al., 2015) investigaron el efecto de la OD en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en cuatro tipos de guinda (*Prunus cerasus* L); congeladas con semilla, congeladas sin semilla, descongelada con semilla y descongelada sin semilla, el tiempo máximo fue de 180 minutos. Se determinó que la mejor variante de pretratamiento para el proceso de OD fueron la guindas congeladas sin semilla, estas presentaron un alto contenido de polifenoles y alta capacidad antioxidante. También se halló que el tiempo óptimo de OD; que permite mantener los parámetros iniciales de calidad fue de 120 min.

Atributos sensoriales.- (Kiani et al., 2018) mencionan que los ingresos de azúcar en las células vegetales pueden impedir la pérdida de color, sabor, algunos nutrientes, retrasar el pardeamiento enzimático, y darles estabilidad a los pigmentos de las frutas. (Quiles et al., 2005) indican que uno de los principales atributos sensoriales a mantener en la OD es el color, los investigadores analizaron el efecto de la OD usando jarabe saturado de sacarosa a 65 °Brix, 25 °C de 2 a 8 horas de inmersión y analizaron la actividad de la polifenoloxidasas (PPO). Los resultados demostraron que el proceso de OD tiene un efecto inhibitorio sobre la enzima PPO en muestras de manzana variedad Granny Smith, cuanto mayor es el tiempo de deshidratación, menor la actividad enzimática. Esto se atribuye a la incorporación del agente

osmótico en los espacios intercelulares lo que limita la actividad enzimática por la baja cantidad de humedad y O₂.

Modelos matemáticos.- Los modelos de transferencia de masa clásicos tienen como premisa la difusión independiente del agua y el ingreso de los solutos osmóticos en el sólido y se basan en la primera ley de Fick (Westwater & Drickamer, 1957), esta ley permite predecir teóricamente los coeficientes de difusión del líquido y los solutos en materiales alimenticios Eq (1).

$$J = D \left(\frac{\partial C}{\partial X} \right) \quad (1)$$

Donde J es el flujo de masa inducido por difusión, $\left(\frac{\partial C}{\partial X} \right)$ es el gradiente de concentración y X es la dirección.

En el caso de un material poroso simétrico, se puede adaptar la forma general de la segunda ley de Fick, Eq (2):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{X^{n-1}} \frac{\partial}{\partial X} \left[X^{n-1} D \left(\frac{\partial C}{\partial X} \right) \right] \quad (2)$$

Donde t es el tiempo, $n = 1$ para una lámina infinita, $n = 2$ para un cilindro infinito y $n = 3$ para una esfera; X es la distancia desde el centro del material del sólido. (Westwater & Drickamer, 1957) detalla que a partir del conocimiento de la difusividad efectiva, se puede predecir numéricamente la tasa de transferencia de masa, mediante ecuaciones de difusión en estado inestable.

Investigaciones relacionadas

Según Matuska et al. (2006), para la mayoría de las bacterias patógenas la actividad de agua por debajo de 0,95 impide su desarrollo. Sin embargo, la técnica del OD (Osmodeshidratado) no proporciona al producto una estabilidad completa. Se requiere una mayor deshidratación del producto, mediante técnicas de secado. La investigación concluye que el uso de DO de la fruta de membrillo japonés en concentrados de jugo y solución de sacarosa y secado, produjeron la reducción requerida de agua, asegurando la estabilidad microbiológica. El tipo de la solución osmótica y el método de secado impactaron significativamente las pruebas mecánicas y acústicas propiedades de las muestras de membrillo seco. Los chips de membrillo deshidratados en la primera etapa de su producción en una solución que consta de sacarosa y concentrado de jugo de chokeberry, y luego secado con el método híbrido, fueron altamente calificados, su característica crujiente como uno de los atributos sensoriales más importantes. El uso de la evaluación sensorial es útil para determinar la calidad de las virutas en términos de su calidad general y textura (nitidez), que puede ser reemplazado por métodos instrumentales (pruebas de ruptura con grabación acústica usando PCA. El secado

híbrido, que consiste en secado por convección y microondas al vacío, es un método útil para la producción de snacks de membrillo, por lo tanto, El análisis detallado de la composición química de dichos bocadillos también es importante en términos de conservación compuestos bioactivos naturales y actividad antioxidante.

Rossi, Fuentes, Pardo, Reyes, Tirado, Urbina, Vega (2012), investigaron el efecto sinérgico de tres solutos: sacarosa, sacarina y sugar light en distintas combinaciones de soluciones a una concentración de 30 °Brix en su efecto en la humedad, ganancia de sólidos solubles y aceptabilidad general en sabor y apariencia. Se utilizó un diseño de mezclas Simplex con Centroides Ampliado. Se utilizó aguaymantos de 1,5 cm de diámetro. Se evaluó la cinética de humedad y ganancia de sólidos en función de las temperaturas de proceso durante 3 horas, la difusividad efectiva promedio del agua y sólidos solubles. Se determinó que las muestras pertenecientes al tratamiento 6 (0,5% sacarina y 0,5% sugar light) tuvo mayor ganancia de sólidos solubles y la mejor temperatura que se dio fue 53 °C. En lo que se refiere al sabor, se encontró que fue mayor en las soluciones con mayor proporción de sacarosa, y menor en la sacarina, en cuanto a apariencia, esta se dio de manera más considerable en los tratamientos que contienen un mayor contenido de sacarosa y en la interacción de sacarina con sugar light. En humedad, se aprecia en las temperaturas de 35°C y 53°C no tienen efecto estadístico significativo ($p > 0.05$) en los modelos lineal y cuadrático con valores de R² ajustados muy bajos que inviabilizan un análisis de superficie de respuesta en esos casos.

Vilca (2015) estudió la cinética de deshidratación osmótica de yacón en rodajas, siendo el objetivo de su investigación establecer los parámetros adecuados de temperatura, presión y concentración sobre la cinética de pérdida de peso, ganancia de sólidos, pérdida de agua, difusividad efectiva durante la deshidratación osmótica y evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de yacón osmodeshidratado. Utilizó rodajas peladas de yacón de 0.5 cm de espesor, el agente osmótico fue zumo concentrado de yacón, el proceso se realizó aplicando presiones de 400, 500 y 600 mbar, por diez minutos al inicio del proceso de deshidratación y el resto de proceso a presión atmosférica, cuya cinética se determinó a tiempos de 150 min. La relación fruta: solución es de 1:10, usando soluciones de 30, 35 y 40°Brix a temperaturas de 20, 30 y 40°C. La evaluación sensorial de las rodajas de yacón osmodeshidratado se determinó utilizando una escala hedónica de 5 puntos, con 20 panelistas consumidores semi entrenados de ambos sexos. Se obtuvo en la variación de masa 50.3093% para una aplicación de presión de 527.075 mbar, concentración 43,409 °Brix y temperatura 46,8179 °C; variación de agua máxima 60.983% a una presión de 441.926 mbar, concentración 43,409 °Brix y temperatura 46,8179 °C; variación de sólidos solubles máxima 14.7759% a una presión de 668.179mbar,

concentración 26,591 °Brix y temperatura 46.55°C; se obtuvo mayor valor de difusividad máxima de $7.0095 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ a una aplicación de presión de 664.75mbar, concentración 26.591°Brix y temperatura 46.8179 °C. De las características fisicoquímicas del producto osmodeshidratado, reporto: Humedad 74,5%, Cenizas 0,85%, Proteínas 0,91%, Grasa 0,53%, Fibra 0,30% y Carbohidratos 22,88%. Del análisis sensorial la característica que logró mayor valor fue el sabor con 4,3 que se encuentra entre bueno y muy bueno. Se tuvo la conclusión que la temperatura y la concentración de la solución osmótica resultan altamente significativas en el proceso de osmodeshidratado y se conserva las características fisicoquímicas y mejora la calidad sensorial.

Jimenez-Hernandez et al. (2016) evaluaron el efecto de la deshidratación osmótica (DO) de rodajas de mango en una emulsión ($600 \text{ g sólidos kg}^{-1}$ emulsión) preparada con inulina y oleorresina de piquin-pepper. Los resultados mostraron que las muestras tratadas con la emulsión a 40 °C mostraron la mayor ganancia de aceite y retención de compuestos bioactivos. Con base en estos resultados, esta técnica se puede utilizar para impregnar rodajas de mango con aceites y polímeros con atributos funcionales para producir alimentos nutritivos, que pueden servir como una fuente potencial de fenólico con actividad anticancerígena. También, Kowalska et al. (2019) mencionó que el propósito de este estudio fue evaluar la posibilidad de utilizar polioles (eritritol, xilitol y maltitol) como alternativas a la sacarosa comúnmente utilizada para la deshidratación osmótica (DO) de manzanas y determinar su contenido en frutos secos y deshidratados osmóticamente. Resultó que el eritritol fue el agente osmótico más eficaz. El uso de polioles para la DO de la fruta en la etapa de pretratamiento y el método de secado adecuado se puede utilizar para crear productos con altas cualidades, entre otros, debido a la falta de azúcares agregados. El uso de secado híbrido después del tratamiento osmótico es una buena alternativa al proceso de liofilización.

Delgado et al. (2017) determinaron el efecto de secado en rodajas de castaño determinaron que los métodos de conservación más adecuados y aceptados para aplicar a las castañas sería la deshidratación osmótica más el efecto de secado por convección con aire caliente donde se conservó hasta 30 días en sus mejores características. Además, en el trabajo realizado por Guerra-Valle et al. (2018) utilizaron el jugo de granada como fuente de compuestos bioactivos como agente de osmodeshidratación para enriquecer una matriz vegetal como rodajas de manzana. Obtuvieron que los tratamientos aplicados a las rodajas de manzana aumentaron los sólidos solubles y los compuestos bioactivos en comparación con la muestra fresca. El tratamiento a 50 °C tuvo el mayor contenido de antocianina total durante el procesamiento, y los mejores resultados para el total de flavonoides se obtuvieron con OD / OH a 50 °C y 40 °C. es así que también Katsoufi et al (2020) con el fin de obtener

calabazas confitadas nutritivas, bajas en calorías, de calidad superior, investigaron la cinética de secado al aire de rodajas de calabaza pretratadas. Resultando que la evaluación sensorial de las calabazas confitadas finales, mostró preferencia por los productos tratados osmóticamente con oligofruktosa.

González-Perez (2019) investigaron el efecto del pretratamiento de deshidratación osmótica (25% NaCl, 80 °C, 180 min) sobre la transferencia de masa y las características morfológicas del pilei del hongo blanco durante el secado convectivo (50, 65 y 80 °C, 2.0 m/s). Resultando que el pretratamiento con Deshidratación Osmótica afectó las características de transferencia de masa del producto al reducir significativamente ($p < 0.05$) las difusividades de agua estimadas en comparación con las observadas en muestras frescas ($1.1\text{--}2.9 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ vs. $2.6\text{--}7.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$). Además, Lazou et al. (2020) estudiaron el efecto de edulcorantes alternativos sobre la transferencia de masa de tomate osmodeshidratado (DO) antes de un proceso de confitado tradicional. Reportando que la sustitución total o parcial de la sacarosa por edulcorantes alternativos (isomaltulosa, glucósidos de esteviol) e ingredientes con beneficios para la salud (oligofruktosa) podría agregar ventajas significativas al producto confitado osmodeshidratado y también la DO no condujo a productos microbiológicamente estables y, por lo tanto, debería aplicarse de forma complementaria otro paso de procesamiento (por ejemplo, secado al aire).

Kowalska, Marzec, Domian, Masiarz, Ciużyńska, Galus, Małkiewicz, Lenart, Kowalska (2020), en su estudio sobre las propiedades físicas y sensoriales del membrillo japonés, rodajas obtenidas por deshidratación osmótica en jugo de frutas concentradas y secado híbrido. Se trabajó a partir de rodajas de membrillo deshidratado osmóticamente en jugo de frutas, los cuales son secados por diferentes métodos a fin de reducir la actividad de agua prolongando la vida útil del alimento. Según los autores el producto obtenido posee características organolépticas mejores a la materia prima y mayor actividad antioxidante provenientes de los jugos usados en la osmodeshidratación. En los resultados y discusiones indican que para evaluar la efectividad de la deshidratación osmótica (DO), se usó la relación entre la pérdida de agua (WL) y la ganancia de sólidos (SG) - (WL / SG) que fueron determinadas en las rodajas de frutas deshidratadas. Se observó que cuanto mayor es el valor (WL/SG), mayor es el efecto de la deshidratación en comparación con la penetración de sustancias osmóticas en las muestras de frutos de membrillo. Los coeficientes WL / SG variaron significativamente y oscilaron entre aproximadamente 2,38 en los osmodeshidratados en muestras de solución de sacarosa a aproximadamente 2,9 cuando se utilizó concentrado de jugo de manzana. La actividad de agua de las soluciones no tuvo efecto ya que sus

valores fueron similares ($0,81 \pm 0,02$), por lo que se deben tener en cuenta la masa molecular de las sustancias osmóticas. El efecto de deshidratación, cuando se utilizan soluciones que contienen sustancias de bajo peso molecular es más fuerte. Concentrados de jugo de manzana, así como los de cereza silvestre, contienen diferentes sustancias solubles en agua con mayor o menor masa molecular que la solución de sacarosa. Lech et al. (2018). Demostró que osmóticamente las rodajas de beterraga en jugo de cerezas silvestres no contenían mucha azúcar como la solución de sacarosa, por lo tanto, los ingredientes del jugo penetraron fácilmente en el tejido de la beterraga, sin embargo, en este estudio, el tipo de medio osmótico no tenía efecto significativo sobre el contenido de materia seca. Los jugos concentrados de manzana y chokeberry (aronia o cerezo silvestre) son un buen medio para la DO de las materias primas vegetales, incluso mejor que la sacarosa de uso común porque el uso de cualquier solución que no sea sacarosa da como resultado una relación WL / SG más alta. En este estudio los valores más bajos de WL/SG en frutos deshidratados en solución de sacarosa resultaron de una mayor penetración de sustancias osmótica, por lo tanto, el contenido de la materia seca en estas muestras fue el más alto. Se encontró que la actividad de agua en el membrillo fresco japonés era de 0,988 y como resultado de la OD, hubo un reemplazo parcial de la pérdida de agua con una sustancia osmótica, el cual redujo la actividad de agua de la fruta de membrillo a 0,85-0,88 (11-14% menor). Sin embargo, OD no proporcionan al producto una estabilidad completa. Se requiere una mayor deshidratación del producto, mediante técnicas de secado. las conclusiones indican que el uso de DO de la fruta de membrillo japonés en concentrados de jugo y solución de sacarosa y secado, produjeron la reducción requerida de agua, asegurando la estabilidad microbiológica. El tipo de la solución osmótica y el método de secado impactaron significativamente las pruebas mecánicas y acústicas propiedades de las muestras de membrillo seco. Los chips de membrillo deshidratados en la primera etapa de su producción en una solución que consta de sacarosa y concentrado de jugo de chokeberry, y luego secado con el método híbrido, fueron altamente calificados. El secado híbrido, que consiste en secado por convección y microondas al vacío, es un método útil para la producción de snacks de membrillo, sin dejar de lado el análisis en términos de conservación compuestos bioactivos naturales y actividad antioxidante.

Las macamidas son los principales compuestos bioactivos de la maca *Lepidium meyenii Walp.*, son una clase única de N-bencilamidas de ácidos grasos de cadena larga no polares con efectos mejoradores de la fertilidad, neuroprotectores, neuromoduladores, antifatiga y antiosteoporosis (Zhu et al., 2020). Investigaciones recientes se han centrado en desarrollar procesos de secado en condiciones controladas que puedan modular la bioquímica de la hidrólisis del glucosinolato para optimizar el contenido de compuestos bioactivos en la harina de maca. El secado en

horno a baja temperatura (35 °C) de las raíces de maca trituradas bajo un flujo de aire controlado genera bencilamina como producto de acumulación primario, que representa hasta el 94% del glucosinolato hidrolizado en la harina (Esparza et al., 2020).

Dahal et al. (2020) en su investigación utilizó el potencial prebiótico de la fruta de yacón mediante la preparación de jugo de yacón simbiótico que contiene el microorganismo probiótico *Lactobacillus acidophilus*. Además, señalaron que las altas propiedades terapéuticas y los numerosos beneficios para la salud del yacón, cuando se combinan con los beneficios para la salud de las bacterias probióticas, podrían conducir al desarrollo de bebidas comerciales con altos valores nutricionales y para la salud. En este sentido Mejía-Águila et al. (2021) estudiaron la incorporación de FOS prebióticos de yacón en rodajas de manzana mediante impregnación al vacío. Los resultados obtenidos fue que el FOS en rodajas de manzana se mantuvo estable durante 4 semanas de almacenamiento, mientras que la Aw, el color y el punto de fractura cambiaron durante el almacenamiento. Este trabajo demostró la viabilidad del yacón FOS para mejorar las propiedades funcionales de rodajas de manzana deshidratadas. Además, Watanabe et al (2021) evaluaron una bebida a base de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como vehículo no lácteo para probióticos (*Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis*, BB-12®), en cuanto a estabilidad y viabilidad de probióticos. Obteniendo como resultado un producto probiótico potencial de bajo costo en comparación con las bebidas probióticas a base de lácteos. Finalmente, Limbaga et al. (2020) investigaron los efectos de diferentes condiciones de blanqueo sobre los parámetros de pardeamiento y algunos componentes químicos del yacón. En estas condiciones, la actividad de la polifenol oxidasa PPO se redujo al 70%, se mantuvo la firmeza y se desaceleró el pardeamiento. Además, el contenido fenólico total (TPC), la actividad antioxidante, la glucosa, la sacarosa y la fructosa no fueron significativamente diferentes del yacón sin blanquear, pero el contenido de fructooligosacárido (FOS) se redujo del 51,36 al 36,29% en peso seco.

Camayo et al. (2020) determinó la velocidad de secado del Aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*) en tres tipos secadores solares. Por lo que recomendamos secar a temperaturas menores de 65 °C para mantener mayores cantidades de vitamina C presentes en el aguaymanto. Por otro lado, Guiné et al. (2020) evaluaron los compuestos fenólicos en *Physalis peruviana*, así como su actividad antioxidante y bioaccesibilidad, utilizando un modelo in vitro del sistema gastrointestinal. Mostraron que solo alrededor del 40 - 50% de los compuestos fenólicos permanecían disponibles para la absorción intestinal, y solo el 23-34% de la actividad antioxidante se conservaba después de pasar por el sistema gastrointestinal. Finalmente, Bazalar et al. (2020) desarrollaron y caracterizaron una formulación novedosa de néctar de frutos de *Physalis peruviana*. Obteniendo la formulación para el néctar con 65% de jugo y pulpa de frutas

y 8% de sacarosa; contenido de β -caroteno y vitamina C ($1,13 \pm 0,02$ y $16,56 \pm 0,52$ mg/ 100 mL respectivamente) y actividad antioxidante DPPH₂ (EC50: $2,43 \pm 0,07$ mg/mL), ABTS+ (3.48 ± 0.07 μ mol Trolox/mL) and FRAP ($10,16 \pm 0,10$ μ mol).

4. Conclusiones

La población de los andes peruanos consume maca, yacón y aguaymanto en muchas presentaciones, en forma general de manera doméstica, para mantenerse saludable en sus quehaceres cotidianos. Siendo la maca un alimento proteico, el yacón una raíz con alto contenido de fructooligosacáridos y el aguaymanto excelente fuente de vitaminas A y contenido de fitoquímicos bioactivos y ácido ascórbico (Vitamina C) con capacidad antioxidante. La combinación de estas tres materias primas y el uso del osmodeshidratado sería una alternativa importante para obtener un alimento funcional, con sustento científico (Kowalska et al., 2020; Delgado et al., 2017; Guerra-Valle et al., 2018; Katsoufi et al., 2020 y Kowalska et al., 2019).

Los productos obtenidos de la deshidratación osmótica no son estables para su conservación, su composición química permite obtener, después de un secado con aire caliente o congelación, un producto final de buena calidad organoléptica, técnica que ha cobrado gran interés debido a las bajas temperaturas de operación usadas ($20\text{ }^{\circ}\text{C} - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$), que evita el daño de productos termolábiles, reduce los costos de energía para el proceso, costos de transporte, distribución y almacenaje debido a la reducción de peso y volumen del producto en fresco (Masseo et al., 2006).

Las investigaciones consultadas manifiestan que el uso de métodos combinados como el osmodeshidratado y secado, para producir productos deshidratados a partir de estas frutas puede ser de interés para productores y consumidores. La deshidratación osmótica tiene ventajas energéticas y relacionadas con la calidad, es un proceso complementario en la cadena de procesamiento integrado de alimentos. Siendo la deshidratación osmótica un proceso lento, existe la necesidad de formas adicionales para aumentar la transferencia de masa sin afectar adversamente la calidad.

La investigación de la deshidratación osmótica combinada con vacío pulsado y calentamiento óhmico demostró la ganancia de sólidos y la pérdida de agua debido a las fuerzas de difusión y convección que aceleraron el proceso de transferencia de masa para obtener productos enriquecidos por (Guerra et al. 2018).

La osmodeshidratación de la fruta de membrillo japonés en una solución de sacarosa y concentrado de zumo de chokeberry y manzana ocasiona la reducción requerida de agua, asegurando la estabilidad microbiológica. El tipo de la solución osmótica y el método de secado impactaron significativamente en las pruebas mecánicas y propiedades

de sonido (fuerza y trabajo de ruptura valorado) en comparación con muestras no secas, siendo el secado por convección y microondas al vacío un método útil para la producción de snacks de membrillo y su análisis detallado de la composición química es importante en su conservación de compuestos bioactivos naturales y actividad antioxidante (Kowalska et al., 2020).

5. Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés

6. Agradecimiento

A la facultad de Industrias Alimentarias de la UNCP, por apoyarnos con la disposición de materiales y acceso a referencias bibliográficas.

7. Referencias bibliográficas

- Alam, M. S., Amarjit, S., & Sawhney, B. K. (2010). Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 47–54. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0014-4>
- Almeida, J. A. R., Mussi, L. P., Oliveira, D. B., & Pereira, N. R. (2015). Effect of Temperature and Sucrose Concentration on the Retention of Polyphenol Compounds and Antioxidant Activity of Osmotically Dehydrated Bananas. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1061–1069. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12321>
- Aredo, V., Arteaga, A., Benites, C., Gamboa, D., Ibáñez, D., Meléndez, M., & Velásquez, L. (2013). *Agroindustrial Science coating at different concentrations of sodium chloride and sucrose*. 2, 125–135.
- Arias Cardona, L. F. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista). Caldas – Antioquia.
- Azuara, E., Beristain, C. I., & Gutiérrez, G. F. (1998). A method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. *LWT - Food Science and Technology*, 31(4), 317–321. <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0364>
- Bazalar, M., Nazareno, A. & Viturro, C. (2020). Optimized formulation of a *Physalis peruviana* L. fruit nectar: physicochemical characterization, sensorial traits and

- antioxidant properties. *J Food Sci Technol*. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04358-w>
- Camayo, B., Pablo, L., Eguavil, T., Massipe J., & Hernández, M. (2020). Drying rate of three types of solar dryers ingolden berry (*Physalis Peruviana L.*). *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 248-254.
- Chen, L., Li, J. & Fan, L. (2017). The Nutritional Composition of Maca in *Hypocotyls (Lepidium meyenii Walp.)* Cultivated in Different Regions of China. *Journal of Food Quality*. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/3749627>.
- Ciurzyńska, A., Kowalska, H., Czajkowska, K., & Lenart, A. (2016). Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food. *Trends in Food Science and Technology*, 50, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.017>
- Corrêa, J.L.G.; Ernesto, D.B.; Alves, J.G.L.F.; Andrade, R.S. (2014). Optimisation of vacuum pulse osmotic dehydration of blanched pumpkin. *International Journal of Food Science and Technology*. 49, 2008-2014.
- Dahal, S., Ojha P. & Karki, T. (2020). Functional quality evaluation and shelf life study of symbiotic yacon juice. *Food Sci Nutr*. doi: 10.1002/fsn3.1440.
- Delgado, T., Pereira, J., Ramalhosa, E., & Casal, S. (2017). Comparison of different drying methods on the chemical and sensory properties of chestnut (*Castanea sativa M.*) slices. *Eur Food Res Technol*. doi: 10.1007/s00217-017-2902-6.
- Devic, E., Guyot, S., Daudin, J. D., & Bonazzi, C. (2010). Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 606–614. <https://doi.org/10.1021/jf903006g>
- Eliana Esparza, E., Yi, W., Limonchi, F. & G. Cosio, E. (2020). Glucosinolate catabolism during postharvest drying determines the ratio of bioactive macamides to deaminated benzenoids in *Lepidium meyenii* (maca) root flour. *Phytochemistry*, 179 (2020). doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112502>
- Falade, K. O., Igbeka, J. C., & Ayanwuyi, F. A. (2007). Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 979–985. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.033>
- González-Pérez, J.E., López-Méndez, M.e., Ochoa-Velasco, C.E., & Ruiz-López, I.I. (2019). Mass transfer and morphometric characteristics of fresh and osmodehydrated white mushroom pilei during convective drying. *Journal of Food Engineering*, 262 (2019) 181–188. doi: doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.06.017
- Guerra-Valle, M.E., Moreno, J., Lillo-Pérez, S., Petzold, G. Simpson, R., & Nuñez, H. (2018). Enrichment of Apple Slices with Bioactive Compounds from Pomegranate Cryoconcentrated Juice as an Osmodehydration Agent. *Journal of Food Quality*, 1-9. Doi: <https://doi.org/10.1155/2018/7241981>
- Guiné, R., Fernando, J. A. & Oliveira, S. (2020). & Paula M. R. Correia. (2020). Evaluation of Phenolic Compounds, Antioxidant Activity and Bioaccessibility in *Physalis Peruviana L.*, *International Journal of Fruit Science*. *International Journal of Fruit Science*. doi: 10.1080/15538362.2020.1741056
- Guevara Pérez, A., Cancino Chávez, K., & Llontop, G. (2017). Efecto del sistema de esterilización orgánica (OSS) en las propiedades nutricionales y funcionales del yacón (*Smallantus sonchifolius Poepp. & Endl.*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(3), 308-318.
- Fante, C.; Corrêa, J.; Natividade, M.; Lima, J.; Lima, L. (2011). Drying of plums (*Prunus sp. c.v Gulfblaze*) treated with KCl in the field and subjected to pulsed vacuum osmotic dehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 1080-1085.
- Jimenez-Hernandez, J., Estrada-Bahena, E., Maldonado-Astudillo, Y., Talavera-Mendoza, O., Geronimo Arambula-Villa, G., Azuara, E., Alvarez-Fitz, P., Ramírez, M. & Salazar, R. (2016). Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin. *Food Science and Technology*, 1-7. Doi: [dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.016](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.016)
- Katsoufi, S., Lazou, A., Giannakourou, M. & Krokida, M. (2020): Air drying kinetics and quality characteristics of osmodehydrated-candied pumpkins using alternative sweeteners, *Drying Technology*. doi: 10.1080/07373937.2020.1760296
- Kiani, H., Karimi, F., Labbafi, M., & Fathi, M. (2018). A novel inverse numerical modeling method for the estimation of water and salt mass transfer coefficients during ultrasonic assisted-osmotic dehydration of cucumber

- cubes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 44, 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.02.003>
- Kowalska, H., Woźniak, L., Masiarz, E., Stelmach, A., Salamon, A., Kowalska, J., Piotrowski, D. & Marzec A. (2019). The impact of using polyols as osmotic agents on mass exchange during osmotic dehydration and their content in osmodehydrated and dried apples, *Drying Technology*. doi: 10.1080/07373937.2019.1653319
- Kowalska, H.; Marzec, A.; Domian, E.; Masiarz, E.; Czurzyńska, A.; Galus, S.; Małkiewicz, A.; Lenart, A.; Kowalska, J. (2020). Propiedades físicas y sensoriales de los chips de membrillo japoneses obtenidos por deshidratación osmótica en concentrados de jugo de frutas y secado híbrido. *Moléculas*, 25, 5504. <https://doi.org/10.3390/molecules25235504>
- Landim, A. P. M., Barbosa, M. I. M. J., & Júnior, J. L. B. (2016). Influence of osmotic dehydration on bioactive compounds, antioxidant capacity, color and texture of fruits and vegetables: a review. *Ciência Rural*, 46(10), 1714–1722. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150534>
- Lazou, A., Dermesonlouoglou, E., & Giannakourou, M. (2020). Modeling and Evaluation of the Osmotic Pretreatment of Tomatoes (*S. lycopersicum*) with Alternative Sweeteners for the Production of Candied Products. *Food and Bioprocess Technology*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02456-3>
- Lech, K.; Figiel, A.; Michalska, A.; Wojdyło, A.; Nowicka, P. (2018). The Effect of Selected Fruit Juice Concentrates Used as Osmotic Agents on the Drying Kinetics and Chemical Properties of Vacuum-Microwave Drying of Pumpkin. *J. Food Qual.* 2018, 1–11.
- Limbaga, J.C., Esguerra, E.B. & Castillo-Israel, K. (2020). Enzymatic browning and chemical composition of whole yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.] tubers as affected by blanching. *Food Research*, 4 (5), 1554 – 1562. doi: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(5\).107](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(5).107).
- Masseo, M., Leon, L., Hernandez, H., & Guapacha, H. (2006). Deshidratación osmótica de arveja (*Pisum sativum* L.) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizando soluciones de glicerol y cloruro de sodio. *Revista Vector*, 1(1), 9-28
- Matuska, M.; Lenart, A.; Lazarides, H.N. (2006) On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *J. Food Eng.*, 72, 85–91.
- Matusek, A., Czukor, B., & Merész, P. (2008). Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(3), 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.10.003>
- Mejía Águila, R. A. (2015). Impregnación al vacío de fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) en manzana.
- Mejia-Aguila, R., Aguilar-Galvez, A., Chirinos, R., Pedreschi, R. & Campos, D. (2021). Vacuum impregnation of apple slices with Yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) fructooligosaccharides to enhance the functional properties of the fruit snack. *International Journal of Food Science and Technology*, (56), 392–401. doi:10.1111/ijfs.14654
- Mendonça, K.S.D.; Corrêa, J.L.G.; Junqueira, J.R.J.; de Angelis Pereira, M.C.; Cirillo,
- M.A. (2017). Mass transfer kinetics of the osmotic dehydration of yacon slices with polyols. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 1–8.
- Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Pavez, C., Dorvil, F., Petzold, G., & Bugueño, G. (2013). Influence of ohmic heating/osmotic dehydration treatments on polyphenoloxidase inactivation, physical properties and microbial stability of apples (cv. Granny Smith). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20, 198–207. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.06.006>
- Nowacka, M., Fijalkowska, A., Dadan, M., Rybak, K., Wiktor, A., & Witrowa-Rajchert, D. (2018). Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries. *Ultrasonics*, 83, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2017.06.022>
- Nowicka, P., Wojdyło, A., Lech, K., & Figiel, A. (2015). Influence of Osmodehydration Pretreatment and Combined Drying Method on the Bioactive Potential of Sour Cherry Fruits. *Food and Bioprocess Technology*, 8(4), 824–836. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1447-y>
- Paredes, L. L. R., Smiderle, F. R., Santana-Filho, A. P., Kimura, A., Iacomini, M., & Sasaki, G. L. (2018). Yacon fructans (*Smallanthus sonchifolius*) extraction, characterization and activation of macrophages to phagocyte yeast cells. *International Journal of Biological*

- Macromolecules*, 108, 1074–1081. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2017.11.034>
- Peña M. (2014). Una mirada integral a las políticas públicas de agricultura familiar, seguridad alimentaria, nutrición y salud pública en las Américas: Acercando agendas de trabajo en las Naciones Unidas. OPS/OMS.
- Perez, R. P. L., Gilari, J. J. Y., & Copa, C. U. E. (2016). Elaboración de helado dietético a partir de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) con características prebióticas. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 18(1), 77-82.
- Rossi, D., Fuentes, R., Pardo, F., Reyes, D., & Urbina, E. (2012). Efecto de la temperatura y sinergismo de sacarosa, sacarina y sugar light en la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana*). 2(1), 100–109. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2012.01.03>
- Quiles, A., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., Larrea, V., Llorca, E., & Lluch, M. Á. (2005). Polyphenoloxidase (PPO) activity and osmotic dehydration in Granny Smith apple. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6), 1017–1020. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2062>
- Sareban, M., & Abbasi Souraki, B. (2016). Anisotropic diffusion during osmotic dehydration of celery stalks in salt solution. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.01.005>
- Shi, J., & Le Maguer, M. (2002). OSMOTIC DEHYDRATION OF FOODS: MASS TRANSFER AND MODELING ASPECTS. *Food Reviews International*, 18(4), 305–335. <https://doi.org/10.1081/FRI-120016208>
- Sifuentes-Penagos, Gabriel, León-Vásquez, Susan, & Paucar-Menacho, Luz María. (2015). Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.): cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 131-140.
- Song, C., Ma, X., Li, Z., Wu, T., Raghavan, G. V., & Chen, H. (2020). Mass transfer during osmotic dehydration and its effect on anthocyanin retention of microwave vacuum-dried blackberries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 102–109. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9999>
- Sulistiyawati, I., Verkerk, R., Fogliano, V., & Dekker, M. (2020). Modelling the kinetics of osmotic dehydration of mango: Optimizing process conditions and pre-treatment for health aspects. *Journal of Food Engineering*, 280(February), 109985. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109985>
- Tacanga Ramírez, W. A. (2015). Características y propiedades funcionales de *physalis peruviana* “aguaymanto”.
- Véliz Lima, L. I. (2016). Conservación de frutas tropicales mediante los métodos combinados de osmodeshidratación y deshidratación por aire caliente (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Viana, A.D.; Corrêa, J.L.G.; Justus, A. Optimisation of the pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm. *International Journal of Food Science and Technology* 2014, 49, 726–732.
- Vilca Yucra, L. (2015). Determinación de la cinética de deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en rodajas.
- Vieira, G. S., Pereira, L. M., & Hubinger, M. D. (2012). Optimisation of osmotic dehydration process of guavas by response surface methodology and desirability function. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 132–140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02818.x>
- Watanabe, F., Marques, C., Farias, F., Ellendersen, L. & Masson, L. (2021). Yacon-based Beverage as Non-dairy Vehicle for *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*: Stability and *In vitro* Probiotic Viability. *Biointerface research in applied chemistry*, 11 (2021), 11458 – 11472. doi:<https://doi.org/10.33263/BRIAC114.1145811472>.
- Westwater, J. W., & Drickamer, H. G. (1957). The Mathematics of Diffusion. *Journal of the American Chemical Society*, 79(5), 1267–1268. <https://doi.org/10.1021/ja01562a072>
- Yadav, A. K., & Singh, S. V. (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1654–1673. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0659-2>
- Zhu, H., Hu, B., Hua, H., Liu, C., Cheng, Y., Guo, Y., Yao, W., & Qian, H.. (2020). Macamides: A review of structures, isolation, therapeutics and prospects, *Food Research International*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109819>

Potencialidades de la *Baccharis latifolia*: una revisión

Baccharis latifolia potentialities: a review

Nancy Párraga Melgarejo^{a*}, Diana Evelyn Galarza Terrel^a,
Milena Estefani Martínez Torres^a, Erika Amelia De La Cruz Porta^a

^aFacultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Tarma-Perú.

*Autor corresposal: zpamel@hotmail.com

Resumen: La *Baccharis latifolia* es una planta nativa de 400 especies en promedio, 70 de ellas existentes en el territorio peruano y 20 consideradas endémicas. También, conocida como "chilca", extendida por diferentes países de América Latina, por su fácil adaptación a distintos suelos agrestes, mal drenados, pobres, deteriorados, pedregosos, desprovistos de agua, cuya resistencia es justificada por sus raíces profundas que captan y retienen el agua como fuentes de reserva en tiempos de sequía. Caracterizada por múltiples usos desde tiempos ancestrales gracias a su composición química, que representa un gran potencial en distintos ámbitos. Por ello, la revisión se enfoca en plasmar estudios sobre su composición fitoquímica, usos en la medicina tradicional, extracción de aceite esencial, actividad antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatoria, antioxidante y su toxicidad, de modo que, avizoren las grandes posibilidades de industrialización que ofrece esta planta poco explorada.

Palabras clave: Chilca, antimicrobiana, fitoquímica, antioxidante, antiinflamatoria, toxicidad, aceite esencial.

Abstract: *Baccharis latifolia* is a native plant, with 70 species and 20 endemics in Peru, known as "chilca" and spread throughout different countries of Latin America, with multiple uses since ancient times as part of traditional medicine, thanks to its chemical composition represents great potential in different areas such as natural medicine, textiles to replace artificial colors, agro-industry, among others. Therefore, the review focuses on capturing studies that, through its uses, phytochemical composition, essential oil extraction, antimicrobial, antifungal, anti-inflammatory, antioxidant activity and its toxicity, envision the great possibilities of industrialization that this little-explored plant offers.

Keywords: Chilca, antimicrobial, phytochemical, antioxidant, anti-inflammatory, toxicity, essential oil.

8. Introducción

El Perú es considerado uno de los 12 países mega diversos, que tienen el 70% de flora total en el mundo (Balarezo, 2018), entre ellas, especies vegetales de gran valor por sus múltiples bondades como la *Baccharis latifolia* que posee alrededor de 400 especies, 70 ubicadas en el Perú y 20 de ellas consideradas endémicas (Mostacero et al., 2002). Planta silvestre que crece en las riberas de los ríos y ubicadas en las regiones de Junín, Amazona, Ancash, Cusco, Huancavelica, Piura, Arequipa, entre otros, por ende entre los 500 a 3800 m.s.n.m.

La *Baccharis latifolia*, planta nativa, extendida en un 90% América del Sur, de fácil adaptación a suelos agrestes, pobres, mal drenados, deteriorados, presencia de piedras, compactos, bordes de caminos, arenosos o desprovistos de agua, resistentes a la humedad, también crecen, en las riberas de ríos, riachuelos y quebradas. (Reynel y León 1990). Perteneciente a la familia Compositae, (Abad & Bermejo, 2007) (Reynel & León, 1990), posee 1500 géneros y sobrepasa las 20000 especies (Loja et al., 2017).

La OMS en inicios de los años 90, manifiesta que el 80% de la población en el mundo acude a la medicina tradicional frente a problemas de salud primaria en base a minerales, animales y plantas (en extractos o sus principios activos) (Balarezo, 2018).

Así, la *Baccharis latifolia*, es una especie con más de 50 compuestos orgánicos como el limoneno, andro encocalinol, α -felandreno, norhalkendin, entres otros, los cuales brindan sus diversas propiedades y usos desde tiempos ancestrales en infusiones, pomadas, cataplasma, etc. en pos de mejora de dolores estomacales, para torceduras, heridas, luxaciones, flatulencias, hernias, asma, reumatismo, úlceras, diarrea verde en infantes, agroforestería, asimismo, características fitoquímicas relevantes en terpenos y compuestos fenólicos, le confieren poder antioxidante antimicrobiano y antiinflamatorio (Martínez et al., 2010) (Sequeda-Castañeda et al., 2015).

Ello evidencia su uso básicamente empírico, sin embargo, con el paso del tiempo el estudio de plantas con propiedades medicinales o terapéuticas viene recibiendo mayor relevancia, muestra de ello, el creciente interés de investigar y generar productos naturales, que conlleva a estudios sobre la actividad biológica de esta planta, entre ellos: Rodrigo et al. (2010) caracterizaron fitoquímicamente las hojas de *Baccharis latifolia*. Carraz et al. (2015) evaluaron la actividad antiproliferativa en células Hep3B. Enríquez et al. (2018) determinaron el contenido de flavonoides por quelación con AlCl₃ en muestras de hojas apicales de *Baccharis latifolia*. Grassmann et al. (2000) estudiaron la composición química del aceite esencia de *Baccharis latifolia*, del mismo modo, Valarezo et al. (2013) con muestras en etapa de floración, también, Abad et al. (2005) con *Baccharis latifolia* procedente de Cochabamba-Bolivia. Por otro lado, Martínez et al., (2010) investigaron sobre la actividad antimicrobiana de la *Baccharis latifolia* en *Aspergillus niger* in vitro, *Phytophthora palmivora*, en la línea, Zapata et al. (2010) en la *A. fumigatus* y *Candida* al igual que Salcedo et al. (2003), también, Bayas-Morejon et al. (2020) con cepas aisladas de carne de ternera, pollo y cerdo, *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Listeria spp*. Gonzales et al. (2007) estudiaron su poder antiinflamatorio con los tallos delgados y hojas de *Baccharis latifolia*.

Por lo mencionado, se tiene como objetivo desarrollar una revisión detallada de los estudios realizados en referencia a la *Baccharias latifolia*. Para ello, se contara con una descripción de la planta, su fitoquímica, sus usos, el aceite esencial de *Baccharis latifolia*, su actividad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria y su toxicidad.

9. *Baccharis latifolia*

La familia Asteraceae, especie *Baccharis latifolia* (Universidad politécnica salesiana 2015), crece en América

del Sur en países como Colombia, en la Sierra de Venezuela, Ecuador, Argentina (Cano et al. 2006). En el Perú crece en regiones ubicadas de 1000 a 4000 m.s.n.m., tales como: Junín; de gran abundancia en Huancayo, Tarma y Callejón de Huaylash en Ancash, también, Cajamarca, Puno, Arequipa, Amazonas, Lima, Huancavelica, Ayacucho y Huánuco (Brako y Zarucchi 1993) (Reynel y León 1990).

Es una planta tipo arbusto, nativa del sur de América con altura de arbusto promedio de 0.5 a 1.3 m, que se desarrolla entre 500 a 3800 m.s.n.m. en áreas montañosas, terrenos erosionados, pendientes o deteriorados generando así la reforestación (Giuliano, 2001) (Loja et al., 2017) (Terreros-Camac, 2016), tolerante a sequías y heladas, de periodos breves para su desarrollo, de fácil propalación de semillas, con posibilidad de rebrote y usado para el ramoeo (Moreta, 2014).

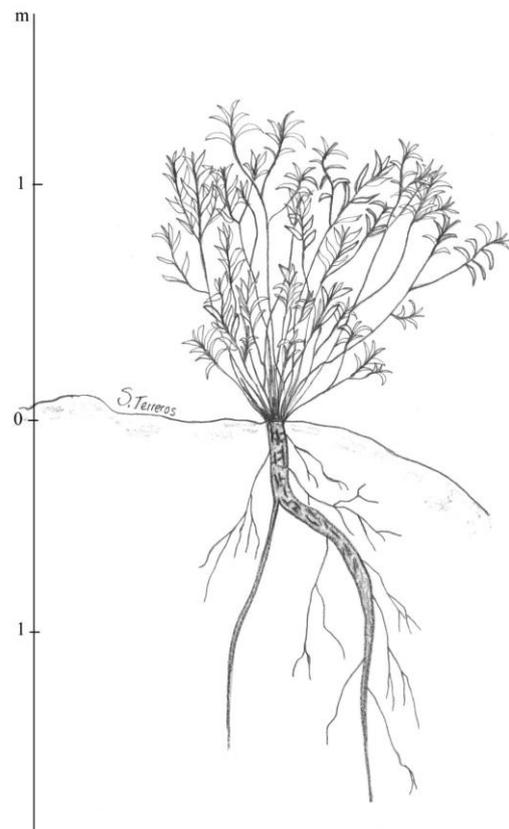


Figura 1. Morfología de la *Baccharis latifolia*.

Posee raíces profundas, favorable para la preservación de agua que conlleva al mantenimiento del follaje en temporadas secas (Moreta, 2014). Sus tallos con pigmento verde y rojo, gruesamente enramado desde la parte inferior de la planta desarrollando una gran copa densa. Hojas coriáceas, trinervadas de 5 a 12 cm de altura y 1.7 a 3.5 cm de ancho, con alto contenido de resinas, de forma ovada, borde dentado agudo, base cuneada y ápice agudo, peciolo con canales de 5 a 10 mm de largo. Con corteza interna de 3

capas; capa interna esponjosa, de color blanco y brillante ante la luz, espesor de 2 a 3 mm, capa interna de color crema claro, fibroso y radiado con espesor de 2 a 3 mm, capa externa de color verde ceniciento, fibrosa con espesor de 1 a 2 mm. Corteza externa de color marrón oscuro, con fisuras y sutilmente con canales verticales. Difieren en cabezuelas femeninas con corola apical truncada de 3 a 5 mm y sucesiones de pelos, de 100 a 150 flores hermafroditas con cabezuelas de 9 cm de largo y 4 cm de ancho, caso contrario a las cabezuelas masculinas de 15 a 45 flores pseudohermafroditas, con estambres y anteras apicales de 3 a 6 mm tan grande como las corolas tubulares. Con frutos de 1 mm de longitud en aquenios glabros y 3 mm de pappus cremoso (Terreros-Camac, 2016).

9.1. Fitoquímica

Las hojas de *Baccharis latifolia* contiene: resina, oxidasas, baccarina, trementina, taninos gálicos, quercetina, rutina, derivados del germacreno, diterpenos, clerodanos, labdanos, eudesmane, limoneno, β-cubebeno, dgermacreno, δ-cadineno, epi-α-bisabolol, dihidroisocromolaenina, ledol, Friedelin y dimetoxiflavona (Sequeda-Castañeda et al., 2015)

En Bolivia, la caracterización fitoquímica de extractos etanólicos de hojas de *Baccharis latifolia* presentaron actividad antiproliferativa, asimismo, nivel medio de esteroides y terpenos, bajo en saponina y alto en flavonoides (Rodrigo et al., 2010).

También, con muestras de Chiclayo y Huaraz en Perú, se evaluaron en células Hep3B (IC 50 r 50 metro g / mL), evidenciando significativa actividad antiproliferativa (Carraz et al., 2015)

De acuerdo a la caracterización y contenido de flavonoides por quelación con AlCl3 en muestras de hojas apicales, medias y basales de la *Baccharis latifolia* en estación seca provenientes de las laderas de Lluto, La Paz ubicadas a 4187, 4000 y 3825 m.s.n.m. De ello, se obtiene que las hojas apicales presentan mayor concentración de flavonoides, asimismo, que el contenido total de flavonoides no guarda relación con la altura del lugar de procedencia de las muestras, sin embargo, si estaría condicionada por la calidad de suelos que al poseer mayor contenido de nitrógeno menor será en contenido de flavonoides, caso contrario al pH, conductividad eléctrica y porcentaje de arcilla cuya relación es proporcional al contenido de flavonoides (Enríquez et al., 2018).

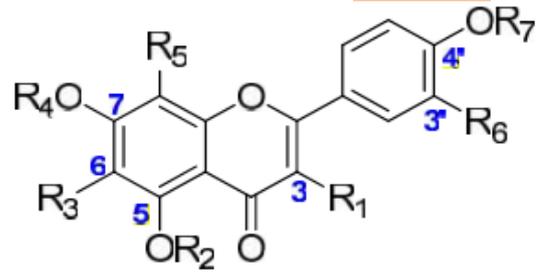


Figura 2. Estructura química de los flavonoles (Calle et al., 2017)

De acuerdo a Calle et al, la *Baccharis latifolia* presenta la siguiente composición química de flavonas y flavonoles.

Tabla 1. Flavonas y flavonoles del *Baccharis latifolia*

N°	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	Nombre
1	OH	H	H	Me	H	OMe	Me	Quercetina 3',4',7-trimetil éter
2	OH	H	H	Me	H	OMe	H	Ramnazina
3	OH	H	H	Me	H	OH	H	Rhamnetin
4	OH	H	H	Me	H	H	H	Kaempferol 4', 7-dimetil éter
5	H	Me	H	H	H	H	Me	Apigenina 4', 5-dimetiléter
6	H	H	H	Me	H	OH	H	Apigenina 4', 7-dimetiléter
7	H	H	H	Me	H	OMe	Me	Gonzalitosina
8	H	H	H	H	H	H	Me	Acacetina
9	H	H	H	H	H	OH	H	Luteolina

Fuente: Tabla adaptada de (Calle et al., 2017)

En la localidad de Lluto en La Paz – Bolivia presenta gran cantidad de arbustos *Baccharis latifolia* por lo que recolectaron las hojas y fueron secadas a temperatura ambiente para ser reducidas manualmente, ello, fue macerado con alcohol etílico al 96% por 15 minutos, luego filtrados y concentrados hasta obtener el extracto. Así, determinar el contenido de flavonoides totales mediante el método colorimétrico complementarios (Chang et al., 2002). En hojas apicales hallaron mayor contenido de flavonoides, mayor contenido de metabolitos secundarios en hojas en desarrollo, por ser mas tiernas y propensas a ataques de herbívoros, hallan en mayor exposición a los rayos UV del sol por ende, la planta contendrá mayor cantidad de flavonoides en favor de

supervivencia, caso contrario en hojas de crecimiento tardío, por el incremento de materia seca, reduce la concentración de compuestos fenólicos (Enríquez et al., 2018).

9.2. Medicina tradicional

La *Baccharis latifolia* es utilizada como analgésico, antidiabético, para problemas pulmonares, contra el reumatismo, desinfectante, diarreas, etc. en diferentes países de América Latina como Bolivia, Argentina, Colombia, Ecuador, así como en Perú, como medicina tradicional en provincias como Canta, donde las hojas y corteza en decocción cumplen la función cicatrizante, contrarresta los dolores de cabeza y músculos, también, con el agua de hojas hervida y fría son usadas para lavar heridas (De La Cruz et al., 2007), en el distrito de Quero, Jauja, las hojas de *Baccharis latifolia* son utilizadas por los pobladores con fines medicinales para cólico, rotura y dolores musculares (Tello-Ceron et al., 2019).

En Colombia, la *Baccharis latifolia* su uso está presente, en torceduras, hernias, inflamaciones de nervios, articulaciones, como bebida para dolores estomacales, contra flatulencias, para el asma y demás ((Villa-Ruano et al., 2011).

En Bolivia, existe más de 60 especies del género que son utilizadas ancestralmente para torceduras, golpes, articulaciones, vías urinarias, luxaciones, heridas como antiinflamatorio, para cólicos menstruales, migraña y dolencias en el cuerpo como analgésicos (Gonzales et al., 2007), también para nervios y tendones (Sequeda-Castañeda et al., 2015). Las hojas son utilizadas en bebidas para dolores estomacales causada por el frío, las hojas cocidas para la diabetes y patologías hepáticas al igual que los tallos e inflorescencias, las hojas molidas como cataplasma como desinflamantes, las deshidratadas mezcladas con grasa en forma de pomada como cicatrizantes aceleradores, padecimientos en la cintura y reumáticas (Velásquez, 2007 referido por Prada et al., 2016).

Dicha planta posee sistema radicular denso y corto, por ello, cumple función protectora y de conservación de suelos, así como para la recuperación de terrenos afectados por sobrepastoreo (Brack, 1999). Así también, Paredes (2002) menciona su uso artesanal para teñir prendas u otros de color verde o amarillo, referido por (Prada et al., 2016).

De ello, en favor de reducción de enfermedades como la artritis reumatoide, surgieron investigaciones con extracto etanólico al 96% de hojas sumergidas durante 15 minutos, luego concentrado en un rotaevaporador. El extracto obtenido fue evaluado en ratones machos Swiss con masas promedio de 22±5g, posterior a 21 días de ser inducidas en la pata derecha de artritis crónica con 0.01 ml de adyuvante Completo de Freund, luego, por vía oral recibieron los extractos de 600 mg/kg de p.c, controlando así el

edema/espesor de la pata inflamada, resultando significativa inhibición de crecimiento y la hemoglobina asciende al suministrar el extracto etanólico de *Baccharis latifolia*, con ello, evidencian su potencial antiartrítico (Gutierrez et al., 2016).

De lo observado, investigaciones de plantas con potencial medicinal representan sólo el 15% del total, evidenciado aún un vacío en el conocimiento. Asimismo, que en el Perú la medicina tradicional carece de formalización a diferencia de países asiáticos, a consecuencia de una difusión de información elevada por vía oral y carente de registros en fuentes de información confiables (Balarezo, 2018).

Recordemos que, el padre la medicina moderna "Hipócrates", sostenía que la naturaleza goza de mecanismos naturales en aspectos físicos, mentales, en el mantenimiento y restauración de la salud.

9.3. Aceite Esencial

También conocida como aceites volátiles, aceites etéreos o esencias. Son mezclas complejas cuyos componentes son semivolátiles y volátiles, es decir de bajo peso molecular y de aromas agradables y fuertes debido a su naturaleza química diversa (Montero-Recalde et al., 2017). Se extraen de diversas partes de la planta, cuya función es la adaptación de la planta al medio que lo rodea, básicamente exclusivos de 2 grupos cuyo origen biogenético son: los terpenoides y compuestos aromáticos procedentes del fenilpropano en menor proporción.

Investigación realizadas de *Baccharia latifolia* provenientes de 3 localidades de Cochabamba en Bolivia, identificaron en promedio 100 compuestos como el α -pineno, limoneno, β -tujeno, pinocarvenol, verbenol, mirtenol, mirtenal, carvone, sesquiterpenos, germacreno D. el ledol, entre otros, (Grassmann et al., 2000).

En Ecuador recolectaron *Baccharis latifolia* en etapas de floración, proveniente de la provincia de Loja en el mes de febrero, marzo y abril (1000 g por muestra de parte) con humedades relativas entre 61.6 a 62.7%, la extracción fue por hidrodestilación utilizando un aparato tipo Clevenger durante 3 horas, para luego ser secadas sobre sulfato de sodio anhidro y almacenados viales sellados protegidos de la luz a 4 °C. El aceite obtenido fue de color amarillo, con rendimientos entre 0.22 a 0.25% de p/p, densidad relativa a 20°C entre 0.931 a 0.938 e índices de refracción entre 1.4897 a 1.4905, con un total de 29 compuestos, principalmente por hidrocarburos monoterpeneo (69,28%) e hidrocarburos sesquiterpénicos (14,94%) como el limoneno (33,72%), β -felandreno (10,32%), sabineno (10,28%), β -pineno (6,99%), α -pineno (5,44%), C- curcumene (5,44%) y cubenol (4,85%) (Valarezo et al., 2013).

El aceite esencial de *Baccharis latifolia* procedente de Cochabamba-Bolivia, presenta concentraciones de germacrona como compuesto principal con valores entre 20-30% dependiendo del período de cosecha, monoterpenos: 30% y sesquiterpenos: 15% (Abad et al., 2005)

En la Paz, Bolivia extrajeron por hidrodestilación el aceite esencial de chilca proveniente de las localidades de Cota-Cota y Carpani, en estado maduro, en estación seca por los meses de mayo y junio obteniendo rendimientos de 0.18% y 0.15% respectivamente (Ramos et al., 2020). Ellos evaluaron la composición de las muestras de aceite esencial obtenidas, detalladas en la Tabla 2 y 3, donde evidencia características similares, con diferencial en sesquiterpenos 1(10)-aromadendreno con 12,05% en el aceite de Cota Cota y no hallando en el aceite de Carpani y (-) β -cadineno con 1,27% en el aceite de Cota Cota y 10,23% en el aceite de Carpani, de modo que, las muestras de chilca a comparación de otras especies de *Baccharis* presenta cantidades semejantes en monoterpenos y sesquiterpenos.

9.4. Antimicrobiano y antifúngico

La incidencia de afecciones causadas por microorganismo se ha incrementado en los últimos años, siendo vulnerables las personas con carencias inmunológicas (Zapata et al., 2010), bacterias y hongos como la *Aspergillus* y *Candida* han desarrollado resistencia a antibióticos y antimicóticos como la anfotericina o el voriconazol de modo que, en la búsquedas de alternativas naturales existen investigaciones en relación a la *Baccharis latifolia*, tales como:

Un componente al que se le confiere resistencia ante la presencia de microorganismos, son los flavonoides y habiendo obtenido grandes cantidades en la *Baccharis latifolia*, investigaciones realizadas evidencian su poder antimicrobiano, entre ellos, en el *Aspergillus niger* in vitro, que al ser expuestas con extracto etanólico de *Baccharis latifolia* (BLE) inhiben a concentraciones de 20 mg/mL y aquellos extractos con polaridad media BLMA, a concentraciones de 50 mg/mL luego, de 240 horas, también, inhibieron al hongos *Phytophthora palmivora* con extracto etanólico de *Baccharis latifolia* BLE, alcanzado valores de 98,8% durante las 240 horas (Martínez et al., 2010), ello justificado por la extracción con etanol, que permitiría extraer compuestos polares y poco polares.

Tabla 2. Composición porcentual de los aceites esenciales de *Baccharis latifolia* de dos lugares de recolección “monoterpenos”

N°	Compuesto	Área % Cota Cota	Área % Carpani
Monoterpenos acíclicos			
1	β -Mirceno	3.81	3.37
2	β -Cis-Ocimeno	2.05	1.88
3	Acetato de geranilo	0.54	0.38
Monoterpenos monocíclicos			
4	β -Cymene	2.27	2.50
5	D-Limoneno	2.53	2.01
6	γ -terpineno	0.86	0.97
7	Para Cymen 8 Ol	0.30	0.36
Monoterpenos bicíclicos			
8	α -Thujene	7.99	6.18
9	D- α -Pinenos	8.57	6.27
10	(+) Sabineno	4.31	3.35
11	L- β -Pinenos	5.18	4.30
12	(+) 4 Carene	3.19	3.47
13	Eucaliptol	Nd	0.77
Total porcentaje monoterpenos		41.6	35.81
No Identificado		17.43	23.23

Fuente: Tabla adaptada de (Ramos et al., 2020).

Tabla 3. Composición porcentual de los aceites esenciales de *Baccharis latifolia* de dos lugares de recolección

N°	Compuesto	Área %	
		Cota	Cotani
Sesquiterpenos de hidrocarburos			
1	α-Cubebene	0.29	Nd
2	Cariofileno	0.79	0.78
3	Humuleno	0.53	0.65
4	Cadina 3.5 dieno	0.39	0.45
5	γ-Muurolene	1.88	2.03
6	β-Copaene	0.41	Nd
7	D-Germacrene	0.49	0.44
8	α-Muurolene	4.44	4.56
9	γ-Cadinene	5.91	5.31
10	1(10) Aromadendreno	12.05	Nd
11	α-Cadinene	1.13	1.18
12	(-) β-Cadinene	1.27	10.23
13	Copaene	Nd	1.10
Sesquiterpenos oxigenados			
14	9-Epishyobunone	1.99	2.43
15	Cubebol	0.72	0.8
16	Germacrene D-4-OI	3.46	3.54
17	Óxido de cariofileno	0.57	0.45
18	α-Cadinol	3.55	4.56
19	(-) - Oplopanona	1.12	0.82
20	α-Bisababol	Nd	1.57
Total	porcentaje	40.99	40.96
sesquiterpenos			
"sesquiterpenos"			

Fuente: Tabla adaptada de (Ramos et al., 2020).

En Colombia, los aceites esenciales obtenidos de *B. latifolia*, presentaron acción antimicótica moderada frente a la *A. fumigatus* (MG-CMI=157,4mg/ml), mas no contra especies de *Candida* (Zapata et al., 2010)

Mediante el método cualitativo de susceptibilidad por Difusión Bauer-Kirby con disco de papel impregnado con extracto sobre agar frente a cepas patógenas de *Candida albicans* 98001 ATCC, se prepararon extractos etanólico por 37 horas, S2, S2C y S2P son los extractos acuosos, S2O extracto fenólico de polaridad media y E10C, E10P, E20C y E20P son extractos polares etanólicos de *Baccharis latifolia*, para todos los extractos las partes aéreas de la planta fueron previamente secadas y trituradas. Los resultados sobre los extractos etanólicos, evidencian que la muestra S2 presenta 37% del halo de inhibición con un mínimo de 1 mg de extracto acuoso, alcanzando valores de 3 log U.F.C./mL posterior a 48 horas, para la muestra S2P inhibe inicialmente 5,8 U.F.C./mL, luego de 12 horas aproximadamente 1 U.F.C./mL incrementa moderadamente la concentración de la *Candida albicans* a 3 log U.F.C./mL, para el caso de extracto S2C comienza con 5,8 U.F.C./mL y desciende a 3,0 U.F.C./mL pasada las 6 horas y se hace casi constante pasada las 24 horas con 3,5 U.F.C./mL, diferente de la muestra S2O que inhibe con 3 log U.F.C./mL para luego ascender a 3,6 U.F.C./mL siendo constante para las 24 horas siguientes. Con respecto a los extractos etanólicos E10C y E10P, mantiene características inhibitorias hasta las 12 horas, posterior a ello, disminuye su actividad hasta reducir valores de 1,8 U.F.C./mL, diferente actividad evidencian el extracto E20C y E20P cuya inhibición total se da durante las primera 48 horas de análisis (Martínez et al., 2011). Así también, presentaron sensibilidad el *S. aureus* en extractos de *Baccharis latifolia* (Salcedo et al., 2003).

Bayas-Morejon et al. (2020) evaluaron la actividad antimicrobiana con muestras de hojas, raíz, tallo y flores de *Baccharis latifolia* (BI), con la preparación de extractos macerados por 6 días con etanol al 96% en relación (1:2) en gr de muestra/mL de etanol. Luego, con el método de difusión de placas de disco (Shokeen et al., 2009) y con cepas aisladas de carne de ternera, pollo y cerdo, *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Listeria spp*, con controles de antibióticos penicilina G y ciprofloxacina, donde los extractos de hojas y flores de actuaron mejor contra los aislados de *Listeria* y *Salmonella* con zonas de inhibición >15 mm y >20 mm respectivamente, mientras que en los aislados de *E. coli* los extractos de flores y tallos fueron los mejores con zonas >7.0 mm

9.5. Antioxidante

Bayas-Morejon et al. (2020) evaluaron la actividad antioxidante con los extractos de flor, hojas, tallo y raíz a fin de eliminar el H₂O₂, para ello se preparó una solución de H₂O₂ (Abs a 230 nm) en tampón de hidróxido sódico monobásico de fosfato de potasio, los extractos se añadieron individualmente en concentraciones de 20, 40 y 60 µg/ml, el ABS se determinó a 230 nm después de 10 minutos contra una solución en blanco que contenía tampón de fosfato sin H₂O₂. Resultando que los extractos de flor y hojas en 60 mg/ml presenta un efecto mayor con 47,25%.

9.6. Antiinflamatorio

En La Paz y Santa Cruz de Bolivia evaluaron 8 especies de del género *Baccharis*, entre ellas el extracto acuoso preparada con agua destilada al 10% (p/v) de la especie *latifolia* mediante el modelo biológico descrito por Winter y col. (1962) y modificado por Sugishita y col. (1981) en edema de pata inducido por carragenina. Para ello, previamente la muestra fue secada a temperatura ambiente en un espacio ventilado sin exposición directa a los rayos solares, para luego, ser pulverizadas. Determinaron su poder antiinflamatorio con los tallos delgados y hojas (Gonzales et al., 2007) resultando a 3 horas de ser testados en ratones por vía oral con dosis equivalente a 3 g de planta seca/ kg de peso corporal, resultando una máxima actividad con 42,8%, clasificándose dentro del grado de actividad antiinflamatoria como moderada (31-45%).

9.7. Toxicidad

Para evaluar la toxicidad de la *Baccharis latifolia*, se prepararon extractos etanólicos y suministraron vía oral 5000 mg/kg a roedores albinos suizos de ambos sexos, en ello, medir la temperatura rectal, peso corporal que no presentó variaciones hasta los 14 días de análisis y peso de órganos en intestinos hubo incremento, semejante comportamiento para los riñones, hígado y estómago, para la temperatura rectal ascendió hasta las 24 horas en ratones machos (Loza et al., 2011).

Según Zapata et al. (2010) el aceite esencial de *Baccharis latifolia* no presentaron citotoxicidad mediante la metodología del MTT3-(4,5-dimetiltiazol-2-yl)-2,5-difeniltetrazolio bromuro (Betancur-Galvis et al., 2009) a concentraciones entre 25 a 200 ug/ml en muestras de células Vero de riñón de mono verde procedentes de África, por ello, se consideran potenciales desinfectantes en ambientes como hospitales e inhibidores de *A. fumigatus* en la formación de biopelículas en los catéteres, dado que estos microorganismos se encuentran en el ambiente. Múltiples investigaciones evidencian la predominancia del limoneno (17 - 24%) (Valarezo et al., 2013) en el aceite esencial del *Baccharis latifolia*, ello, posiblemente favorece en la acción frente al *Fusarium oxysporum*.

10. Conclusiones

Esta revisión revela claramente que la *Baccharis latifolia* presenta gran actividad antimicrobiana, antifúngico poder antiinflamatorio y antioxidante natural, asimismo, expresa que aún hay mucho por investigar, como experimentar con

otras bacterias y hongos, profundizar sobre sus funciones ante procesos inflamatorios e identificar aquellos compuestos que poseen dichos beneficios, la integración del aceite esencial en alimentos a fin de extender el tiempo de vida útil, productos industriales terapéuticos, colorantes naturales, entre otros, dado que presenta múltiples beneficios gracias a su composición y potencialidades que ofrece.

Referencias bibliográficas

- Abad, M. J., & Bermejo, P. (2007). *Baccharis* (compositae): A review update. *Arkivoc*, 1(7), 76–96. <https://doi.org/10.3998/ark.5550190.0008.709>
- Abad, M. J., Latourrette, A., & Bermejo, P. (2005). Biologically active substances from the genus *Baccharis* L. (Compositae). *Studies in Natural Products Chemistry*, 30, 703–759. [https://doi.org/10.1016/S1572-5995\(05\)80045-6](https://doi.org/10.1016/S1572-5995(05)80045-6)
- Balarezo, G. (2018). Plantas medicinales: Una farmacia natural para la salud pública. *Paideia XXI*, 6(7), 159–170. <https://doi.org/10.31381/paideia.v6i7.1606>
- Bayas-Morejón, F., Tigre, A., Ramon, R., & Yanez, D. (2020). ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT EFFECT OF NATURAL EXTRACTS FROM LEAVES, ROOT, STEM AND FLOWERS OF *BACCHARIS LATIFOLIA* FROM ECUADOR. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 12(2), 78–84. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22159/ijcpr.2020v12i2.37495>
- Betancur-Galvis, L. A., Morales, G. E., Forero, J. E., & Roldán, J. (2009). Cytotoxic and antiviral activities of Colombian medicinal plant extracts of the *Euphorbia* genus. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 97, 541–546.
- Brack, E. (1999). *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas.
- Brako y Zarucchi 1993
- Calle, A., San Martín, A., Melgarejo, M., Flores, Y., & Almanza, G. R. (2017). Evaluation of Flavonoid Contents and Antibacterial Activity of Five Bolivian *Baccharis* Species. *Revista Boliviana de Química*, 34(4), 112–122. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426353866002%0AHw>
- (Cano et al. 2006

- Carraz, M., Lavergne, C., Jullian, V., Wright, M., Edouard, J., Gonzales, M., Cruz, D., & Bourdy, G. (2015). Antiproliferative activity and phenotypic modification induced by selected Peruvian medicinal plants on human hepatocellular carcinoma Hep3B cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.02.028>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal*, 10(3), 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- De La Cruz, H., Vilcapoma, G., & Zevallos, P. (2007). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por el pueblo andino de Canta, Lima, Perú. *J. Ethnopharmacol*, 11, 284–296.
- Enríquez, S., Quispe, R. E., Amurrio, P., Peñaranda, J. C., Calle, A., Orsag, V., & Almanza, G. R. (2018). Contenidos flavonoides en las hojas de *Baccharis Latifolia*, según el tipo de hoja, y su dependencia de las propiedades fisicoquímicas de los suelos. *Revista Boliviana de Química*, 35(5), 152–160. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426358213004>
- Giuliano, D. A. (2001). CLASIFICACIÓN INFRAGENÉRICA DE LAS ESPECIES ARGENTINAS DE BACCHARIS (ASTERACEAE , ASTEREAE). *Darwiniana*, 39(1–2), 131–154. <https://doi.org/https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.391-2.200>
- Gonzales, E., Villca, T., & Loza, R. (2007). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA DE OCHO ESPECIES DEL GÉNERO BACCHARIS: B. ARTICULATA, B. DRACUNCULIFOLIA, B. SALICIFOLIA, B. ULCINA, B. LATIFOLIA, B. PENTLANDII, B. OBTUSIFOLIA, B. SUBALATA. *Revista Boliviana de Química*, 24(1), 41–44. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339669008>
- Grassmann, J., Hippeli, S., Dornisch, K., Rohnert, U., Beuscher, N., & Elstner, E. F. (2000). Propiedades antioxidantes de los aceites esenciales. Posibles explicaciones de sus efectos antiinflamatorios. *Arzneimittel-Forsch*, 50(2), 135–139.
- Gutierrez, M. D. P., Salgado, F. L., Mamani, D. D., Serrudo, J. A., Rodríguez, N., Grados, R. E., Almanza, G. R., Trino, R. D., Zambrana, S., Arias, J. L., & Gonzáles, E. (2016). Evaluación de la actividad de *Baccharis latifolia* en modelos de artritis experimental. *Revista Con-Ciencia*, 4(2), 21–33.
- Loja, B., Alvarado, Á., Salazar, A., Ramos, E., & Jurado, B. (2017). Phytochemical screening of *baccharis latifolia* (R&p.) pers. (Chilca). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1), 1–7.
- Loza, R., Guarachi, L. N., López, Y., Mamani, M., Arias, J. L., Almanza, G., Gonzales, E., & Bermejo, P. (2011). Evaluación de la toxicidad de los extractos etanólicos de *Baccharis latifolia* *Baccharis papillosa* en animales de experimentación. *BIOFARBO*, 19(1), 22–27. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1006514>
- Martínez, S., Mollinedo, P., Mamani, O., Almanza, G., & Terrazas, E. (2011). Estudio in Vitro De La Actividad Antifúngica De Extractos Vegetales Del Género *Baccharis* Sobre *Candida Albicans*. *Revista Boliviana de Química*, 28(1), 35–40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339675006>
- Martínez, S., Terrazas, E., Alvarez, T., Mamani, O., Vila, J., & Mollinedo, P. (2010). ACTIVIDAD ANTIFUNGICA in Vitro DE EXTRACTOS POLARES DE PLANTAS DEL GENERO BACCHARIS SOBRE FITOPATOGENOS. *Revista Boliviana de Química*, 27(1), 13–18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339673003>
- Montero-Recalde, M., Revelo I., J., Avilés-Esquivel, D., Valle V., E., & Guevara-Freire, D. (2017). Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre Cepas de *Salmonella*. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(4), 987–993. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13890>
- Moreta, R. F. (2014). APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA CUANTIFICACIÓN Y LOGÍSTICA DE LA BIOMASA DISPONIBLE EN CHILCA (*Baccharis latifolia*) [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8218>
- Mostacero, J., Mejía, F., & Gamarra, O. (2002). *Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú* (N. L. S.A.C (ed.)).
- Prada, J., Ordúz-Díaz, L., & Coy-Barrera, E. (2016). *Baccharis latifolia*: una Asteraceae poco valorada con potencialidad química y biológica en el neotrópico.

- Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(1), 92–105.
<https://doi.org/10.18359/rfcb.1858>
- Ramos, S. E., Tarqui, S., Gutierrez, E., Oña, E., Flores, Y., & Almanza, G. R. (2020). Análisis Comparativo De Caracterización De Aceites Esenciales De Cinco Especies Del Género Baccharis, Colectadas En Tres Condados De La Paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 37(1). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.1.1>
- Reynel, C., & León, J. (1990). *Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos* (p. 361). Proyecto FAO/Holanda/ DGFF.
- Rodrigo, G. C., Almanza, G. R., Akesson, B., & Duan, R. (2010). Antiproliferative activity of extracts of some Bolivian medicinal plants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(21), 2204–2210.
<https://doi.org/10.5897/JMPR10.321>
- Salcedo, L., Pillco, A., Rodrigo, G., Sterner, O., & Almanza, G. (2003). Aislamiento de flavonoides y estudio de la actividad tóxica y antibacteriana de extractos de *Baccharis latifolia*. *Revista Boliviana de Química*, 20.
- Sequeda-Castañeda, L. G., Célis, C., & Luengas-Caicedo, P. E. (2015). Phytochemical and therapeutic use of *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) pers. (Asteraceae). *Pharmacologyonline*, 2, 14–17.
- Shokeen, P., Bala, M., & Tandon, V. (2009). Evaluation of the activity of 16 medicinal plants against neisseriagonorrhoeae. *Int J Antimicrobial Agents*, 33, 86–91.
<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2008.07.022>
- Tello-Ceron, G., Flores Pimentel, M., & Gomez Galarza, V. (2019). Use of Medicinal Plants From the District of Quero, Jauja, Junin Region, Peru. *Ecología Aplicada*, 18(1), 11–20.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i1.1301>
- Terreros-Camac, S. L. (2016). Caracterización Morfológica De Arbustos Con Potencial Para Prácticas De Protección De Suelos En Las Provincias De Jauja Y Concepción, Junín. *Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Forestal*, 269.
- Valarezo, E., Rosillo, M., Cartuche, L., Malagón, O., Meneses, M., & Morocho, V. (2013). Chemical composition , antifungal and antibacterial activity of the essential oil from *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (Asteraceae) from Loja, Ecuador. *Journal of Essential Oil Research*, 25(3), 233–238.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2013.775679>
- Villa-Ruano, N., Pacheco-Hernández, Y., Lara-Zaragoza, B. E., Franco- Monsreal, J., Cardeña-Bozziere, I. M., Galván-Valencia, O. T., & Ruiz-Gómez, L. M. (2011). Biotecnología de plantas medicinales : generando fármacos de un futuro tornado presente . *Ciencia y Tecnología*, 15(43), 13–20.
http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas43/1ENSAYO_43_2-R.pdf
- Zapata, B., Durán, C., Stashenko, E., Betancur-Galvis, L., & Mesa-Arango, A. C. (2010). Actividad antimicótica y citotóxica de aceites esenciales de plantas de la familia Asteraceae. *Revista Iberoamericana de Micología*, 27(2), 101–103.
<https://doi.org/10.1016/j.riam.2010.01.005>

Cienci@^{gro}
alimentaria

Journal of Agri-food Science